

waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

bouwfase stabiliteit breukstenen dammen bij
strooamaanval

AFGEHANDELD

verslag modelonderzoek

M 2028 deel I

augustus 1984



stormvloedkering Oosterschelde

**bouwfase stabiliteit breukstenen dammen bij
strooamaanval**

verslag modelonderzoek

M 2028 deel I

augustus 1984



INHOUD

	blz.
1 <u>Inleiding en konklusies</u>	1
2 <u>Proefopstelling en onderzochte situaties</u>	5
3 <u>Resultaten stroombeeldmetingen</u>	9
3.1 Stroomsnelheden.....	9
3.2 Vervallen en afvoercoëfficiënten.....	13
4 <u>Resultaten stabiliteitsmetingen</u>	15
4.1 Schademetingen.....	15
4.2 Stabiliteitsanalyse.....	16

TABELLEN

- 1 Overzicht uitgevoerde metingen
- 2 Stroomsnelheden
- 3 Turbulentie-intensiteit
- 4 Overzicht evenredigheid gemeten stroomsnelheden ten opzichte van 1/jr-getij
- 5 Stroomsnelheden, genormeerd naar het naastliggende poortje
- 6 Overzicht A_{NAP}
- 7 Overzicht A_{bovenNAP}
- 8 Hulptabel bij de berekening van de kontraktiecoëfficiënten
- 9 Q/A-stroomsnelheden
- 10 Q/A-stroomsnelheden, genormeerd naar het naastliggende poortje
- 11 Gemeten waterdiepten in de as van de poortjes
- 12 Waterstanden, vervallen en afvoercoëfficiënten
- 13 Overzicht steenverplaatsingen bouwphase breukstenen dam
- 14 Overzicht steenverplaatsingen drempeltoplaag-sekties dorpelbalkfront
- 15 Invloedsfactoren bouwfasen breukstenen dam
- 16 Invloedsfactoren drempeltoplaag-sekties dorpelbalkfront

FIGUREN

- 1 Dwarsdoorsnede bouwfasen breukstenen dam
- 2 Lokatie meetpunten stroomsnelheden
- 3 Stroken-indeling drempel en drempeltoplaag
- 4 Afhankelijkheid invloedsfaktor k_1 en schadeniveau drempel

Stroomsnelheids- en turbulentieverticalen

- 5 T2A meetpunten 1...4
- 6 T2A meetpunten 5...8
- 7 T2A meetpunten 9...12
- 8 T2A meetpunten 13...16
- 9 T2A meetpunten 17 en 18
- 10 T2B meetpunten 1...4
- 11 T2B meetpunten 10 en 11
- 12 T2C meetpunten 1...4
- 13 T2C meetpunten 10 en 11
- 14 T2D meetpunten 1...4
- 15 T2D meetpunten 5...8
- 16 T2D meetpunten 9...12
- 17 T3A meetpunten 1, 3, 4, 5
- 18 T3A meetpunten 6, 8, 13, 14
- 19 T3A meetpunt 15
- 20 T3B meetpunten 1, 3, 4, 20
- 21 T3C meetpunten 1, 3, 4, 13
- 22 T3C meetpunten 14 en 15
- 23 T4A meetpunten 1...4
- 24 T4A meetpunten 5...8
- 25 T4B meetpunten 1...4
- 26 T4C meetpunten 1...4
- 27 T5A meetpunten 2...5
- 28 T5A meetpunten 6 en 7
- 29 T5B meetpunten 2...4
- 30 T5C meetpunten 2...4
- 31 T6A meetpunten 1, 2, 7, 8
- 32 T6B meetpunten 1, 2, 7, 8
- 33 T6C meetpunten 1, 2, 7, 8

FIGUREN (vervolg)

- 34 T6D meetpunten 1, 2, 7, 8
- 35 T6E meetpunten 1, 2, 7, 8
- 36 T7A meetpunten 1...4
- 37 T7A meetpunten 5...8
- 38 T7A meetpunten 9...12
- 39 T7A meetpunten 13...15
- 40 T7B meetpunten 1...4
- 41 T7B meetpunten 5...8
- 42 T7B meetpunten 9...12
- 43 T8A meetpunten 2...5
- 44 T8A meetpunten 6, 7
- 45 T8B meetpunten 2...5
- 46 T8B meetpunten 6, 7
- 47 T8C meetpunten 2...5
- 48 T8C meetpunten 6, 7

FOTOBLAGEN

Schadefoto's

- 1 Breukstenen dam Noord-Beveland, aantasting drempel, 27 dorpels geplaatst
- 2 Aantasting drempel bij uitbouw van de "droge" dam
- 3 Aantasting drempeltoplaag bij een dorpelbalkfront

Stroombeeldfoto's Roompot, vloed

- 4 T2-(als T6)
- 5 T3
- 6 T4
- 7 T5
- 8 T7
- 9 T8

STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE

BOUWFASE STABILITEIT BREUKSTENEN DAMMEN BIJ STROOMAANVAL

1. Inleiding en konklusies

Het voorliggende verslag beschrijft het modelonderzoek M 2028 naar de stroombestendigheid van de breukstenen dammen in aanbouw van de Stormvloedkering Oosterschelde, uitgevoerd in het detailmodel van de Roompot (M 1001).

De resultaten van het onderzoek zijn met name van belang voor het voorspellen van de stroombestendigheid van de breukstenen dammen in aanbouw in het geval van aanpassingen van planning en werkwijzen, vooral met het oog op een zo optimaal mogelijke afstemming van de materiele inzet. Het modelonderzoek dient daarbij enerzijds enige onzekerheden uit de weg te ruimen ten aanzien van de stroomsnelheidsvoorspelling ter plaatse van de breukstenen dammen in aanbouw en anderzijds de beïnvloeding van de aanwezigheid van de aangrenzende pijler op de stroombestendigheid van de breuksteen vast te stellen.

Als opbouwfasen zijn onderzocht (zie figuur 1):

- (i) De met behulp van steenstorters opgebouwde kern, tot een niveau van NAP -6 m, met een afdeklaag van steen 1-3 ton (hierna kortweg met "drempel" aangeduid).
- (ii) Bovenop de drempel een ten dele, vanuit de damaanzet, uitgebouwde dam van steen 300-1000 kg (hierna "droge dam" of "dam" genoemd).

Hoewel het onderzoek is uitgevoerd voor de breukstenen dammen in de Roompot, zullen de resultaten via de koppeling met de stroomsnelheden, ook toepasbaar zijn voor de breukstenen dammen in de Schaar en Hammen.

Terloops werd bij één proef (T2) de stabiliteit van de drempeltoplaag van de permanente drempel in het midden van de Roompot bij een dorpelbalkfront, uitgevoerd in de modelbestorting 300-1000 kg, mede bepaald. In het voorliggende verslag zijn deze resultaten terloops vermeld (tabellen 14, 16 en fotoblad 3), maar niet verder geïnterpreteerd aangezien dit buiten het eigenlijke kader van de breukstenen dammen valt.

Bij de opzet van het onderzoek is uitgegaan van notitie 31 DREM-M-84034 van 14 februari 1984 door ir. J. Wouters [1]; ir. J. Wouters begeleidde tevens het

onderzoek namens de Hoofdafdeling Waterloopkunde van de Deltadienst van Rijkswaterstaat. Het modelonderzoek vond plaats in maart 1984 en stond onder leiding van ir. G.J. Akkerman, die ook dit verslag samenstelde.

Inmiddels is een vervolgonderzoek voor de bouwfase stabiliteit uitgevoerd met betrekking tot de invloed van additionele golfwerking, gesuperponeerd op de stroomaanval. Hiervoor wordt verwezen naar het nog te verschijnen verslag M 2028*, deel II. In dat verslag zal ook de verkennende bureaustudie worden opgenomen, welke voorafgaande aan het onderzoek door ir. G.J. Akkerman werd uitgevoerd.

Aan de hand van de resultaten uit hoofdstuk 4 kunnen de volgende, samenvattende konklusies worden opgemaakt.

- Een op voorhand te verwachten negatieve invloed van de pijler, welke gedeeltelijk is ingepakt in de breukstenen dam, op de stoombestendigheid van de breukstenen drempel op NAP -6 m, blijkt niet merkbaar aanwezig te zijn (zie bijvoorbeeld fotoblad 1). Ten opzichte van de belangrijke invloed bij de eigenlijke drempelopbouwfasen, kon dit mede worden verklaard door het verder ingepakt zijn van de pijler in de breukstenen drempel, waardoor het blokkerend profiel veel kleiner is.
- Pas in later stadium treedt schade op rond het benedenstroomse deel van de drempel, op het benedenstroomse talud en op de benedenstroomse omkegeling, ingeval van (bijna) alle dorpels geplaatst.
Doordat deze aantasting pas bij meer extreme situaties optreedt, blijft de invloedsfaktor, betrokken op de Q/A-stroomsnelheid (paragraaf 4.1), beperkt tot circa 1,2 à 1,3 (paragraaf 4.2), wanneer althans enige gespreide schade wordt geaccepteerd. Dit geldt overigens voor de toestand waarin de droge dam niet is uitgebouwd.
- Bij uitbouw van de droge dam, tot halverwege, wordt de stabiliteit wèl nadelig beïnvloed; de invloedsfaktor, betrokken op de Q/A-stroomsnelheid, loopt dan op tot circa 1,5 (paragraaf 4.2). De stroomaanval is daarbij vooral op het benedenstroomse talud geconcentreerd, wat wijst op een intensivering van de spiraalstroom, die ook bij afwezigheid van de dam reeds werd geconstateerd en welke daarbij verantwoordelijk was voor enige desintegratie van de aansluiting van het benedenstroomse talud op het landhoofd en de bodemverdediging. Met name bij de situatie zonder damuitbouw

kan dit overigens beïnvloed zijn door de niet juist geschaalde ruwheden van landhoofd en bodemverdediging in het model.

Dit sterk driedimensionale stromingsverschijnsel blijkt duidelijk uit het schadebeeld bij verder opgevoerd debiet, vooral bij de hogere debietstappen (fotobladen 1 en 2).

Bij uitbouw tot de pijlerflank is de drempel goeddeels beschermt door de dam en treedt nauwelijks schade aan de drempelkruin op.

- De schade op de drempel neemt relatief weinig toe met het debiet. Hieraan wordt bijgedragen door de minder dan evenredige stroomsnelheidstoename bij toenemend debiet, vooral bij de hogere debietstappen (tabel 4). Dit "achterblijven" van de stroomsnelheid wordt veroorzaakt door de konstante benedenwaterstand (NAP +1 m), waardoor de waterdiepte in de as toeneemt bij opvoeren van het debiet. Bovendien neemt de afvoercoëfficiënt wat toe met het debiet. Aangezien in het prototype bij meer extreme omstandigheden de benedenwaterstand normaliter juist verder zal oplopen, zal de toename van de stroomsnelheid in werkelijkheid in nog sterkere mate dan in het model het geval was, worden gereduceerd ten opzichte van het debiet.
- In tegenstelling tot de drempelkruin, neemt de aantasting op de omkegeling explosief toe met toenemend debiet, waarbij een bezwijktoestand weldra optreedt als gevolg van het weg eroderen van de afdeklaag op de top van de kegel. Waakzaamheid is derhalve geboden, met name ook ten aanzien van de hier niet onderzochte invloed door additionele golfwerking (dit zal in het verslag M 2028, deel II worden behandeld).
- Bij het onderhavige modelonderzoek was bij benadering steen 300-1000 kg toegepast, uitgezonderd bij één proef (T6) waarbij bij benadering 1-3 ton werd onderzocht. Aldus kon in de beschikbare faciliteit een redelijk groot "schadetrajekt" worden vastgesteld. Omdat in het prototype (zware) 1-3 tons steen zal worden toegepast, zijn de resultaten beter interpreteerbaar met behulp van de vastgestelde invloedsfactoren dan via directe vaststelling van kritische randvoorwaarden (paragraaf 4.2). De toepassing van steen 1-3 ton in plaats van 300-1000 kg is getoetst middels een modelproef (T6). Globaal blijkt hieruit dat de marge in steenzwaarte volledig kan worden toegerekend naar de stroomsnelheid in de as (volgens $\sqrt{\Delta D}$), bij de omkegeling gaat dit ook globaal op, mits daarbij niet wordt gerelateerd aan de optredende stroomsnelheid boven de betreffende dorpel (deze neemt nauwelijks toe), maar aan de (eventueel fictieve) stroomsnelheid in de as van de breukstenen drempel.

De onevenredigheid tussen stroomsnelheid en debiet impliceert, dat de reserve in toelaatbaar debiet zelfs nog groter zal zijn dan de genoemde stroomsnelheidsmarge.

- Bij een gesloten schuif in het naaste poortje (T3) is de schade bij 1/jr debiet aan de drempel (modelbestorting 300-1000 kg), evenals bij geheven schuif (T2, T7), onbeduidend. Een dergelijke uitvoeringshandeling is derhalve toelaatbaar.
- Bij afwezigheid van dorpels en een gereedgekomen breukstenen dam (T8) ligt de benedenstroomse omkegeling volledig in het stroomverlammingsgebied van de door pijler en dam uitgeworpen stroom, zodat voor stabiliteitsverlies niet hoeft te worden gevreesd.

2. Proefopstelling en onderzochte situaties

Proefopstelling

Ten behoeve van het uitvoeren van het stabiliteitsonderzoek kon gebruik worden gemaakt van de standaard kernelementen van het detailmodel van de Roompot (M 1001).

Voor het voorliggende modelonderzoek waren echter wel enige specifieke aanpassingen nodig:

- Door het wegvallen van pijler R33 uit het vigerende ontwerp, moest het sluitgat worden verkleind; dit werd gerealiseerd door het uitbouwen van de dam aanzet Noordland met 45 m (prototype) in zuidelijke richting. Teneinde zoveel mogelijk aan te kunnen sluiten bij voorafgaande onderzoeken in M 1001 is voor overeenkomstige situaties van dorpelplaatsingen, het aantal daarvan dan ook met één verminderd. Zo komt de situatie van "27 dorpels geplaatst" in het onderhavige onderzoek overeen met "28 dorpels geplaatst" bij de voorgaande onderzoeken, enzovoorts.
- De randpijlers, R1 en R32, alsmede de pijlers R17...R21 (ten behoeve van een proef naar de drempelstabiliteit), moesten geometrisch nauwkeuriger worden weergegeven met het oog op een betere reproductie van het lokale stroombeeld. Opgemerkt moet worden dat de standaard pijlers nogal sterk geschematiseerd waren weergegeven aan de hand van specifiek hierop gericht schematisatie-onderzoek (voor schematisatie van pijlers en dorpels zie M 1737 deel IV [2]). De aanpassingen bestonden uit: geometrische juiste afschuining van de pijlerschacht (randpijlers), weghalen van de dorpeloplegging en het opvullen van de schuifspinning aan de dam aanzetzijde (randpijlers); verder het aanbrengen van de hijsnokken (rand- en middenpijlers), betonopleggingen voor de verkeerskokers (randpijlers) en keerwanden (randpijlers). Bij de middenpijlers werden tenslotte de dorpelopleggingen aangepast (afschuining aan zeezijde). De pijlerschachten van de middenpijlers werden niet aangepast, omdat dit de afvoercharacteristiek wellicht teveel geweld zou hebben aangedaan; vanuit stabiliteits-oogpunt was de standaard schematisatie van de pijlerschachten bovendien wel acceptabel, gezien de grote afstand tussen de pijlerschacht en de drempelkern (dit in tegenstelling tot de hooggelegen opbouw van de breukstenen dam bij de randpijlers!). Om modeltechnische redenen werden de dorpelbalken ondervuld met cementmortel. De te reproduceren aanstortingen werden aan de bovenstroomse kant (= zeezijde)

op geometrisch juiste wijze ingebouwd met het oog op het reproduceren van de juiste afvoercharacteristieken; benedenstrooms bleven deze gemakshalve achterwege.

De afmetingen van de aan stroomaanval te onderwerpen stortsteen voor de breukstenen dammen en drempeltoplaag (T2) konden op lengteschaal 1:80 worden gereproduceerd zonder aanleiding te geven tot schaaleffekten. De corresponderende afmetingen van de steentjes voor de sorteringen 300-1000 kg en 1-3 ton waren respectievelijk circa 8-11 mm en 12-16 mm. Daarbij is gestreefd de steenzwaarte, uitgedrukt als nominale diameter $D (= (M_{50}/\rho_s)^{1/3})$ vermenigvuldigd met de relatieve dichtheid Δ , op lengteschaal weer te geven. In onderstaande tabel is aangegeven in hoeverre de modelbestorting afwijkt van de prototypebestorting (beide in prototypematen).

steensortering	prototype		model		$\frac{(\Delta D)_{\text{model}}}{(\Delta D)_{\text{prototype}}}$
	Δ	D (m)	Δ	D (m)	
300-1000 kg	1,94*)	0,59	1,64	0,56	0,80
1-3 ton	1,94*)	0,84	1,60	0,86	0,85

*) Uitgaande van $\rho_s = 3000 \text{ kg/m}^3$ en $\rho_{\text{zeewater}} = 1020 \text{ kg/m}^3$

De steentjes werden in geverfde banen aangebracht voor de drempel van de breukstenen dam en de vier drempeltoplaag-sekties, overeenkomstig de schetsen op tabellen. De uit te bouwen dammen werden met ongeverfde steentjes opgebouwd. Nadat bij het inregelen was gebleken dat een afdeklaag 1-3 ton geen schade te zien gaf bij het maximum instelbare debiet (bij de situatie "14 dorpels geplaatst"), werd als standaard bestorting op de drempel, zowel als voor de dam-uitbouw, 300-1000 kg aangehouden. De invloed van de steenzwaarte werd getoetst door bij één proef (T6) 1-3 ton te beproeven op de drempel voor de situatie "27 dorpels geplaatst" (waarbij een hoger maximum modeldebiet haalbaar was dan bij de inregel-situatie).

De drempeltoplaag van de poortjes bij het dorpelbalkfront (alleen bij proef T2) was eveneens opgebouwd uit 300-1000 kg.

Een proef (T8) voor de bepaling van de stroombestendigheid van de omkegeling van de gereed gekomen breukstenen dam bij afwezigheid van de dorpels werd eveneens uitgevoerd met steen 300-1000 kg ter plaatse van de omkegeling.

Het onderzoek omvatte aldus de volgende, ten dele hiervoor al vermelde proeven (voor een overzicht zie ook tabel 1).

- T1 Bepaling van de stabiliteit van de drempel voor de situatie van 14 dorpels geplaatst. Aangezien bij het maximaal haalbare debiet (circa 1,2 maal het één keer per jaar optredende debiet = $1,2x1/jr$) geen schade aan de afdeklaag 1-3 ton werd gekonstateerd, blijft deze proef verder buiten beschouwing.
- T2 Bepaling van de stabiliteit van de drempel en vier drempeltoplaag-sekties rond een dorpelbalkfront, voor de situatie van 27 dorpels geplaatst (dat is: alle dorpels min 4 geplaatst).
- T3 Bepaling van de stabiliteit van de drempel voor de situatie alle dorpels geplaatst en een schuif in het aangrenzende poortje gesloten.
- T4 Bepaling van de stabiliteit van de drempel met een half uitgebouwde dam voor de situatie van alle dorpels geplaatst.
- T5 Als T4, echter met een tot de aangrenzende pijler uitgebouwde dam.
- T6 Als T2, echter met de zwaardere steenklasse 1-3 ton op de drempel.
- T7 Bepaling van de stabiliteit van de drempel voor de situatie van alle dorpels geplaatst.
- T8 Bepaling van de stabiliteit van de omkegeling van steen 300-1000 kg bij gereedkomen van de breukstenen dam en afwezigheid van de dorpels.

Bij de proeven is zowel de breukstenen dam-opbouw bij Noord-Beveland (NB) als Noordland (N) gelijktijdig in beschouwing genomen teneinde inzicht te verkrijgen in de gevoeligheid van de aantasting voor afwijkende aanstroombcondities en vervallen. De proef met de drempeltoplaag bij een dorpelbalkfront in T2 staat in feite los van de breukstenen dammen en kon en-passant worden meegenomen bij proef T2; indien in dit verslag over "drempel" wordt gesproken, wordt steeds de opbouw tot NAP -6 m van de breukstenen dam bedoeld.

De toegepaste instelgetijden hadden, op proeven T3 en T8 na, steeds betrekking op meer extreme toestanden, zoals 1/jr, 1,2 maal het één keer per jaar optredende debiet (ofwel kortweg $1,2x1/jr$) enzovoorts, en waren ontleend aan door Rijkswaterstaat aan het WL verstrekte IMPLIC-voorspellingen. Zij zijn vermeld op tabel 1.

Opgemerkt moet worden dat, stilzwijgend, de feitelijke modeldebieten veiligheidshalve met 6% zijn verhoogd, in verband met de, thans vermeende, gemiddelde afwijking in ingestelde en feitelijke vloeddebieten (verschillen tussen

WAQUA-berekeningen en M 1001-metingen ([6] en [7])), waarbij het niet geheel uitgesloten is dat het fysisch model ietwat te lage debieten reproduceert.

Stroommetingen

Teneinde de stabiliteitsmetingen in meer algemene zin te kunnen interpreteren, met name ten behoeve van de vertaling naar de Schaar en Hammen, zijn stroomsnelheidsmetingen verricht (voor een overzicht zie tabel 1 en figuur 2). Deze maken het mogelijk om de invloedsfactoren af te leiden (zie paragraaf 4.2) en verschaffen daarnaast algemeen inzicht bij de verklaring van de ondervonden tendenzen in de stroombestendigheid.

Met de wijze van meten en het bepalen van relevante meetlokaties van de stroomsnelheden werd zoveel mogelijk aangesloten bij de gebruikelijke meetmethodieken in M 1001 (zie bijvoorbeeld M 1898). Om de duur van de metingen zo acceptabel mogelijk te houden zijn de stroomsnelheidsmetingen echter zoveel mogelijk geminimaliseerd. Als standaard-meetlokatie werd steeds Noord-Beveland aangehouden, alwaar de schade aanvankelijk wat "voorliep" op die bij Noordland.

Bij de breukstenen dam werden enkele extra vertikalen gemeten ter afschatting van de gemiddelde (reken)stroomsnelheid in de as: Q/A (meetpunten 13...15 (NB) en 16...18 (N)).

Bij de uitwerking van de snelheidsvertikalen tot lokale, gemiddelde snelheden werden de in de vertikaal gemeten stroomsnelheden rekenkundig gemiddeld; de afwijkingen in het logaritmisch verloop (vooral boven de dorpels), het geringe aantal meetpunten en de globale waterdieptebepaling, stonden een meer verfijnde bepaling van de vertikaal-gemiddelde stroomsnelheid in de weg. Anderszijds kan worden gesteld dat de afwijkingen tot orde 10%, geplaatst in het totale kader van het onderzoek, als acceptabel kunnen worden beschouwd. Per meetpunt werd standaard ook de turbulentie-intensiteit (over 100 s model \cong \approx 15 min prototype) gemeten.

Waterstanden werden gemeten in de werkhavens bij Noordland en Noord-Beveland. Voorts werden waterstanden gemeten "op stroom" ter weerszijden van de breukstenen dam bij Noordland op 100 m bovenstrooms en 150 m benedenstrooms in een haaks op de kering staande raai 22,5 m uit het hart van de aangrenzende pijler.

Per afwijkende situatie werd steeds bij een getij van 1/jr een stroombeeldfoto gemaakt (fotobladen 4...9).

3. Resultaten stroombeeldmetingen

3.1 Stroomsnelheden

Metingen

In figuren 5...48 zijn de (in de as) gemeten stroomsnelheden uitgezet, alsmede de bijbehorende turbulentie-intensiteiten.

Figuren 5...48 leveren informatie omtrent de vorm van de snelheidsvertikalen. De vertikalen boven de breukstenen drempels bij Noord-Beveland en Noordland, meetpunten 1 en 8 blijken redelijk "net" te zijn, zij het dat ze eerder blok-vormig zijn dan logaritmisch. Boven de dorpels daarentegen, treedt een "omgekeerd" snelheidsprofiel op met de hogere snelheden onderin; deze tendens wordt nog versterkt bij toenemende debieten: bij T2D bijvoorbeeld, is de snelheid boven de dorpel circa 8 m/s en aan het oppervlak minder dan 6 m/s!

De redelijk "nette" snelheidsverdeling boven de drempel, zelfs bij aanwezigheid van de deels uitgebouwde dam (T4A), duidt op een éénduidige mogelijkheid om de stroombestendigheid van de stenen aan de lokale stroomsnelheid te koppelen (afgezien van eventuele lokale effecten nabij de aangrenzende pijler).

In tabel 2 zijn de vertikaal-gemiddelde stroomsnelheden op dusdanige wijze gegroepeerd dat de gespiegelde meetpunten voor de beide breukstenen dammen direct kunnen worden vergeleken.

Tabel 3 geeft de korresponderende vertikaal-gemiddelde turbulentie-intensiteit.

In tabel 2 valt direct op dat de stroomsnelheidstoename minder dan evenredig is met de toename in debiet. Dit is in tabel 4 geïllustreerd door te normeren naar het 1/jr getij.

In tabel 5 zijn de stroomsnelheden genormeerd naar het naast de betreffende breukstenen dam gelegen poortje (voor Noord-Beveland meetpunt 2 en voor Noordland meetpunt 7).

Het voorgaande betreft de feitelijke, in het hart tussen de pijlers gemeten, stroomsnelheden.

Bepaling Q/A stroomsnelheden

Bij de stroomvoorspellingen voor de SVKO wordt uitgegaan van de gemiddelde (reken)stroomsnelheid per poortje (Q/A), welke bij voorkeur ook als referentiesnelheid voor de voorspelling van de steenstabiliteit zou moeten dienen. Het probleem bij de bepaling van deze Q/A-stroomsnelheden is echter dat tot nu toe nog geen kontraktiecoëfficiënten bij de conversie van lokale gemeten vertikaalgemiddelde stroomsnelheid in de as naar de Q/A-stroomsnelheid per poortje bekend zijn; dit geldt ook voor de bouwfasen van de breukstenen dammen. Voor andere situaties (dorpelbalkfronten, pijlerfronten, drempelfronten, etc) zijn deze kontraktiecoëfficiënten al wel bekend uit specifiek hierop gerichte stroombeeldonderzoeken in M 1001.

Teneinde hier toch een indruk te kunnen verkrijgen van de Q/A-stroomsnelheden zijn twee benaderingen aangehouden:

- a. Het opstellen van een massabalans, waaruit de over het sluitgat gemiddelde kontraktiecoëfficiënt volgt.
- b. Een berekening van de debietverdeling (per poortje) met behulp van het (aangepaste) voorspellingsmodel R 1495 [3].

Opgemerkt moet worden dat de kontraktiecoëfficiënt is gedefinieerd als: de stroomsnelheid in de as van de SVKO in het hart van het poortje gedeeld door de gemiddelde stroomsnelheid per poortje, waarbij de laatste feitelijk is gerelateerd aan de lokale waterstand in de as. In het onderhavige geval (en dit zal doorgaans het geval zijn) was het echter niet goed doenlijk deze referentiewaterdiepte aan te houden, met het oog op de onnauwkeurige waterstandsbeplating, waardoor de forse extra inspanning bij de uitwerkingen toch nauwelijks of geen rendement zou opleveren. Aangehouden is daarom steeds de benedenwaterstand (gemiddelde over NB en N).

De doorstroomoppervlakten, onder en boven NAP, zijn aan de hand van R 1783 [4] bepaald, waarbij voor de breukstenen damsekties de globaal in model opgemeten oppervlakten zijn aangehouden, zie tabellen 6 en 7. Deze doorstroomoppervlakten zijn tevens gebruikt bij de bepaling van de afvoercoëfficiënten voor het gehele sluitgat (tabel 12).

De berekeningen ad a. en b. zijn aan de hand van tabel 8 uitgevoerd.

Ad a.

Omdat het gaat om de over het sluitgat gemiddelde kontraktiecoëfficiënt voor de poortjes met dorpels, blijven de breukstenen damsekties (drempel tot NAP -6 m) buiten beschouwing.

$$\text{Dan is de kontraktiecoëfficiënt} = \frac{\sum A_p u_{as} \text{ (zonder damsekties)}}{Q_{\text{totaal}} - Q_{\text{damsekties}}} =$$
$$= \frac{66903}{62472 - \left(\frac{2584}{1,05} + \frac{2442}{1,05}\right)} = \frac{66.903}{57.685} = 1,16$$

De faktor 1,05 voor de breukstenen damsekties is de betreffende kontraktiecoëfficiënt, welke globaal uit de detailmetingen (punten 13...15 en punten 16...18) boven de drempel kon worden afgeleid.

Ad b.

De met behulp van R 1495 berekende (Q/A)-stroomsnelheden zijn weergegeven in tabel 8, evenals de verhouding ervan met de gemeten stroomsnelheden in de as. Deze verhoudingsgetallen geven de lokale kontraktiecoëfficiënten weer, per poortje. Vanwege een sluitfout van circa 1% in de berekeningen van R 1495 (Q/A's 1% te hoog) dienen de kontraktiecoëfficiënten met circa 1% te worden verhoogd.

De beide methoden overziende, kan worden gekonkludeerd dat de gemiddelde waarde van 1,16 redelijk lijkt, waarbij voor de randen van de sluitgaten de kontraktiecoëfficiënt naar een waarde van circa 1,20 tendeert en voor het midden bij benadering naar een waarde van 1,10. Voor de drempelsekties van de breukstenen dammen kan de uit de detailmetingen volgende indikatieve waarde van circa 1,05 worden aangehouden.

De gemeten stroomsnelheden in tabel 2 kunnen met de in het voorgaande afgeleide factoren worden omgewerkt naar Q/A-stroomsnelheden. Deze, gezien het voorgaande enigszins globale, waarden zijn in tabel 9 vermeld.

Tabel 10 geeft de naar het naastliggende poortje genormeerde Q/A-stroomsnelheden; hierin valt het gering verschil op in Q/A-waarden tussen de drempelsekties en aangrenzende poortjes onderling.

Interpretatie stroomsnelheidsmetingen

De hoeveelheid informatie voor wat betreft de stroomsnelheden is dusdanig groot, dat een volledige analyse hiervan zeer omvangrijk zou zijn.

Volstaan is hier met het vermelden van enkele saillante en voor de stabiliteit van de breuksteen relevante punten.

- De feitelijke stroomsnelheid boven de drempel bedraagt ruim 5 m/s bij 1/jr tot rond 6,5 m/s bij 1,5x1/jr; de verdeling is redelijk overeenkomstig voor de beide dammen (tabel 2). De bijbehorende turbulentie-intensiteit langs de randen van de sluitgaten is vrij klein; orde 0,1 à 0,3 m/s (tabel 3).
- De stroomsnelheid neemt lang niet evenredig toe met de achtereenvolgende debietstappen (tabel 4). Dit wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de toename van het doorstroomprofiel in de as (zie tabel 11 met globaal gemeten waterstanden in de as), immers de benedenwaterstand werd konstant op circa NAP +1,0 m gehouden, wat ten opzichte van het prototype zelfs een nog wat conservatieve benadering is. Daarnaast zijn er mogelijk verschillen door een toenemende afvoercapaciteit, als gevolg van verminderde kontraktie, bij toenemende bovenwaterstand. Met behulp van een stroomdraadje kon worden gekonstateerd dat in poortjes met dorpels de horizontale kontraktie in sterke mate was onderdrukt (dicht bij de pijler bevond het draadje zich nog in de hoofdstroom), zodat bij de totale kontraktie voornamelijk aan verticale kontraktie boven de dorpel moet worden gedacht. Dit verklaart de lagere kontraktiecoëfficiënt voor de situatie met dorpels ten opzichte van die zonder dorpels (drempel gereed), omdat bij de laatstgenoemde situatie de horizontale kontraktie wel aanzienlijk is.
- Indien de stroomsnelheden worden genormeerd naar het naastliggende poortje (tabel 5), valt op dat, uitgezonderd bij de situatie zonder dorpels (T8), de afvoerverdeling niet wezenlijk verandert bij opgevoerd debiet. Herverdeling van de stroming van de randen naar het midden van het sluitgat als gevolg van volkomen overlaat ter plaatse van de meest ondiepe sectie(s) is derhalve (nog) niet merkbaar bij de maximale ingestelde debieten.
- Door reductie van de gemeten stroomsnelheden met de kontraktiecoëfficiënten, zoals hiervoor globaal bepaald, worden Q/A-stroomsnelheden verkregen die voor de randpoortjes opvallend weinig onderling verschillen (uitgezonderd T8, tabellen 9 en 10). Ook de drempelsekties van de breukstenen dammen geven eenzelfde orde van Q/A-stroomsnelheden te zien (op dit laatste punt wijkt de voorspelling met behulp van R 1495 dus sterk af van de realiteit en wordt een eerder gedane aanname voor de drempelsectie in [1], namelijk eenzelfde Q/A ter plaatse van de drempel als ter plaatse van het naastliggend poortje, bevestigd.

Een en ander betekent ook dat de afhankelijkheid van de stroomverdeling langs de randen van het sluitgat voor de geometrische opbouw van de kering binnen de onderzochte grenzen (wel/niet alle dorpels geplaatst, wel/niet damuitbouw, wel/niet naaste schuif gesloten) klein is en dat de steenstabiliteit veeleer door zeer lokale versturende invloeden zal worden bepaald (aanwezigheid aangrenzende pijler, damkop, spiraalstroming en dergelijke).

- De stroommetingen bij T8 geven aan dat bij afwezigheid van de dorpels het stroombeeld gevoeliger is voor veranderingen in debiet dan bij de andere proeven (tabel 4) en dat er sprake is van stroomkontractie naar het midden van het sluitgat toe (tabel 5); ook is er meer "onbalans" tussen de stroming langs beide randen (tabel 2). Ten opzichte hiervan is de situatie met (vrijwel alle) dorpels geplaatst, binnen bepaalde marges, dus eenduidiger gedefinieerd vanwege de gelijkrichtende werking van de dorpels op het totale stroombeeld.

Overigens trad bij de, moeilijker interpreteerbare, stromingstoestand bij T8 geen schade op, zodat dit in deze zin geen verdere complicaties veroorzaakt.

3.2 Vervallen en afvoercoëfficiënten

Omdat de steenstabiliteit behalve aan de stroomsnelheid ook, meer indirect, aan het waterstandsverval kan worden gekoppeld is deze niet alleen ter plaatse van de werkeilanden bij Noordland en Noord-Beveland, maar ook "op stroom" ter weerszijden van de Noordlandse breukstenen drempel gemeten (tabel 12).

Uit tabel 12 blijkt dat het verval over de drempel van eenzelfde orde van grootte is als die bij Noordland en Noord-Beveland. Overigens zijn tussen de drie typen vervallen van proef tot proef vrij grote verschillen onderling te konstateren, tot wel enkele decimeters. Een duidelijke samenhang hierin ontbreekt echter.

Bij 1/jr getij is het verval circa 1,5 m en loopt op tot circa 3,0 m bij 1,5x1/jr omstandigheid.

De op de feitelijke benedenwaterstand betrokken totale afvoercoëfficiënt varieert, afhankelijk van de situatie, van circa 0,9 tot 1,0 (T2...T7); voor T8 ligt deze tussen 1,0 en 1,1.

De gekonstateerde, niet éénduidige relatieve marge in de vervallen betekent dat voor de benodigde steenzwaarte uit het oogpunt van stroomaanval vanuit deze hoek ook op een dergelijke relatieve onwauwkeurigheidsmarge moet worden gerekend, dus orde 10%.

4. Resultaten stabiliteitsmetingen

4.1 Schademetingen

Nadat bij de inregelproef T1 was gekonstateerd dat met steen 1-3 ton niet een goed ontwikkelde schade kon worden gemeten (dit kwam ook door het te grote benodigde debiet voor de situatie van 14 dorpels geplaatst) werd overgegaan op steen 300-1000 kg (behalve bij T6) waarmee bij alle proeven met extreme getijden (T2, T4...T7) een goed beeld van de schade-ontwikkeling bij toenemend debiet werd verkregen.

De steenverplaatsingen van de uit de gekleurde stroken verplaatste stenen werden getalsmatig vastgelegd en schetsmatig genoteerd op bovenaanzichten van de drempellokaties (èn drempeltoplaag-sekties bij T2); daarnaast werd de schade steeds gefotografeerd. Gezien het grote aantal van deze schetsen en foto's (circa 50) zijn deze niet in deze vorm in het voorliggende verslag opgenomen. Wel zijn enkele kenmerkende foto's geselecteerd om het type aantasting in verschillende situaties te illustreren (fotobladen 1, 2 en 3). Daarnaast zijn de aantallen verplaatste stenen per proef verzameld op tabellen 13 en 14.

Aangezien de stabiliteitsproef voor de drempeltoplaag buiten het eigenlijke onderzoekskader van de breukstenen dammen valt (tabel 14) wordt volstaan met de presentatie van de resultaten op tabellen 14 en 16.

Aan de hand van de schadeformulieren met de per proef ingeschetste aantasting werden schadeniveau's gedefinieerd, afhankelijk van de ernst van de aantasting:

0 = geen schade

1 = begin van steenverplaatsing

2 = uitgebreide steenverplaatsing

3 = falen van de afdeklaag, over tenminste enige m²

alleen voor de drempeltoplaagsekties:

3* = geconcentreerde aantasting (diepte tenminste orde 1 m over enkele m²)

Indien deze cijfers tussen haakjes zijn geplaatst wordt gerefereerd aan de stabiliteit van de uit te bouwen droge dammen zelf.

Deze beoordeling van de schade is in tabellen 15 en 16 weergegeven, tezamen met de corresponderende stroomsnelheden.

De stroombestendigheid kan worden aangegeven met een stabiliteitsfaktor (of invloedsfaktor) k , welke hier is gedefinieerd als de verhouding van de ongestoorde kritieke stroomsnelheid boven de drempel en de feitelijke, bij een zekere aantasting, optredende stroomsnelheid in de as. De ongestoorde kritieke stroomsnelheid is berekend, uitgaande van een (fiktieve) waterdiepte ten opzichte van de benedenwaterstand, welke overigens bij benadering vrijwel overeenkwam met de waterdiepte ter plaatse van de benedenstroomse kruinlijn. Als waarde voor de Shields-parameter ϕ is 0,04 aangehouden.

Door te relateren aan de feitelijke, gemeten stroomsnelheid in de as wordt de invloedsfaktor k , verkregen. Uitgaande van de Q/A -stroomsnelheid, die globaal 5% lager is, is op verder identieke wijze de faktor k_2 gedefinieerd.

4.2 Stabiliteitsanalyse

Voor wat betreft de aantasting van de breukstenen dammen in aanbouw kunnen drie zones worden onderscheiden:

- De drempelkruin
- Het drempeltalud
- De omkegeling

Daarnaast is ook de droog uit te bouwen dam gevoelig voor stabiliteitsverlies.

Drempelkruin zonder droge dam uitbouw

Bij afwezigheid van de negatieve invloed van de pijler op de drempelstabiliteit trad de steenverplaatsing op de drempelkruin voornamelijk op rond het benedenstroomse gedeelte ervan (fotoblad 1). De geringe invloed van de pijler kan worden verklaard uit het vrij kleine blokkerende profiel (de pijler zit grotendeels ingepakt in de breukstenen damopbouw tot NAP -6 m), in combinatie met de relatief grote steenafmetingen langs de flanken van de pijlerschacht. Bovendien was de lokale waterdiepte bij de bovenstroomse pijlerkop, relatief gezien, aanmerkelijk hoger dan op het benedenstroomse deel van de drempel ten gevolge van het langsverhang over de drempel; feitelijk is de stroming "opgelegd" op het benedenstroomse deel van de drempelkruin.

De aantasting was voorts gelijkmatig verdeeld tussen de pijler en het landhoofd, zodat een "koeffekt" als gevolg van de aanwezigheid van het landhoofd niet merkbaar was. Dit werd bevestigd door de vrijwel rechte aanstroming boven de drempelkruin als gevolg van de gelijkrichtende werking door de hoge drempel.

De resterende aanval op de drempelkruin laat zich derhalve vergelijken met het tweedimensionale geval van een afsluitdam in aanbouw.

Gezien de relatief hoge benedenwaterstand ten opzichte van het kruinniveau kan de steenstabiliteit worden geschat met behulp van de bruikbare benaderingen voor uniforme stroming, waarbij de lokale, kritieke stroomsnelheid ter plaatse van de benedenstroomse kruinlijn kan worden berekend.

Deze is voor de in model toegepaste steensortering 300-1000 kg (tabel 15) bij benadering: 6,47 m/s en voor steen 1-3 ton: 7,13 m/s (hierbij is de waterdiepte ten opzichte van de benedenwaterstand ingevoerd).

Aangezien in het voorliggende onderzoek gerelateerd wordt aan de gemeten (verticaal gemiddelde) stroomsnelheid in de as, welke lager is dan ter plaatse van de benedenstroomse kruinlijn, zal de gemeten kritieke stroomsnelheid in de as lager zijn dan de vermelde, theoretische, kritieke waarden.

Wordt criterium 2 gehanteerd, dan blijkt inderdaad dat de theoretische kritieke snelheid 10 à 20% moet worden gereduceerd, grofweg overeenkomstig de waterdiepteverhouding en daarmee de stroomsnelheidsverhouding (tabel 15).

Betrokken op de Q/A-stroomsnelheid, bedraagt deze reductie 20 à 30%, ofwel $k_2 = 1,2$ à $1,3$.

De stroomomstandigheid waarbij in het model enige schade van betekenis werd geconstateerd aan de steensortering 300-1000 kg was 1/jr (T7) tot 1,2x1/jr (T2). Met inachtneming van de zwaardere 300-1000 kg sortering in het prototype (uitgedrukt in ΔD : 25%) mag de stroomsnelheid in het prototype 10 à 15% hoger zijn. Aangezien de stroomsnelheid minder dan evenredig toeneemt met het debiet (tabel 4), kan afgezien van bijkomende verschijnselen (droge dam uitbouw, golfinvloed) steen 300-1000 kg met een hoge dichtheid op de drempelkruin een omstandigheid van tenminste 1,2x1/jr doorstaan bij de situatie alle dorpels geplaatst.

Wordt ook de naastgelegen schuif gesloten (T3), dan verslechtert de stabiliteit niet merkbaar; de stroomomstandigheden veranderen voor de drempel dan ook hoegenaamd niet (zie tabel 2, 1,2x1/jr).

het toepassen van de zwaardere steen 1-3 ton, levert het verwachte beeld op voor de drempelkruin. De toename van de stroomsnelheid bij een overeenkomstige aantasting ten opzichte van de steen 300-1000 kg is ruim 20%, wat in overeenstemming is met de steenzwaarte-verhouding in model (circa 1,50).

Voor de prototypebestorting 1-3 ton ligt dit nog wat gunstiger (ΔD 18% zwaarder, dus circa 8% hogere toelaatbare stroomsnelheid), zodat een drempelkruin met deze steenzwaarte onder stroomaanval een omstandigheid van meer dan 1,7xl/jr kan doorstaan.

Drempelkruin bij droge dam uitbouw

In deze situatie (T4) is er sprake van een sterke beïnvloeding van de stroombestendigheid van de drempel in zijn totaliteit door de stroming om de kop van de uitgebouwde dam. Dit geldt echter alleen voor het drempeltalud (zie verder); de aantasting van de drempelkruin zelf wordt hoegenaamd niet versterkt door de aanwezigheid van de damkop. Een verklaring kan zijn, dat de damkop een lokale vervalconcentratie veroorzaakt op het minder zwaar aangevallen deel van de drempel (rond de as), waardoor het gebied rond de benedenstroomse kruinlijn wordt ontlast.

Drempeltalud zonder droge dam uitbouw

Het benedenstroomse drempeltalud ondervindt een sterke driedimensionale stroming. Uit observaties met onder in de verticaal meegevoerde drijfverballetjes bleek een spiraalstroming op te treden, waarbij de stroming de aansluiting van het talud op het landhoofd bleek te volgen en vervolgens zelfs haaks op de hoofdstroom langs de teen van het talud naar midden van het sluitgat was gericht. Deze stroming bleek ook uit het afzettingspatroon van geërodeerde steentjes (fotoblad 1).

Afgezien van dit verschijnsel langs de rand van het talud, lag het talud verder in de beschutting van een bodemmeer en werd derhalve minder zwaar aangevallen dan het benedenstroomse deel van de drempelkruin.

Desintegratie door afslijpen van de rand van het talud vond reeds plaats bij stroomsnelheden welke op de kruin enige schade van betekenis gaven, bij 1/jr (T7) tot 1,2xl/jr (T2) voor de in het model toegepaste steen 300-1000 kg.

Overigens kunnen schaalafwijkingen hier een rol hebben gespeeld (ruwheid aansluitingen landhoofd en bodemverdediging), gezien de afwijkende bevindingen bij de proef met de steen 1-3 ton. Hierbij trad dit verschijnsel veel minder sterk op (zie fotoblad 1, proef T6).

Wellicht spelen ook de afmetingen van de spiraalstroom ten opzichte van de steenafmetingen een rol bij deze afwijking, terwijl tot slot ook de wisselwerking tussen de randvoorwaarde (zeer ver opgeschroefd verval bij T6) en spiraalstroming tot het verschil kan hebben bijgedragen.

Deze onzekerheden overziende, met daarbij komend nog de onzekerheden bij de verschaling naar het prototype, moet op waakzaamheid op dit punt worden aangedrongen.

Drempeltalud bij droge dam uitbouw

Bij een half uitgebouwde droge dam (T4) is de spiraalstroming overheersend op het schadegebeuren aan het talud. In dit geval zal de proefopstelling in dit opzicht wel representatief zijn geweest als bij afwezigheid van de dam, aangezien de aantasting vrijwel volledig in het vlak van het talud plaatsvond en niet aan de rand ervan. De stroombestendigheid van het talud wordt beïnvloed door de aanwezigheid van de damkop; reeds bij een debiet van 1,2xl/jr trad inacceptabele schade op aan het talud, alwaar een deel van de afdeklaag 300-1000 kg volledig was weg geërodeerd. Bij verder opvoeren van het debiet zette deze aantasting zich in opwaartse richting voort (zie fotoblad 2, proef T4 bij 1,4xl/jr).

Uit tabel 15 blijkt dat een invloedsfaktor van circa 1,5 (k_2 , betrokken op Q/A) aangehouden zou kunnen worden voor het talud in deze situatie, gebaseerd op een (nog juist) acceptabele schade bij 1/jr voor de modelbestorting 300-1000 kg.

Bij vertaling naar de prototype sortering 1-3 ton met een hoog soortelijke gewicht, is de marge in ΔD (bijna 80%) nog ruimschoots voldoende om ook in de randvoorwaarden voldoende reserve te kunnen vinden voor een stabiele uitvoeringsfase tijdens de kortstondige uitbouw van de droge dam.

Bij een tot de pijler uitgebouwde droge dam (T5) was het talud onder alle omstandigheden voldoende beschermt, zodat hoegenaamd geen schade optrad.

Omkegeling

Schade aan de omkegeling wordt gekenmerkt door een explosieve toename van de aantasting met toenemend debiet. Hierbij is al gauw sprake van een bezwijktoestand, omdat de afdeklaag op de top van de kegel vrij snel is weg geërodeerd.

Een dergelijk ernstig schadeverloop trad ongeveer gelijk op met het ontoelaatbaar afslijpen van de rand het talud (T2), dan wel met het "afbladderen" van grotere delen van het talud ingeval van de half uitgebouwde droge dam.

Bepalend voor de aanval op de omkegeling is de duikende straal over de dorpel van het aan de breukstenen dam grenzend poortje (golfbeweging kan hierbij belangrijk zijn, zie M 2028, deel II), althans voor zover kon worden geobserveerd aan de hand van het oppervlakte-stroombeeld. Opvallend is het daarom wel dat de schade aan de omkegeling in ongunstige zin beïnvloed wordt door het uitbouwen van de droge dam (toename schade bij T4 en T5), waarbij een half uitgebouwde dam ongunstiger is dan een die tot de pijlerflank is uitgebouwd. Wellicht speelt derhalve de wisselwerking met de (spiraal?)stroming boven de drempel toch mee in de stroomaanval op de omkegeling.

Een andere bevinding is dat de stabiliteitstoename door steen 1-3 ton in eerste oogopslag aanzienlijk minder lijkt dan voor uniforme stroming kan worden verwacht. Bij de steenzwaartetoename in model van circa 50%, neemt de toelaatbare stroomsnelheid boven de dorpel namelijk slechts toe met circa 5%. De bijbehorende debiettoename is echter wel circa 30% (toename van circa 1,3xl/jr tot circa 1,7xl/jr, bij afwezigheid van de droge dam).

Dit achterblijven van de stroomsnelheid kan worden verklaard door de relatieve waterdiepte-toename die boven de dorpel nog harder doortikt als boven de drempel (de dorpel ligt op NAP -4,5 m ten opzichte van de drempel op NAP -6 m). Wordt de marge in debiettoename in beschouwing genomen, dan is de stabiliteitstoename globaal wel volgens de verwachting; men vergelijk hierbij de ΔD toename van circa 50%, dus eente verwachten fiktieve stroomsnelheidstoename van ruim 20% (zie drempelkruin) en dus een debiettoename die daar nog wat boven ligt, gezien de niet-evenredige toename van stroomsnelheid en debiet.

Bij afwezigheid van dorpels en een verder gereedkomen breukstenen dam ligt de omkegeling in het stroomverlammingsgebied van een verticale neer met grote

afmetingen (meer dan de helft van het poortje), als gevolg van de sterke stroomuitwerping in die situatie. Bij de onderzochte situaties (tot en met 1,2xl/jr) kon bij de modelbestorting 300-1000 kg dan ook geen schade worden geconstateerd; dit gold ook voor de opzettelijk zeer steil (onder circa 1:1) opgebouwde omkegeling aan de Noordlandse zijde.

Droge dam

In het model was de droge dam eveneens in de modelsortering 300-100 kg weergegeven.

Bij de half uitgebouwde dam (T4) was de schade bij 1,2xl/jr nog verwaarloosbaar; bij 1,4xl/jr trad enige aantasting van de damkop op, waarbij een beperkte deformatie van de kop optrad. Van een uit horizontale sluitingen bekende deformatie tot een "olifantenvoet" was hierbij nog geen sprake.

Daarnaast vlakte het getrapte profiel van de damkruin wat uit, waarbij ook enkele stenen op de drempel terecht kwamen.

Hetzelfde geldt globaal voor de tot aan de pijlerflank uitgebouwde dam (T5) bij 1,4xl/jr, met echter een ietwat sterkere vervorming van het aan de pijler grenzende talud. Ook dan is er nog steeds wel sprake van een grote deformatiereserve.

Opmerking met betrekking tot temperatuuressen

Zoals bekend uit het dimensioneringsonderzoek voor de drempeltoplaag (M 1451/M 1702/M1750 [5]), heeft de temperatuur vrij grote invloed op de stroming over en achter poortjes met een dorpel. Dit komt voort uit de zogenaamde Reynoldsgevoeligheid van de stroomkontraktie boven de dorpel. Het model is wat de schade betreft in dit opzicht dusdanig konservatief ten opzichte van het prototype bij overeenkomstige temperaturen, dat ook een relatief te hoge modeltemperatuur naar verwachting een wat ongunstiger beeld zal geven dan de wintersituatie in het prototype.

Een dergelijk konservatief effect zal overigens alleen voor de omkegeling van belang zijn. Voor de overige, meer uniforme stroomsituaties ter plaatse van de drempel van de breukstenen dam zullen temperatuuressen naar verwachting slechts marginaal zijn.

REFERENTIES

- 1 Wouters, J.,
SVKO, Hydraulische stabiliteit breukstenen dam bij alternatieve werkvolg-
orde,
RWS Deltadienst, Notitie 31DREM-M-84034, 1984
- 2 Driegen, J.,
SVKO, Detailmodel stroomgeulen, stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek voor
bouwfasen V2 en Z,
WL, Verslag modelonderzoek M 1737 deel IV, 1982
- 3 Hartsuiker, G.,
SVKO, Aanpassing rekenmodel R 1495,
WL, Notitie R 1928, 1983
- 4 Werkgroep STROOM,
SVKO, Doorstroomoppervlakte, afvoercoëfficiënt en effectieve doorstroom-
oppervlakte van de in aanbouw zijnde kering,
WL, Notitie werkgroep STROOM, BESTRO-M-84.018, R 1793, 1984
- 5 Konter, J.L.M.,
SVKO, Dimensionering van de toplaag van de drempel en de overgangskonstruk-
tie,
WL, Verslag modelonderzoek M 1451/M 1702/M 1750, 1981
- 6 Dijkzeul, J.,
Stationaire WAQUA berekeningen van twee in M 1001 onderzochte bouwfasen in
de Roompot,
RWS, Notitie DDWT-83.368, 3 juni 1983
- 7 Driegen, J.,
SVKO, Systematisch stroombeeldonderzoek naar bouwfasefactoren, detailmodel
stroomgeulen,
WL, Verslag modelonderzoek M 1982, 1984

proefnummer	opbouwfase breukstenen dammen t.o.v. NAP (m)	aantal dorpels	naaste		max. vloedstroom bij getij-type	stabiliteits- meting	meting stroomvertikalen				insteldebiet Q (m ³ /s)	
			schuif open	dicht			1...4 (NB)	5...8 (N)	13...15 (NB)	16...18 (N)		9...12
T2A	-6	27	x		1,0 x 1/jr	b,d	+	+	+	+	+	66.066
B					1,2 x 1/jr		+				+ ¹⁾	79.279
C					1,4 x 1/jr		+				+ ¹⁾	92.492
D					1,5 x 1/jr		+	+			+	99.099
T3A	-6	alle		x	gg 1/mnd	b	+ ²⁾		+			45.600
B					1,0 x 1/jr		+ ²⁾					54.000
C					1,0 x 1/jr		+ ²⁾		+			62.472
T4A	-6, halverwege +2	alle	x		1,0 x 1/jr	b	+					62.472
B					1,2 x 1/jr		+					74.966
C					1,4 x 1/jr		+					87.460
T5A	-6, tot pijler +2	alle	x		1,0 x 1/jr	b	+ ³⁾		+			62.472
B					1,2 x 1/jr		+ ³⁾					74.966
C					1,4 x 1/jr		+ ³⁾					87.460
T6A*	-6	27	x		1,2 x 1/jr	b	+ ⁴⁾		+			79.279
B*					1,4 x 1/jr		+ ⁴⁾					92.492
C*					1,5 x 1/jr		+ ⁴⁾					99.099
D*					1,6 x 1/jr		+ ⁴⁾					105.706
E*					1,75x 1/jr		+ ⁴⁾					115.616
T7A	-6	alle	x		1,0 x 1/jr	b	+		+			62.472
B					1,5 x 1/jr		+		+			93.708
T8A	-6	geen	x		1/mnd	o	+ ⁶⁾					77.800
B					1,0 x 1/jr		+ ⁶⁾					91.940
C					1,2 x 1/jr		+ ⁶⁾					110.328

* afdeklaag 1-3 ton in plaats van 300-1000 kg

1/mnd = 1 maal per maand

gg = gemiddeld getij

1/jr = 1 maal per jaar

NB = Noord-Beveland

N = Noordland

d = drempeltoplaag bij
dorpelfront

b = opbouwfase breukstenen dam,
inklusief omkegeling

o = omkegeling breukstenen dam

1) alleen punten 10 en 11

2) punten 1 en 8 niet

3) punten 1 en 8 t.p.v. pijlerflank

4) alleen punten 1 en 2

5) alleen punten 7 en 8

6) punten 1 en 8 niet

poortje	proef						
	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
NB-R1*	403		200	50	403	403	0
R1-R2	178	0	178				484
R2-R3	217						524
R3-R4	257						563
R4-R5	257						576
R5-R6	296						619
R6-R7	336						662
R7-R8	375						700
R8-R9	375						700
R9-R10	375						703
R10-R11	415						740
R11-R12	415						740
R12-R13	415						740
R13-R14	415						740
R14-R15	415						740
R15-R16	415						740
R16-R17	415						740
R17-R18	703	375			703		
R18-R19	700	375			700		
R19-R20	700	375			700		
R20-R21	700	375			700		
R21-R22	375						700
R22-R23	375						700
R23-R24	375						700
R24-R25	375						700
R25-R26	336						662
R26-R27	336						657
R27-R28	296						619
R28-R29	296						605
R29-R30	257						563
R30-R31	217						524
R31-R32	178	0	178				484
R32-N*	378		190	50	378		0
NB-N	12.571	10.912	10.877	10.587	12.571	11.268	20.908

NB = Noord-Beveland

N = Noordland

maten in m² prototype

A_{NAP} uit R 1783: BESTR-M-84.018 opbouwfase 10: dorpel-sekties

opbouwfase 8: drempeltoplaag-sekties

* uit globale opmeting in het model

Tabel 6 Overzicht A_{NAP}

poortje	proef																																			
	T2						T3						T4						T5						T6						T7			T8		
	A	B	C	D	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	D	E	A	B	C	A	B	C							
NB-R1	75	75	81	79	75	73	71	76	67	73	75	67	81	82	80	78	82	82	79	82																
R32-N	70	71	77	75	71	69	67	71	63	69	70	63	76	77	76	74	77	77	75	78																
R1-R32	1261	1267	1378	1335	1267	1231	1206	1243	1280	1133	1237	1261	1133	1365	1384	1353	1316	1390	1335	1396	1133	1139	1151													
NB-N	1406	1413	1536	1489	1413	1373	1344	1385	1427	1263	1379	1406	1263	1522	1543	1509	1468	1549	1489	1556	1133	1139	1151													

$A_{\text{bovenNAP}} = h_{\text{NAP}} \times \text{netto doorstroombreedte boven NAP}$

$$h_{\text{NAP}} = \frac{\text{ben.wst. NB} + \text{ben.wst. N}}{2}$$

netto doorstroombreedte boven NAP

NB-R1 : 72,4 m

R32-N : 68,4 m

R1-R32: 1224,5 m

NB = Noord-Beveland

N = Noordland

maten in m² prototype

Tabel 7 Overzicht $A_{\text{boven NAP}}$

	A_p	u_{as}	$A_p \times u_{as}$	\bar{u}_{R1495}	$\frac{u_{as}}{\bar{u}_{R1495}}$	opm.
NB-R1	482	5,36	2584	3,81	1,41	gemeten
R1-R2	221	6,01	1328	5,13	1,17	
R2-R3	260	5,86	1524	5,14	1,14	
R3-R4	300	5,94	1782	5,13	1,16	
R4-R5	300	6,01	1803	5,13	1,17	
R5-R6	339	6,00	2034	5,11	1,17	geïnterpoleerd
R6-R7	379	6,00	2274	5,07	1,18	
R7-R8	418	5,90	2466	5,02	1,18	
R8-R9	418	5,90	2466	5,02	1,18	
R9-R10	418	5,80	2424	5,02	1,16	
R10-R11	458	5,80	2656	4,95	1,17	
R11-R12	458	5,70	2611	4,95	1,15	
R12-R13	458	5,70	2611	4,95	1,15	
R13-R14	458	5,60	2565	4,95	1,13	
R14-R15	458	5,60	2565	4,95	1,13	
R15-R16	458	5,55	2542	4,95	1,12	
R16-R17	458	5,55	2542	4,95	1,12	
R17-R18	418	5,50	2299	5,02	1,10	gemeten
R18-R19	418	5,48	2291	5,02	1,09	
R19-R20	418	5,33	2228	5,02	1,06	
R20-R21	418	5,34	2232	5,02	1,06	
R21-R22	418	5,35	2236	5,02	1,07	geïnterpoleerd
R22-R23	418	5,40	2257	5,02	1,08	
R23-R24	418	5,40	2257	5,02	1,08	
R24-R25	418	5,50	2299	5,02	1,10	
R25-R26	379	5,50	2085	5,07	1,08	
R26-R27	379	5,60	2122	5,07	1,10	
R27-R28	339	5,60	1898	5,11	1,10	
R28-R29	339	5,70	1932	5,11	1,12	gemeten
R29-R30	300	5,82	1746	5,13	1,13	
R30-R31	260	5,94	1544	5,14	1,16	
R31-R32	211	5,80	1282	5,13	1,13	
R32-N	453	5,39	2442	3,81	1,41	

Tabel 8 Hulptabel bij de berekeningen van de kontraktiecoëfficiënten

lokatie	meetpunt t.o.v.	niveau -6 m, 27 dorpels T2				niveau -6 m, alle dorpels, naaste T3 schuif dicht		halve uitbouw, alle dorpels T4		uitbouw tot pijler, alle dorpels T5		niveau -6 m, 27 dorpels, 1-3 ton. T6						niveau -6 m, alle dorpels T7		dam gereed, geen dorpels T8				
		1/jr	1/jr x 1,2	1/jr x 1,4	1/jr x 1,5	1/jr	1/mnd	1/jr	1/jr x 1,2	1/jr x 1,4	1/jr x 1,4	1/jr	1/jr x 1,2	1/jr x 1,4	1/jr x 1,5	1/jr x 1,6	1/jr x 1,75	1/jr	1/jr x 1,5	1/mnd	1/jr	1/jr x 1,0	1/jr x 1,2	
NB	1	1,00	1,04	1,04	1,01			0,94	0,92	0,96				1,09	1,07	1,15	1,04	1,09	1,02	1,00	1,17	1,18	1,17	
	2	0,98	1,01	1,03	1,03			1,10	1,00	1,06				1,09	1,07	1,15	1,04	1,09	0,97	1,01	1,33	1,30	1,35	
	3	1,00	1,03	1,04	0,98			1,09	1,00	1,03				1,09	1,06	1,10	1,13	1,04	1,06	1,06	1,05	1,13	1,20	
	4	1,03	1,04	0,98				1,07	1,07	1,02	1,00			1,09	1,06	1,10	1,13	1,04	0,98	1,05	1,12	1,13	1,26	
N	8	1,03			1,10			0,97						1,09	1,06	1,10	1,13	1,04	1,06	1,06	1,05	1,13	1,20	
	6	1,03			1,06			1,06						1,09	1,06	1,10	1,13	1,04	1,06	1,06	1,13	1,20		
	7	0,98			1,13			1,07						1,09	1,06	1,10	1,13	1,04	1,06	1,06	1,13	1,20		
NB	13																							
	14																							
	15																							
N	18																							
	17																							
	16																							

NB = Noord-Beveland

N = Noorland

Tabel 10 Q/A-stroomsnelheden, genormeerd naar het naastliggende poortje (indikatief)

lokatie	meetpunt	niveau -6 m, 27 dorpels				niveau -6 m, alle dorpels, naaste schuif dicht				halve uitbouw, alle dorpels				uitbouw tot pijler, alle dorpels				niveau -6 m, 27 dorpels, 1-3 ton				niveau -6 m, alle dorpels		dam gereed, geen dorpels						
		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9		T10		T11		T12		T13						
NB	1	7,12	7,36	7,84	8,00	7,52	7,60	7,84	7,84	8,00	7,44	7,44	8,00	8,00	8,00	8,24	8,40	8,40	8,64	7,44	8,00	7,44	8,00	7,44	8,00	14,80	15,36	15,44	15,04	
N	8	7,20	7,20	7,20	7,92	7,44	7,76	7,76	7,76	8,00	7,44	7,44	8,00	8,00	8,00	8,16	8,40	8,40	8,64	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
NB	2	5,60	6,00	6,24	6,80	6,80	6,08	6,24	6,56	6,56	6,00	6,40	7,04	6,00	6,72	6,80	6,96	7,04	7,20	5,52	5,84	5,84	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
N	7	5,92	5,92	5,92	6,80	6,80	5,76	5,76	5,76	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
NB	3	6,96	7,20	7,44	7,60	6,80	7,20	7,20	7,20	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04	6,80	6,72	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
N	6	6,96	6,96	6,96	8,00	7,04	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20
NB	4	7,76	8,00	8,00	8,80	7,76	7,84	7,84	8,00	8,00	7,92	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,60	8,00	7,60	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
N	5	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80
NB	13	7,12				7,52	7,60													7,44		7,44								
N	18	7,20																												
NB	14	7,12				7,52	7,60													7,44		7,44								
N	17	7,20																												
NB	15	7,12				7,52	7,60													7,44		7,44								
N	16	7,20																												
	9	19,20																		10,40		10,40								
	10	18,40	18,40	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40
	11	18,40	18,40	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40
	12	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	19,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40	11,20	10,40

NB = Noord-Beveland

N = Noordland

Tabel 11 Gemeten waterdiepten in de as van de poortjes (indikatief) (m/s prototype)

proef	Q (m ³ /s)	ben. waterstand		verval werkhavens		verval op stroom Δh' (m)	t.o.v. ben. wst.		
		(m t.o.v. NAP)		Δh (m)			A (m ²)	μA (m ²)	μ (-)
		NB	N	NB	N				
T2A	66.066	+1,06	+1,00	1,21	1,38	1,35	13.977	13.107	0,94
B	79.279	+1,10	+0,97	1,69	1,86	1,90	13.984	13.434	0,96
C	92.492	+1,16	+1,09	2,25	2,38	2,27	14.107	13.724	0,97
D	99.099		+1,09	2,50	2,70	2,73	14.059	13.875	0,99
T3A	45.600	+1,02	+1,05	0,88	0,93	0,95	12.325	10.822	0,88
B	54.000	+1,06	+0,95	1,07		1,33	12.284	11.786	0,96
C	62.472	+0,97	+1,00	1,56	1,58	1,71	12.257	11.256	0,92
T4A	62.472	+0,98	+1,05	1,58	1,56	1,60	12.263	11.256	0,92
B	74.966	+0,99	+1,10	2,26	2,16	2,24	12.304	11.385	0,93
C	87.460	+0,86	+0,99	2,96	2,72	3,01	12.140	11.717	0,97
T5A	62.472	+1,00	+1,02	1,66	1,63	1,37	11.966	10.996	0,92
B	74.966	+1,01	+1,05	2,26	2,26	2,26	11.993	11.258	0,94
C	87.460	+0,83	+1,02	3,14	2,95	2,98	11.850	11.315	0,95
T6A	79.279	+1,13	+1,10	1,61	1,80		14.093	13.707	0,97
B	92.492	+1,13	+1,13	2,16	2,20		14.114	14.143	1,00
C	99.099	+1,14	+1,07	2,43	2,58		14.080	14.136	1,00
D	105.706	+1,09	+1,06	2,87	3,07		14.039	13.848	0,99
E	115.616	+1,21	+1,06	3,31	3,49		14.120	14.156	1,00
T7A	62.472	+1,15	+1,03	1,37	1,46	1,58	12.756	11.857	0,93
B	93.708	+1,26	+1,02	2,79	3,06	3,01	12.824	12.370	0,96
T8A	77.800	+0,86	+0,99	0,49	0,55		22.041	24.357	1,11
B	91.940	+0,87	+0,99	0,74	0,81		22.047	23.578	1,07
C	110.328	+0,82	+1,06	1,19	1,12		22.059	23.176	1,05

$$\mu A = Q / \sqrt{2g \Delta h}$$

Δh uit gemiddelde over N en NB

N = Noordland

NB = Noord-Beveland

Tabel 12 Waterstanden, vervallen en afvoercoëfficiënten

proef	lokatie	schade (totale aantal uit de aangegeven vakken verplaatste stenen)																	
		drempelkruin							drempeltalud				omkegeling					damuitbouw	
		r	gr	w	b	r	gr	ge	Σ	w	b	gr	Σ	gr	r	ge	b	Σ	grijs
T2A	NB	1				1	3	5		5		5	3				3	grote vervorming	
B			1	3	6	2	1	11	24	4	94		98	11					11
C			17	29	14	3	48	101	10	B	B	B	B						B
D			2	23	42	17	3	56	>100	24	B		B	B					B
T3A		2							6										
B				4															
C																			
T4A		NB			2			4	6	6	72		78	4	47				51
B				1	1	1		4	7	28	B	B	B	18	B				B
C				1	8	2	1	15	27	B	B		B	B	B				B
T5A								2	2					26	7				33
B								6	6	2			2	34	30				64
C								9	9	32			32	B	>100				B
T6A		1			1				1								2		2
B					3				4								3		3
C	2			3				5				2	2			14	14		
D	2			12				14				4	4			50	50		
E	5			22	1			28				10	10			340	5		
T7A				2	3	1		7	13	2	29	31	3	4			7		
B			1	19	56	33	9	83	>100	13	36		49	B	B		B		
T8	GEEN SCHADE																		
T2A	N							3					4				7	grote vervorming	
B				15	4	4	4	14	41	1	14		15	30					30
C			2	46	7	12	10	32	>100	2	17		19	B	15				B
D																			
T3A									1	1									
B									1	1									
C																			
T4A		N			4				4	4	54		58	15	36				51
B					4	2	6	1	3	14	38	B	B	B	27	B			B
C					4	6	19	40	28	97	B	B		B	60	B			B
T5A						1			1					63					63
B						1			3	4	2		2	68	20				88
C						1			8	9	5		5	B					B
T6A		2							1								4		4
B					1					1							5		5
C				1					1							7	7		
D	2			3					5				2	2			7	27	
E	5			11	1				17			2	2			20	117	8	
T7A				2	2			3	7	2	3	5	10				10		
B		2		22	34	8	11	51	>100	6	14		20	B			B		
T8	GEEN SCHADE																		

B = bezwijken afdeklaag over tenminste enige m²

voor strokenindeling zie figuur 3

N = Noordland

NB = Noord-Beveland

Tabel 13 Overzicht steenverplaatsingen bouwfasen breukstenen dam

proef	schade (totaal aantal uit de aangegeven vakken verplaatste stenen)																							
	R17-R18					R18-R19					R19-R20					R20-R21								
	b	w	grijs	ge	r	Σ	b	w	grijs	ge	r	Σ	b	w	grijs	gr	r	Σ	b	w	grijs	gr	r	Σ
T2A	8	1				9	1	1			2							-		4	1			5
B	4	30	3	6	6	49	2	4	3	11	10	4	2	3	19	3	23	19	3	23		2		27
C	5	101	60	13	26	>100	9	32	15	8	>100	51	28	25	11	10	>100	17	32	5	17	60	>100	>100
D	17	123	100	13	51	>100	77	40	57	27	39	>100	111	56	50	19	25	>100	53	75	60	36	130	>100

Tabel 14 Overzicht steenverplaatsingen drempeltoplaag-sekties dorpelbalkfront

Lokatie meet-punt	niveau -6 m, 27 dorpels				niveau -6 m, alle dorpels, naaste dorpels, T3 schuif dicht				halve uitbouw, alle dorpels T4				uitbouw tot pijler, alle dorpels T5				niveau -6 m, 27 dorpels, 1-3 ton T6				niveau -6 m, alle dorpels T7		dam gereed, geen dorpels T8						
	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/mnd	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/jr	1/mnd	1/jr	1/jr				
NB	1	2	3	3	0	1	2	3	3	2	2/3	3	0/1	1	1/2	2/3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0			
	5,10	5,79	6,30	6,48	3,90	5,13	4,56	5,62	6,31	4,80	5,43	6,48	5,94	6,45	6,68	6,71	6,89	5,36	6,50										
	4,86	5,51	6,00	6,17	3,71	4,36	4,34	5,35	6,01										5,10	6,19									
	6,47																												
N	7,13																												
	6,47																												
	1,27	1,12	1,03	1,00	1,66	1,41	1,26	1,42	1,15	1,03	1,35	1,19	1,00	1,20	1,11	1,07	1,06	1,21	1,00	1,21	1,00	1,21	1,00	1,21	1,00	1,21	1,00	1,21	1,00
	1,33	1,18	1,08	1,05	1,74	1,48	1,32	1,49	1,21	1,08	1,42	1,25	1,05	1,26	1,16	1,12	1,12	1,27	1,05	1,27	1,05	1,27	1,05	1,27	1,05	1,27	1,05	1,27	1,05
6,47																													
7,13																													
6,47																													
1,30				0,97	1,65		1,36			1,25				1,27	1,13	1,11	1,09	1,20	1,20	0,96									
1,37				1,02	1,73		1,43			1,31				1,33	1,18	1,16	1,14	1,26	1,26	1,01									

0 = geen steenverplaatsing

1 = begin van steenverplaatsing op de maatgevende lokatie (enkele stenen)

*schade 2 = uitgebreide steenverplaatsing op de maatgevende lokatie (enkele tientallen stenen)

3 = falen afdeklaag (over tenminste enige m²)

tussen haakjes = aantasting uitgebouwde kop

** $U_{ok} = 18 \log\left(\frac{6h}{D}\right) \sqrt{\Delta D} \sqrt{0,04}$; h ten opzichte van benedenwaterstand

NB = Noord-Beveland

N = Noordland

lokatie	meet-punt	niveau -6 m, 27 dorpels				
		1/jr	1/jr x 1,2	1/jr x 1,4	1/jr x 1,5	
R17-R18	9	schade	1	2	3*	3*
		u (m/s)	6,05			8,13
		Q/A (m/s)	4,69			6,30
		U _{ok} (m/s)	7,97			
		$k_1 = \frac{U_{ok}}{u}$	1,32			0,98
		$k_2 = \frac{U_{ok}}{Q/A}$	1,70			1,26
R18-R19	10	schade	0	1/2	2	3
		u (m/s)	6,24	7,34	8,05	8,14
		Q/A (m/s)	5,11	6,02	6,60	6,67
		U _{ok} (m/s)	7,97			
		$k_1 = \frac{U_{ok}}{u}$	1,28	1,09	1,01	0,98
		$k_2 = \frac{U_{ok}}{Q/A}$	1,56	1,32	1,21	1,19

lokatie	meet-punt	niveau -6 m, 27 dorpels				
		1/jr	1/jr x 1,2	1/jr x 1,4	1/jr x 1,5	
R19-R20	11	schade	0	1/2	2	3*
		u (m/s)	6,23	7,29	8,00	8,03
		Q/A (m/s)	5,11	5,98	6,56	6,58
		U _{ok} (m/s)	7,97			
		$k_1 = \frac{U_{ok}}{u}$	1,28	1,09	1,00	0,99
		$k_2 = \frac{U_{ok}}{Q/A}$	1,56	1,33	1,21	1,21
R20-R21	12	schade	1	1/2	2	3*
		u (m/s)	5,75			7,97
		Q/A (m/s)	4,46			6,18
		U _{ok} (m/s)	7,97			
		$k_1 = \frac{U_{ok}}{u}$	1,39			1,00
		$k_2 = \frac{U_{ok}}{Q/A}$	1,79			1,29

0 = geen steenverplaatsing

1 = begin van steenverplaatsing op de maatgevende lokatie (enkele stenen)

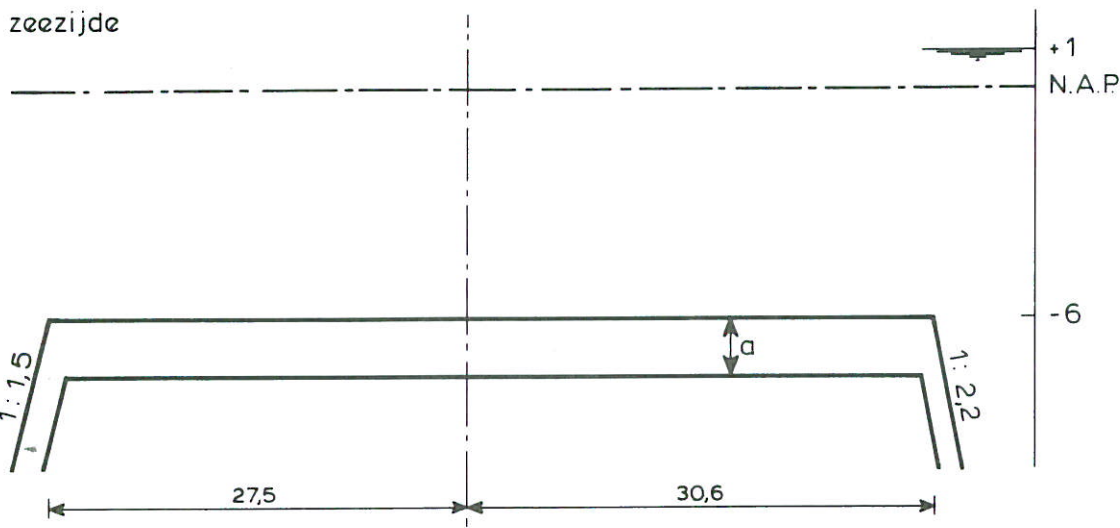
schade 2 = uitgebreide steenverplaatsing op de maatgevende lokatie (enkele tientallen stenen)

3 = falen afdeklaag (over tenminste enige m²)

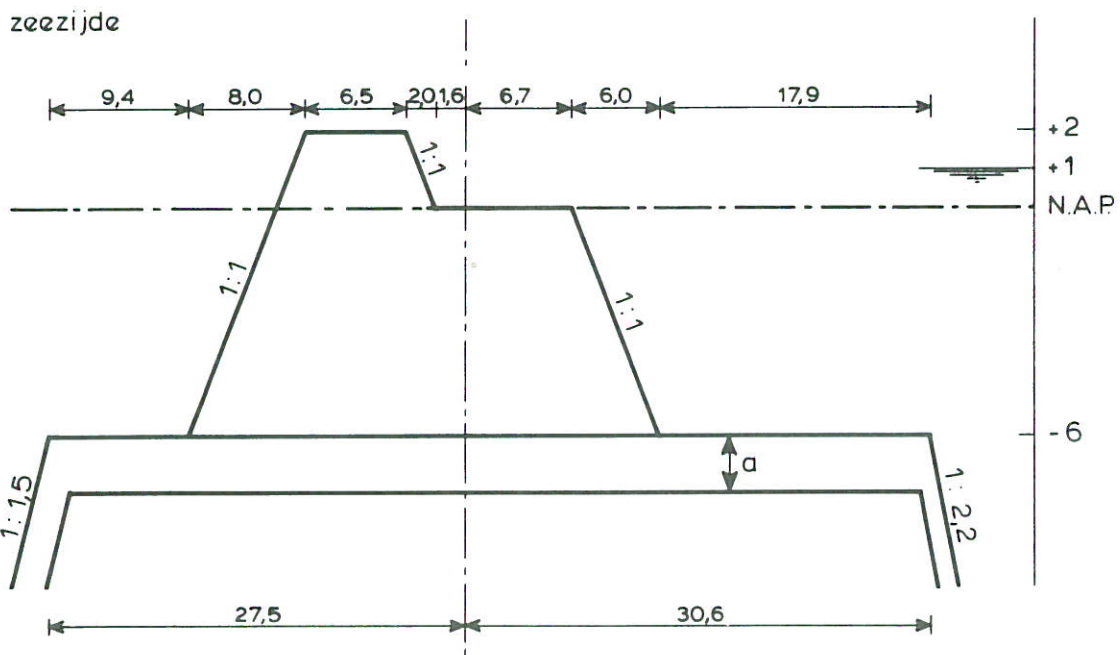
3* = geconcentreerde aantasting (diepte orde 1 m of meer over tenminste enige m²)

$$U_{ok} = 18 \log\left(\frac{6h}{D}\right) \sqrt{\Delta D} \sqrt{0,04}; h \text{ ten opzichte van benedenwaterstand}$$

Tabel 16 Invloedsfactoren drempeltoplaag-sekties dorpelbalkfront



SITUATIE „DREMPEL”

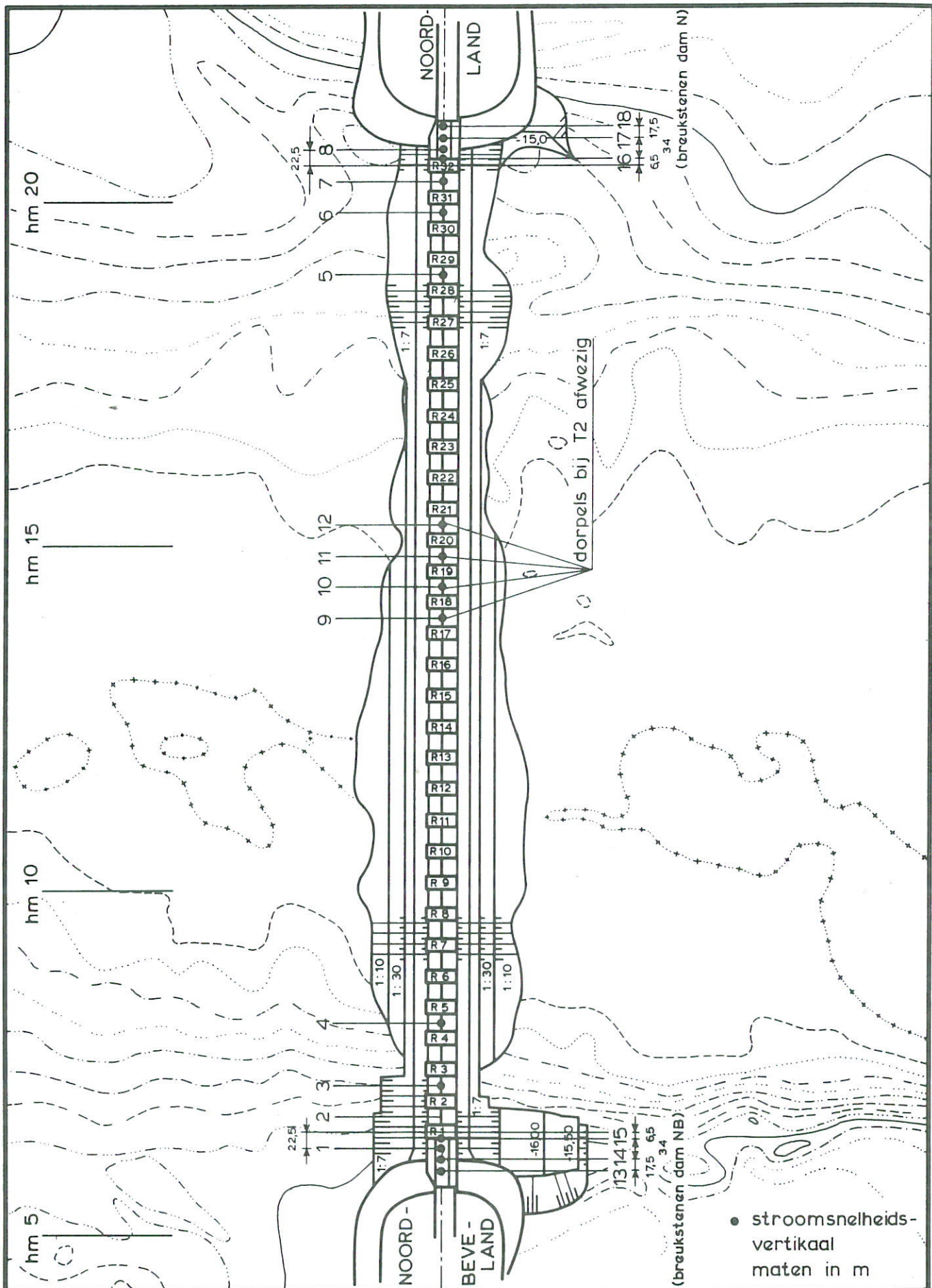


SITUATIE „DAM”

a = 1,75 m bij 1-3 ton
a = 1,50 m bij 300-1000 kg

maten in m prototype

DWARSDOORSNEDE BOUWFASEN BREUKSTENEN DAM		
	SCHAAL	HOR. 1: 500 VERT. 1: 200
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M 2028	FIG. 1



LOKATIE MEETPUNTEN STROOMSNELHEDEN

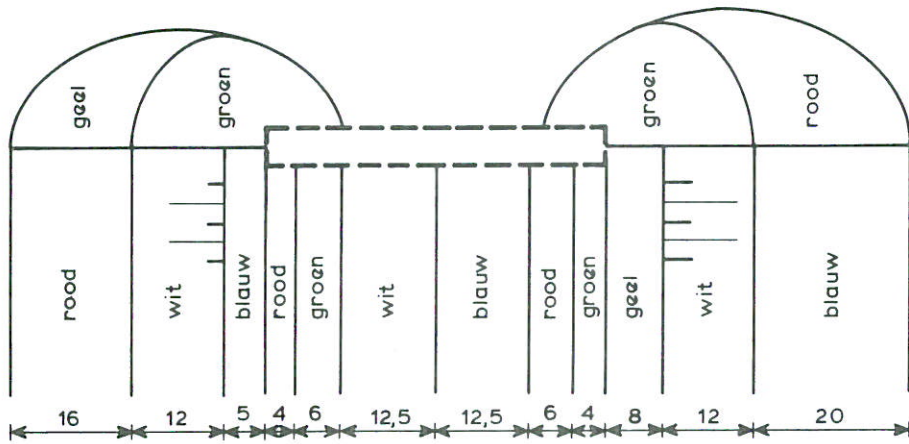
ROOMPOT

SCHAAL 1: 7500

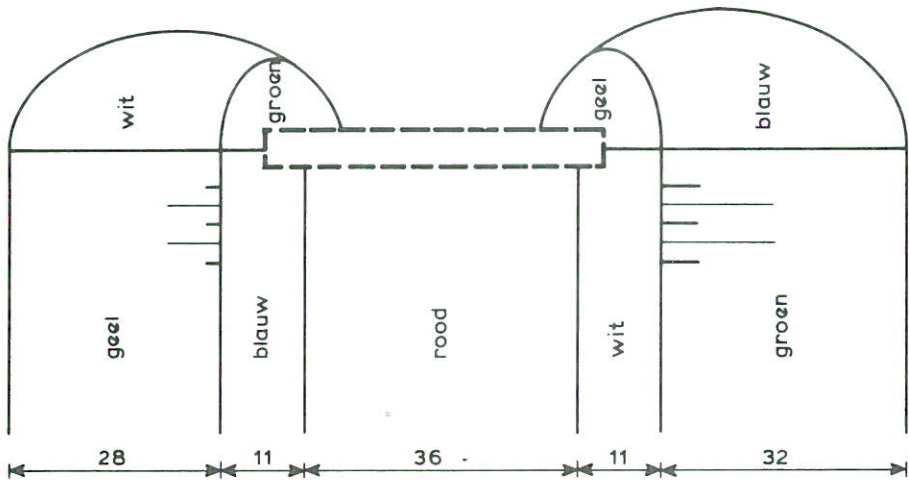
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 2028

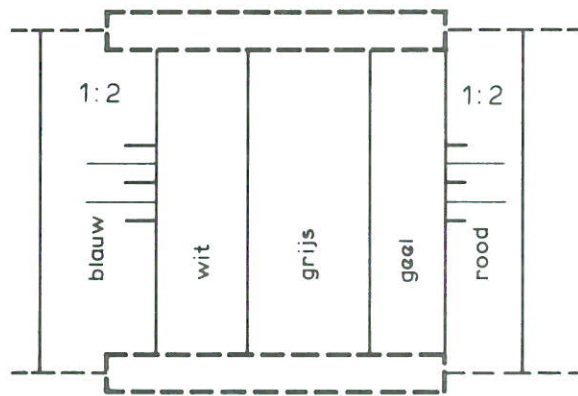
FIG. 2



drempel 300 - 1000 kg



drempel 1 - 3 ton



drempel-toplaag (R 17 - R 21) 300-1000 kg

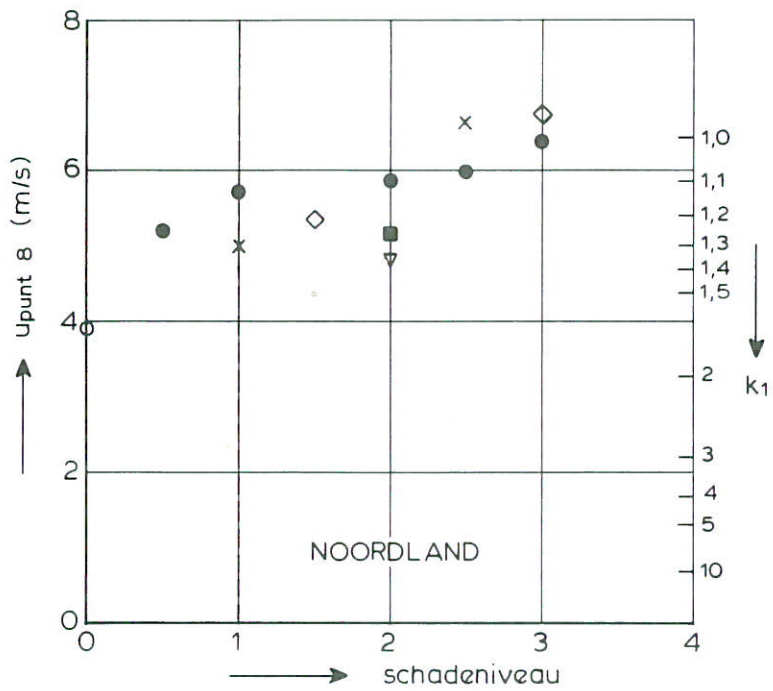
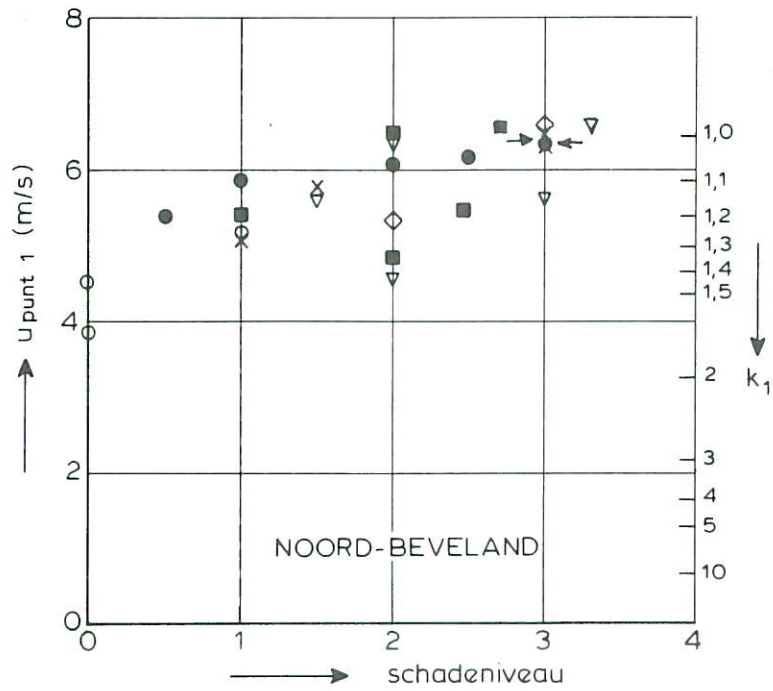
maten in m

STROKEN-INDELING DREMPEL
EN DREMPEL - TOPLAAG

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

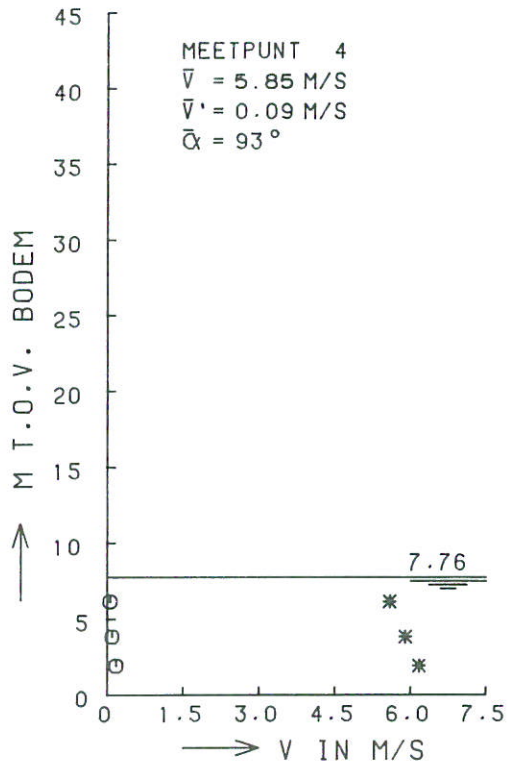
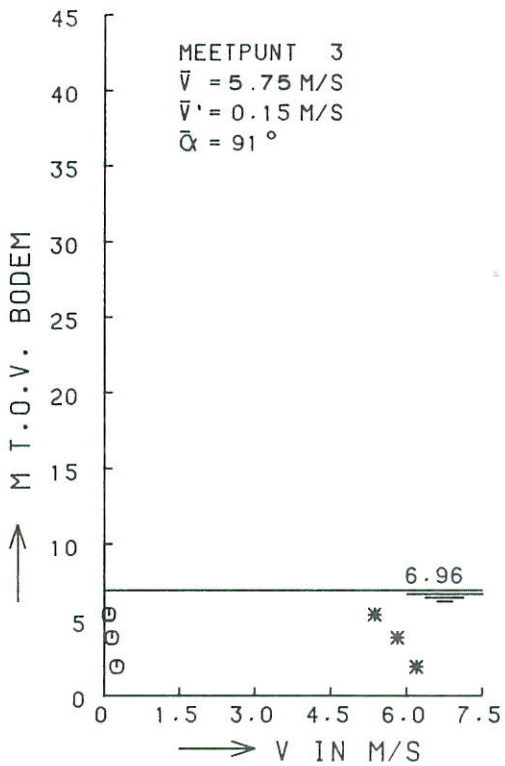
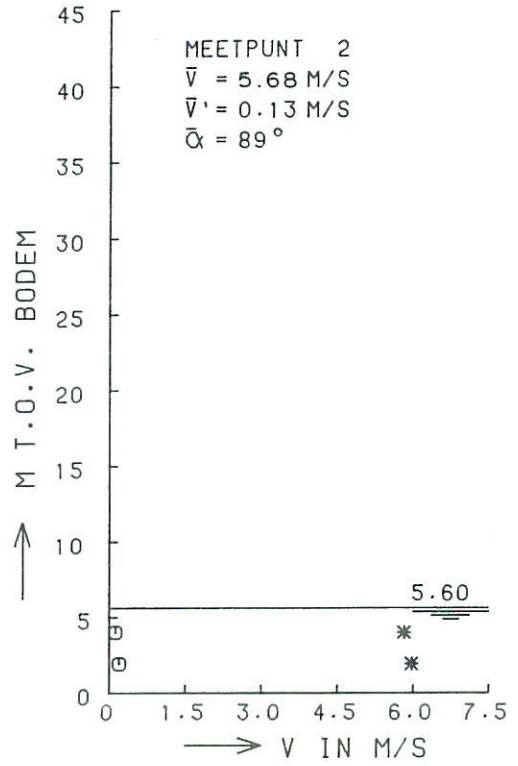
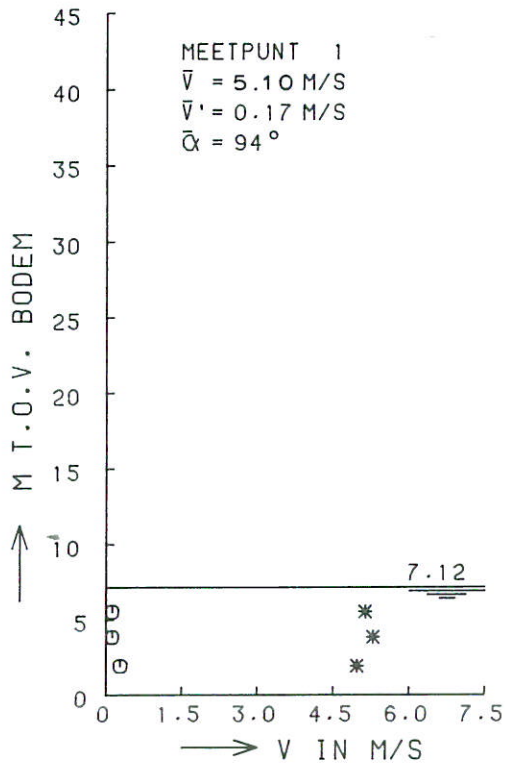
M 2028

FIG. 3

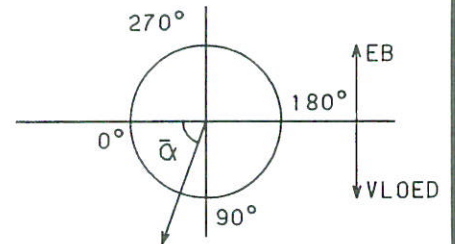


- x T2
- o T3
- ▽ T4
- T5
- T6
- ◇ T7

AFHANKEL'JKHEID INVLOEDSFAKTOR k_1
EN SCHADENIVEAU DREMPEL



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



12028T2A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1,0*1/J

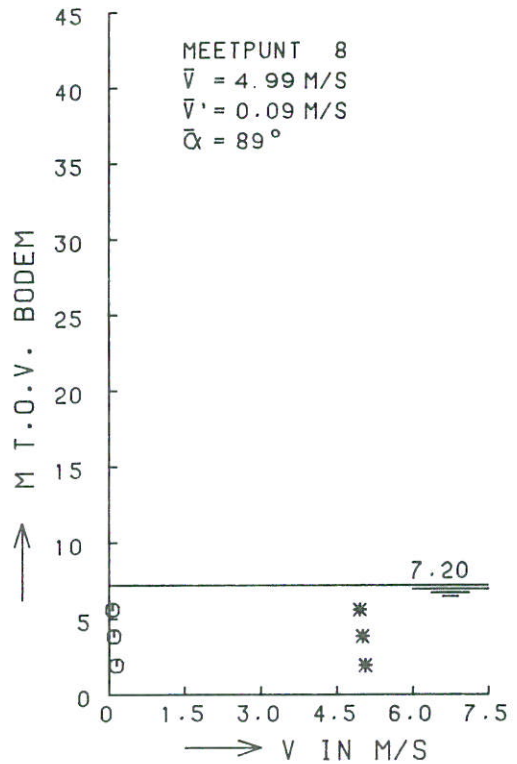
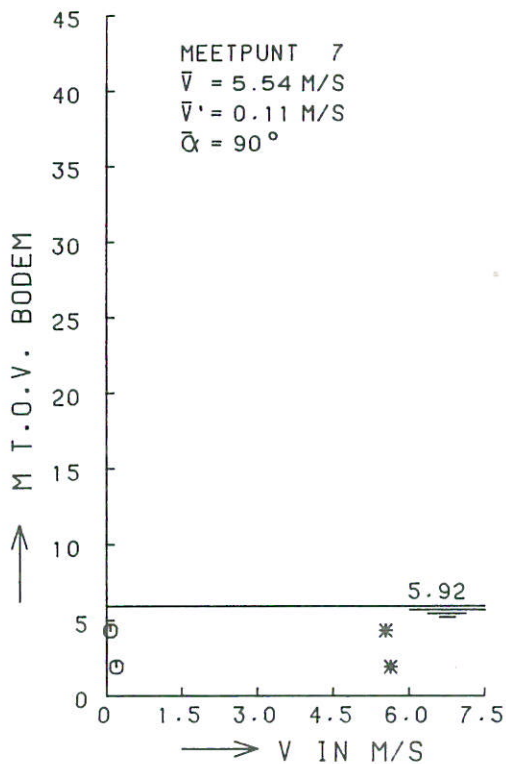
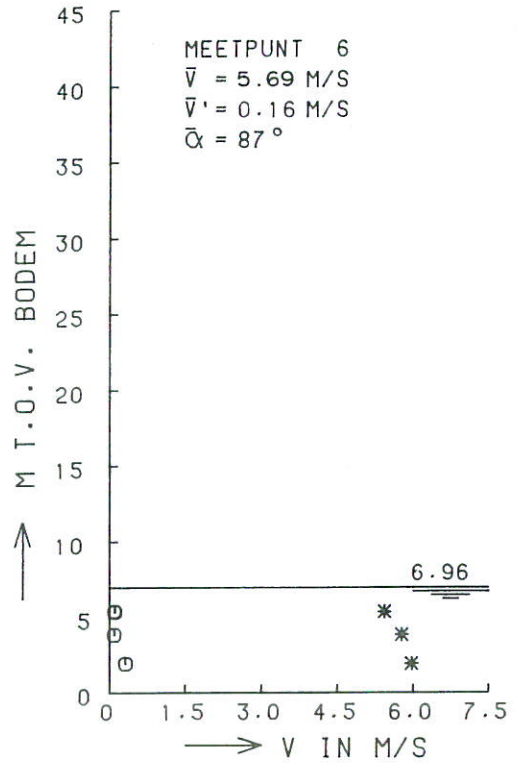
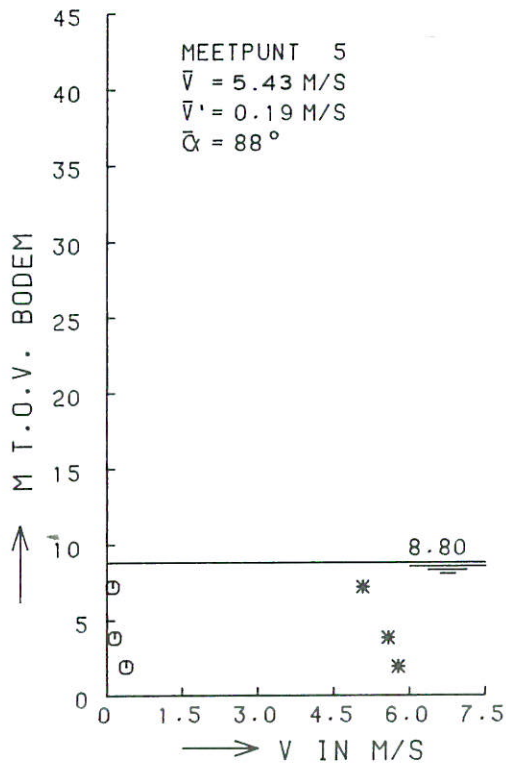
T2A

27 DORPELS

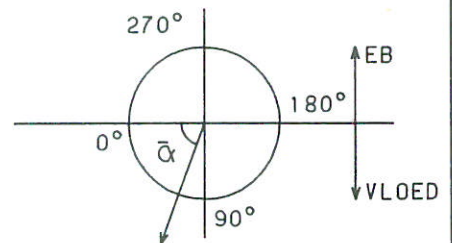
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 5



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



12028T2A

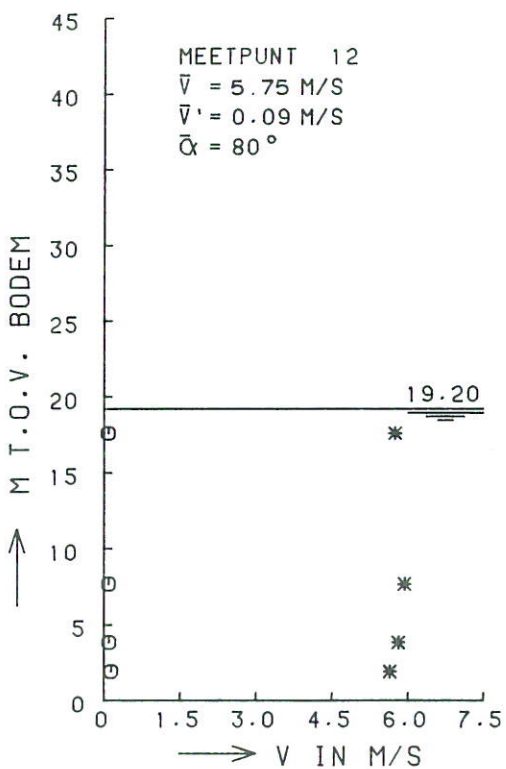
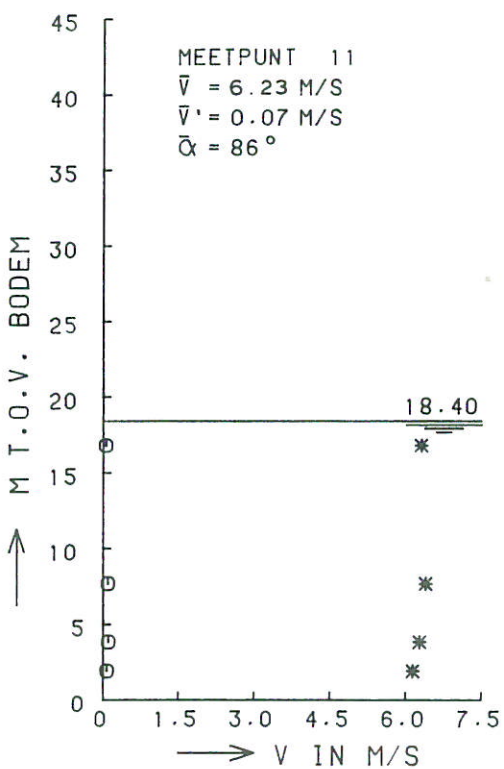
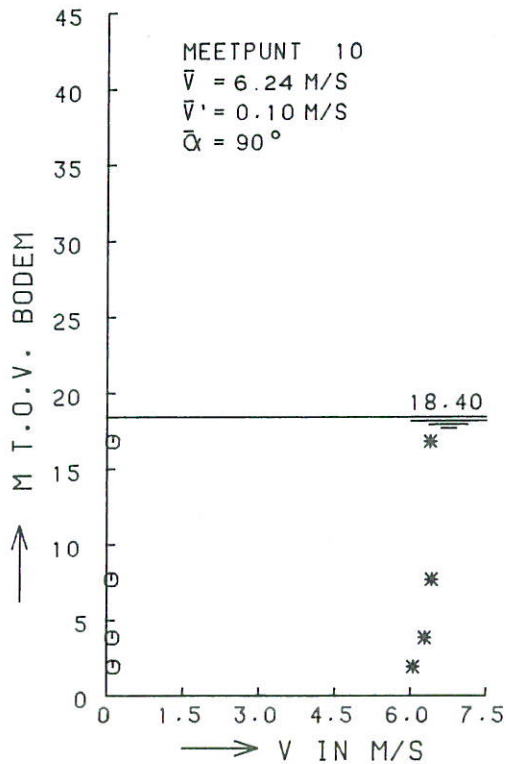
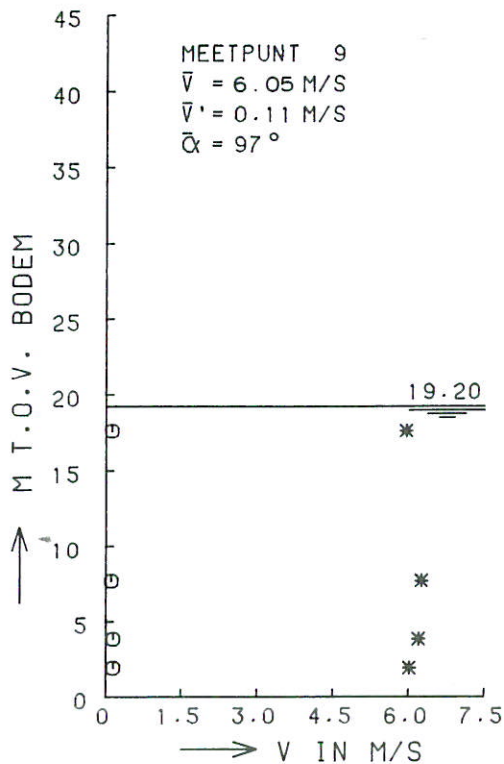
STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1.0*1/J | T2A

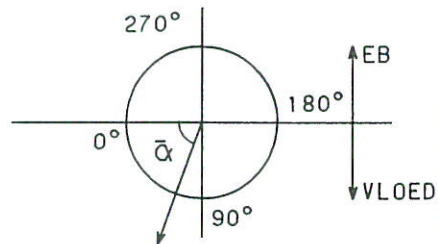
27 DORPELS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028 | FIG. 6



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



42028T2A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1.0*1/J

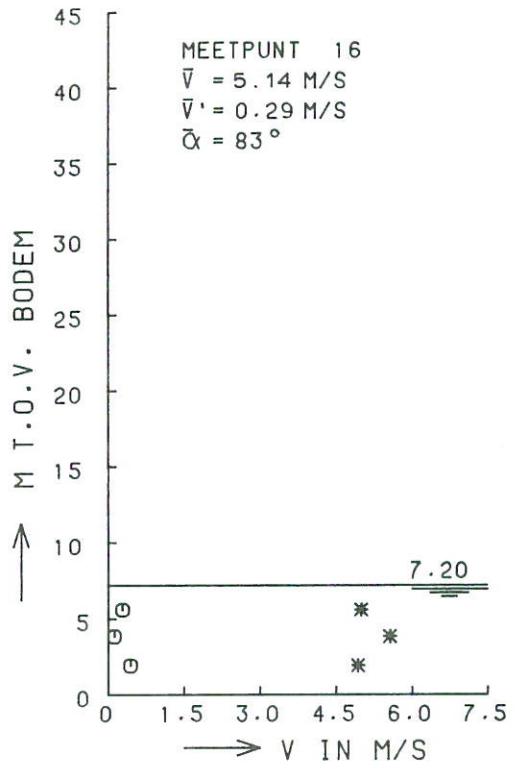
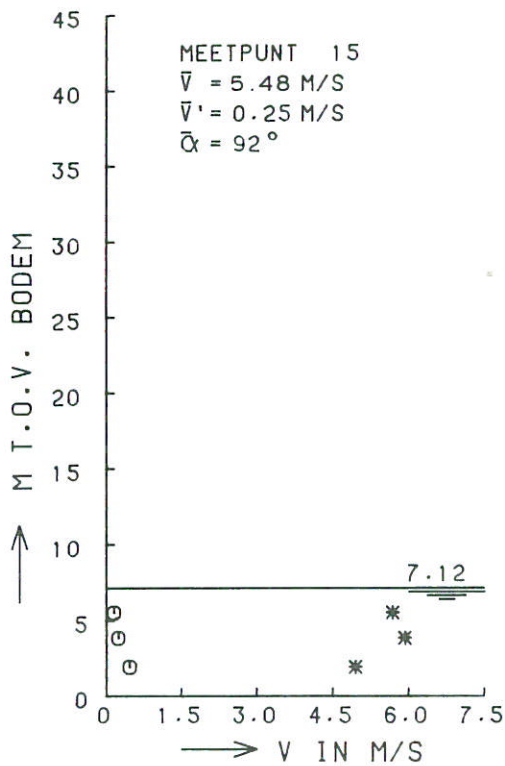
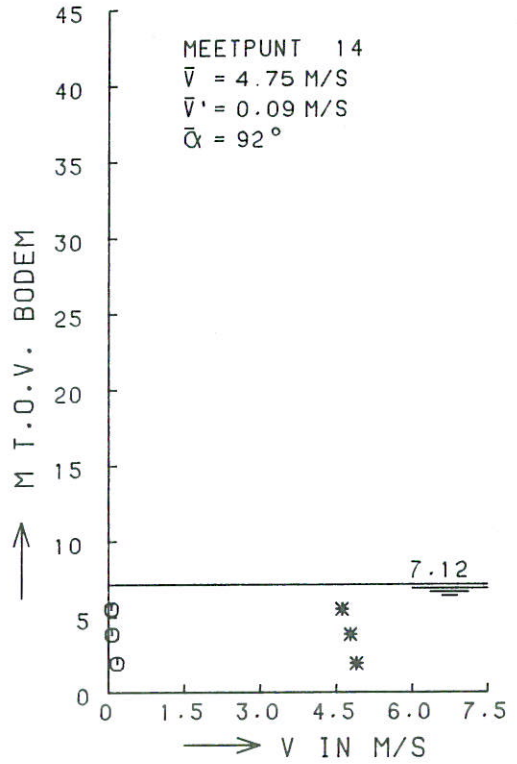
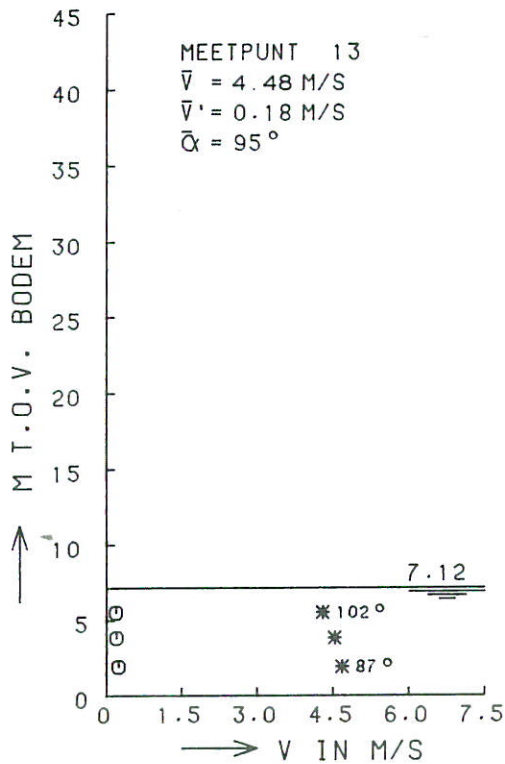
T2A

27 DORPELS

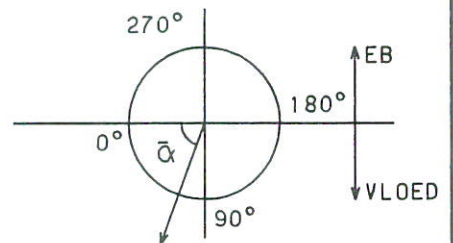
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 7



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



12028T2A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1,0*1/J

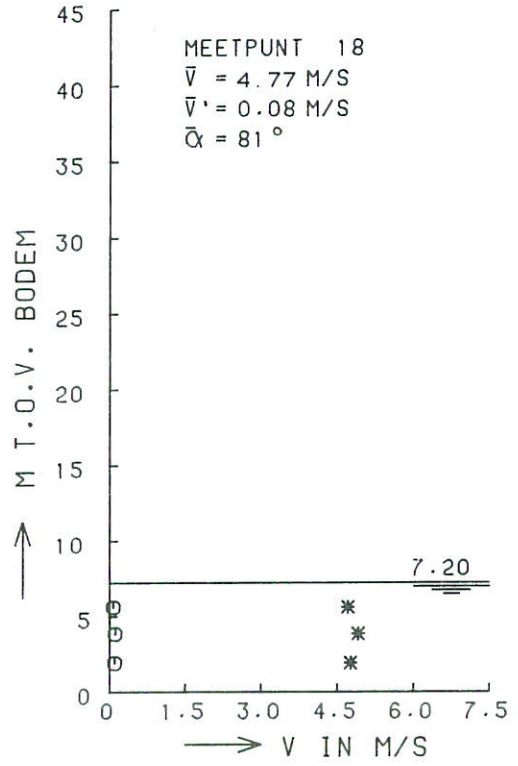
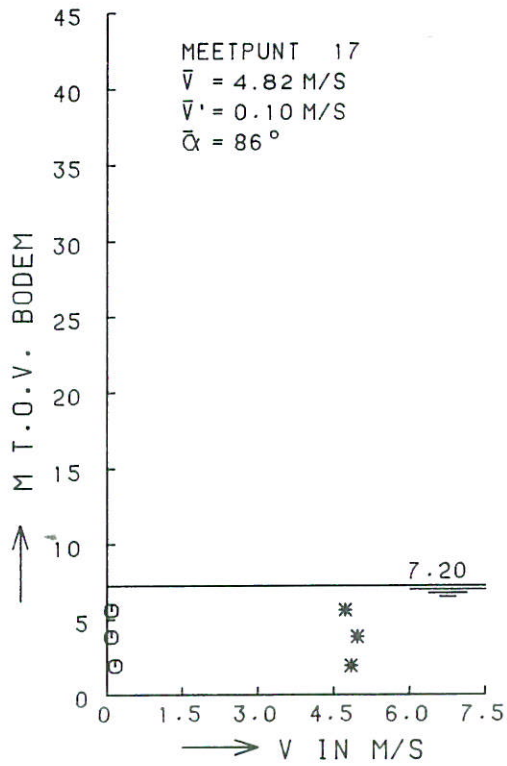
T2A

27 DORPELS

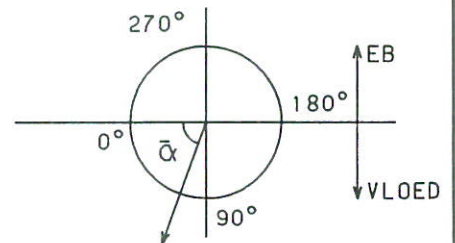
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 8



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



12028T2A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1,0*1/J

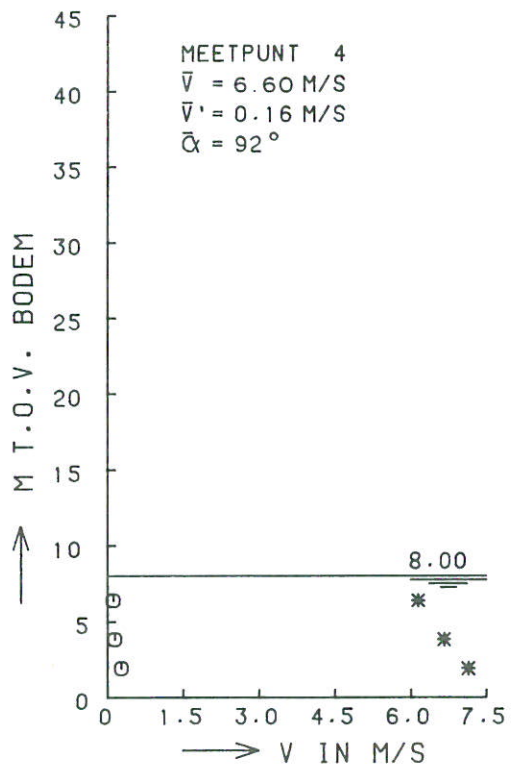
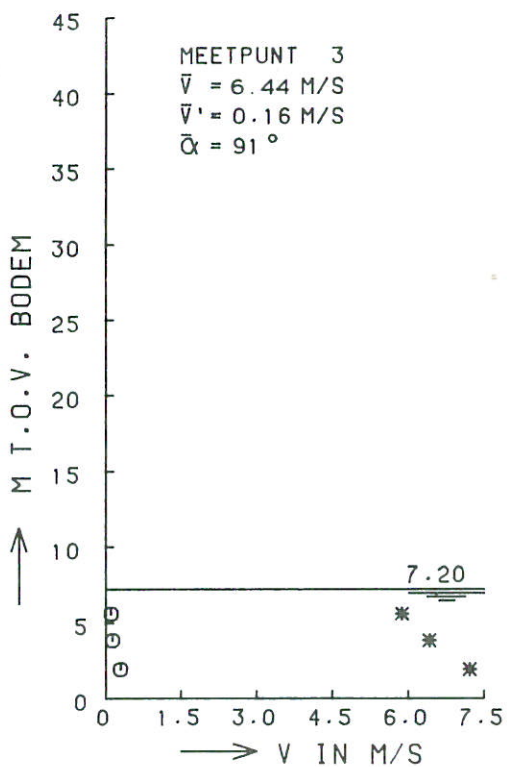
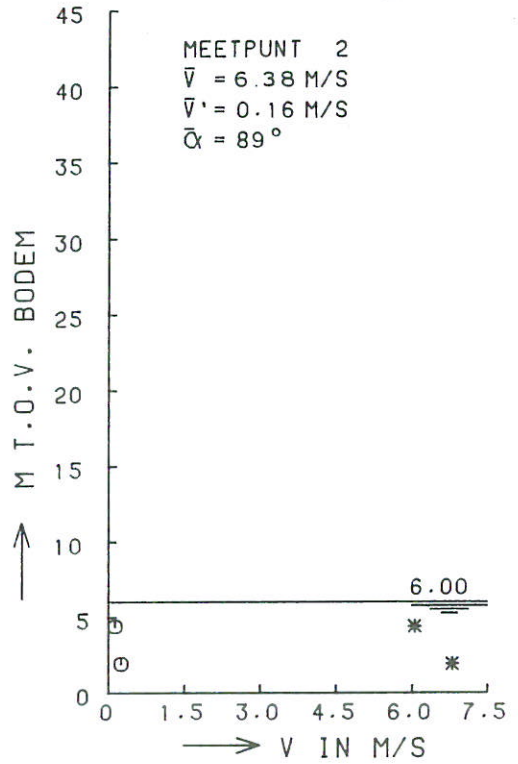
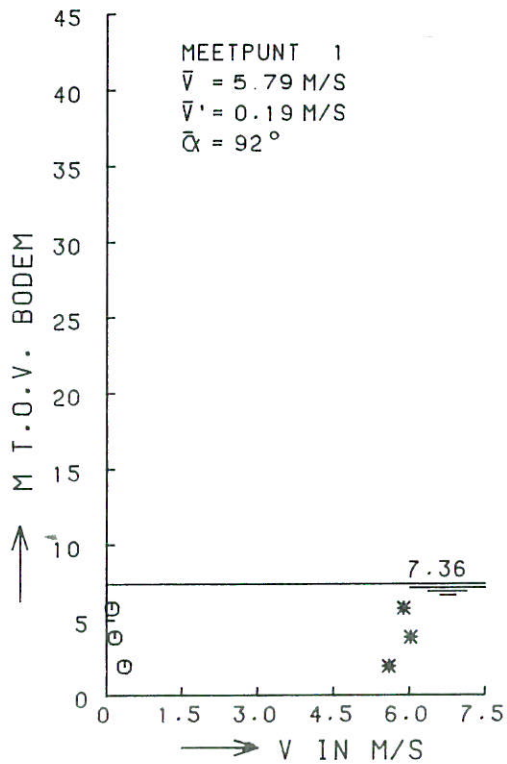
T2A

27 DORPELS

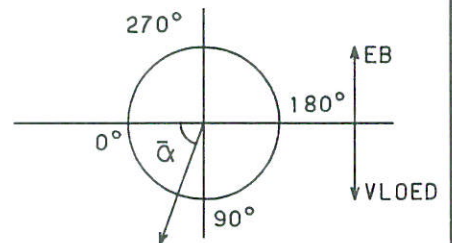
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 9



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T2B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

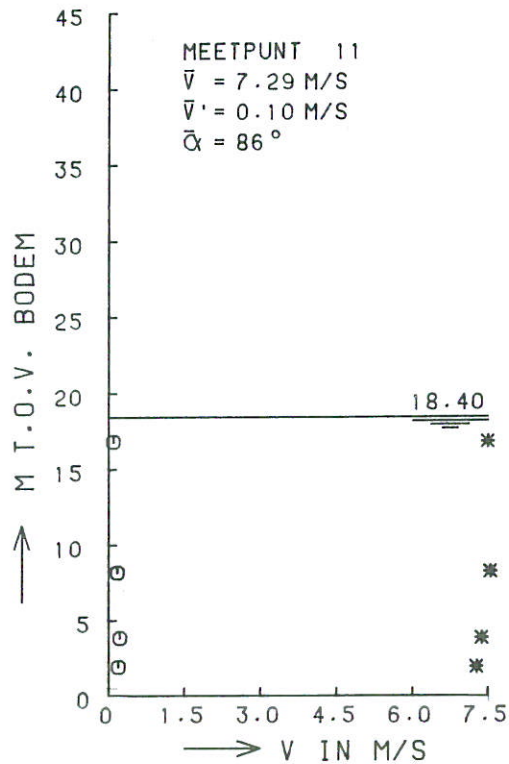
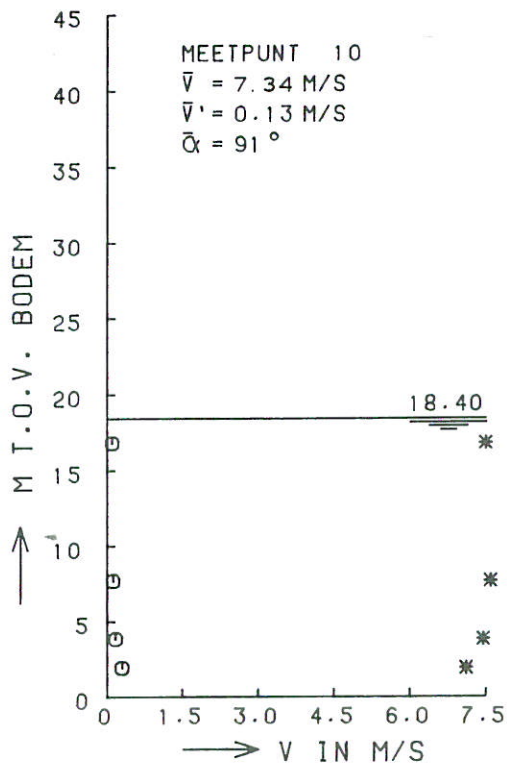
1,2*1/J | T2B

27 DORPELS

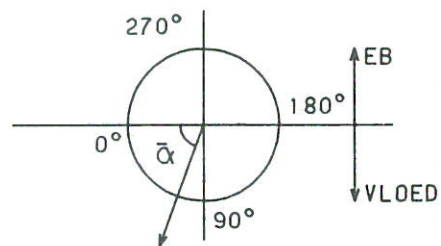
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 10



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T2B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1.2*1/J

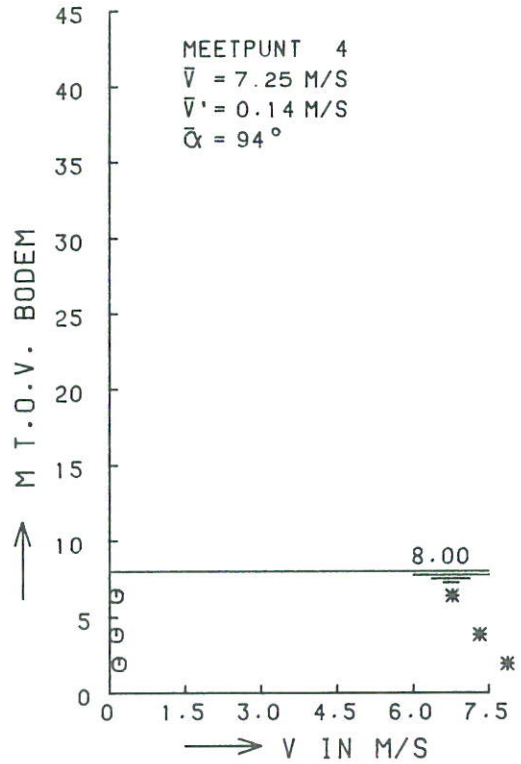
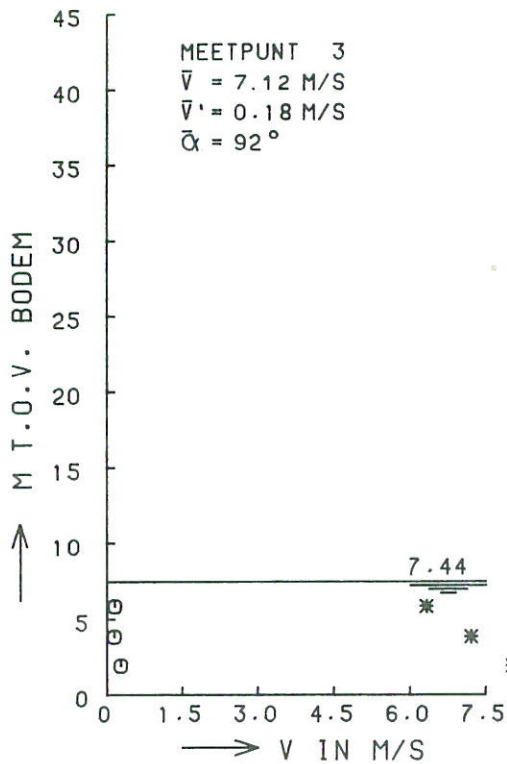
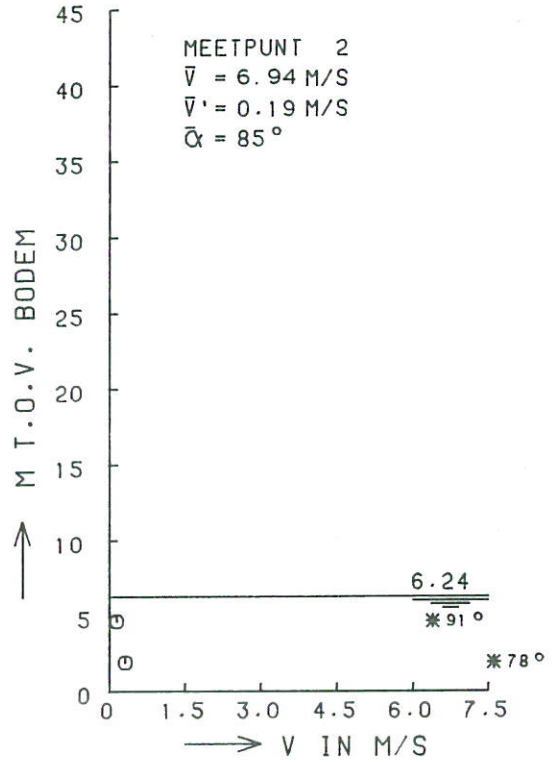
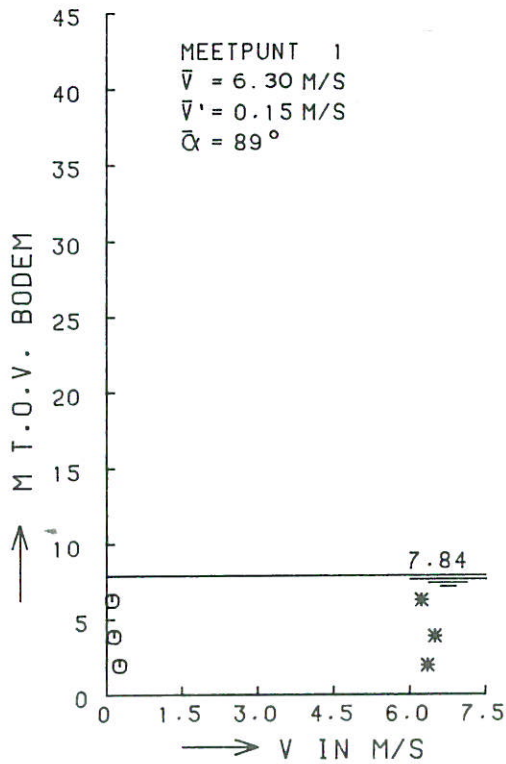
T2B

27 DORPELS

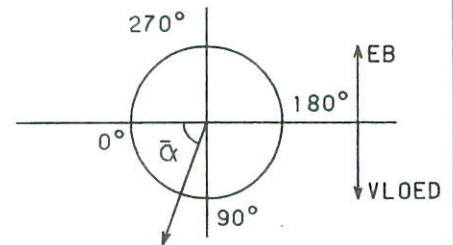
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 11



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



12028T2C

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1,4•1/J

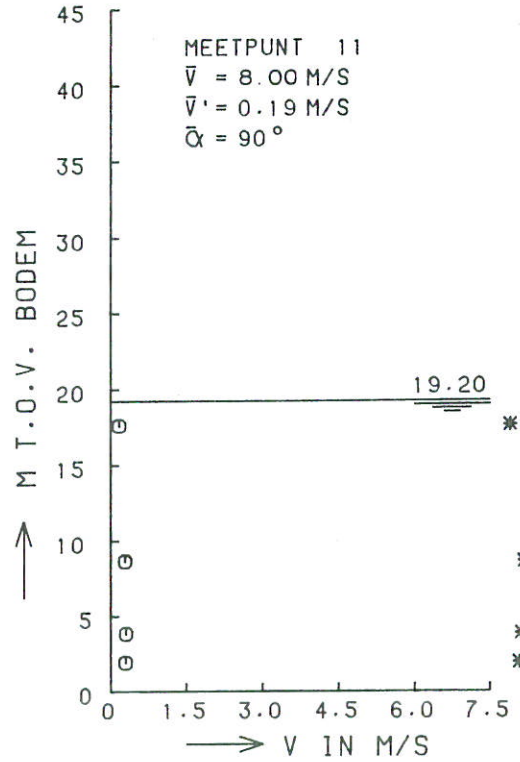
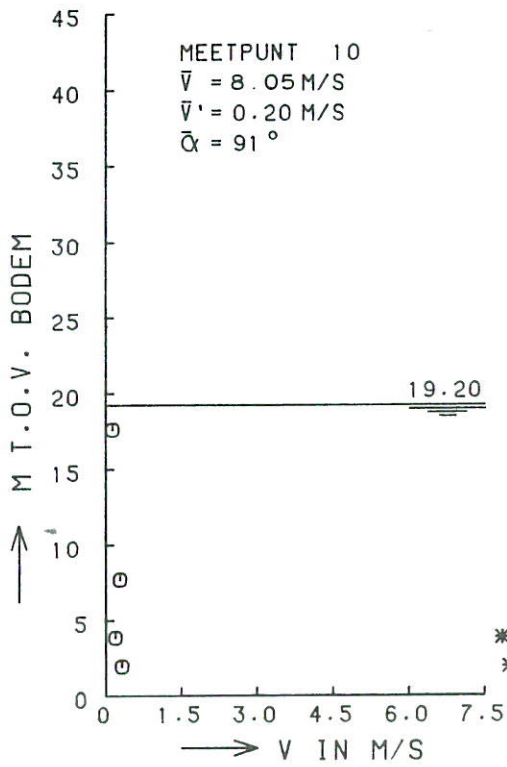
T2C

27 DORPELS

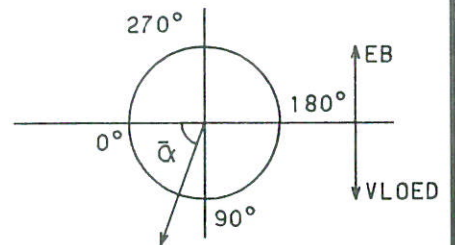
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 12



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T2C

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1,4 • 1/J

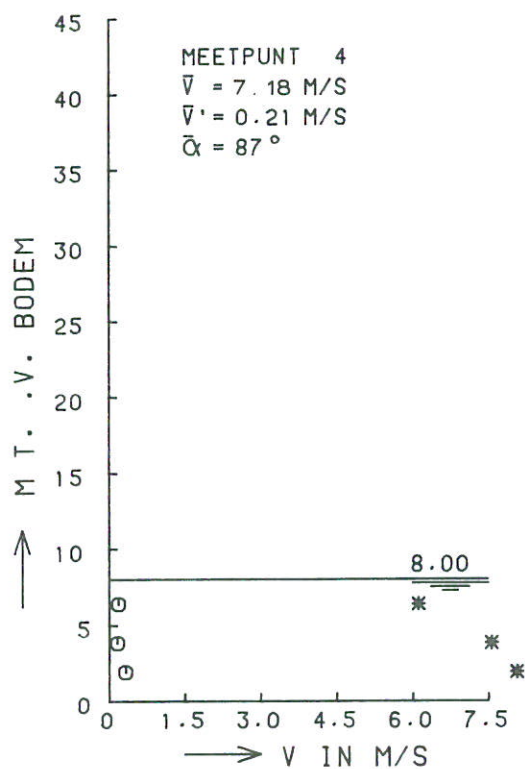
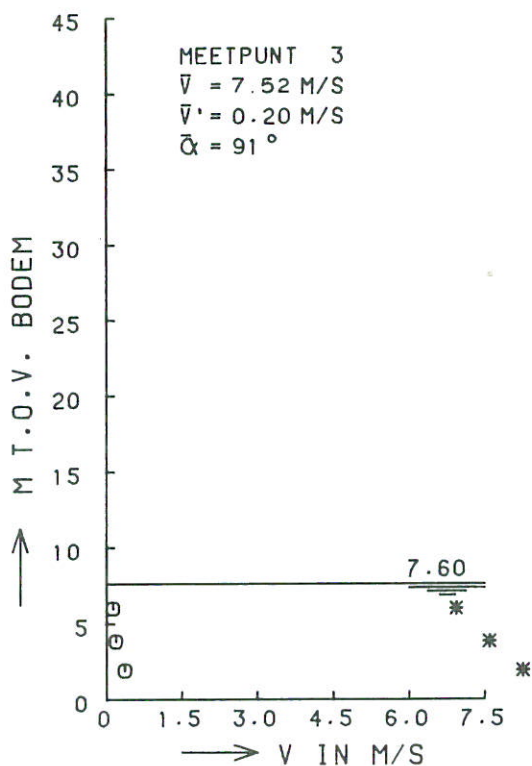
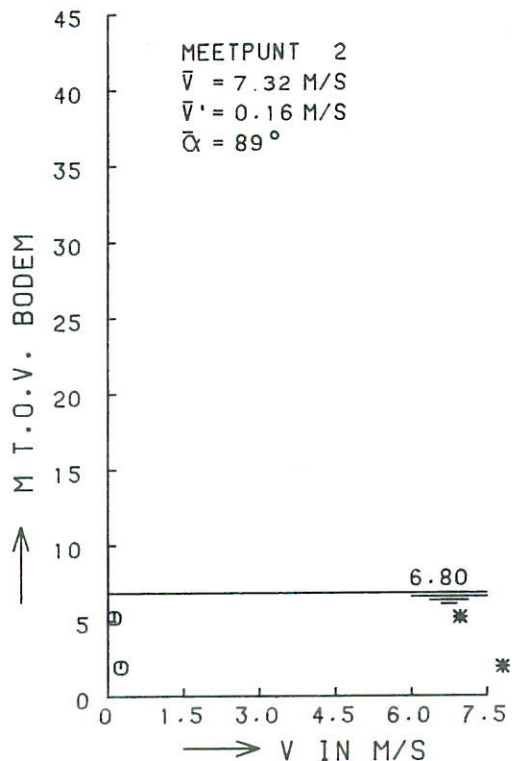
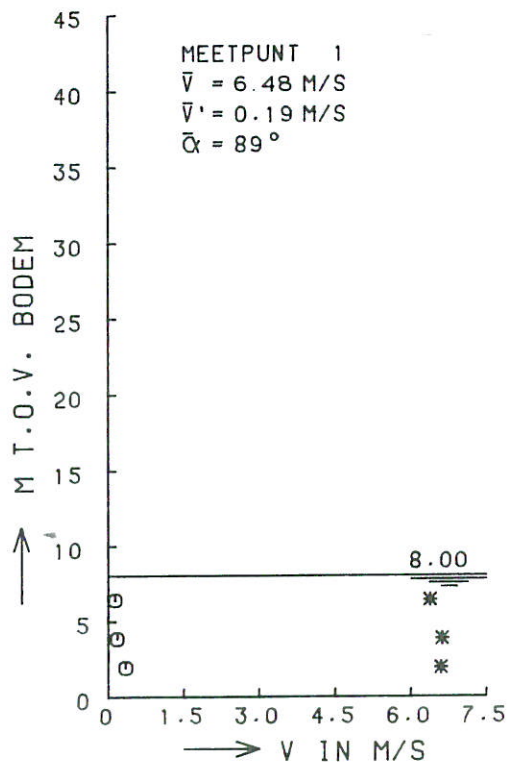
T2C

27 DORPELS

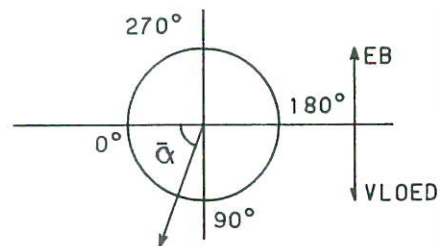
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 13



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



12028T2D

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1.5*1/J

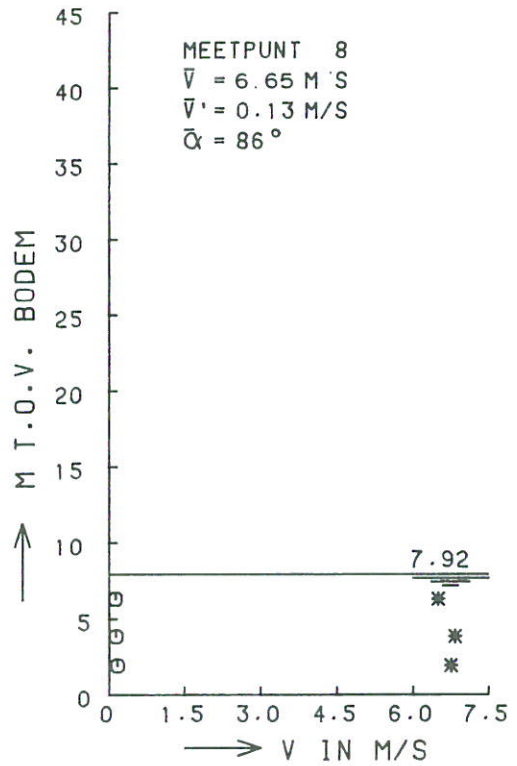
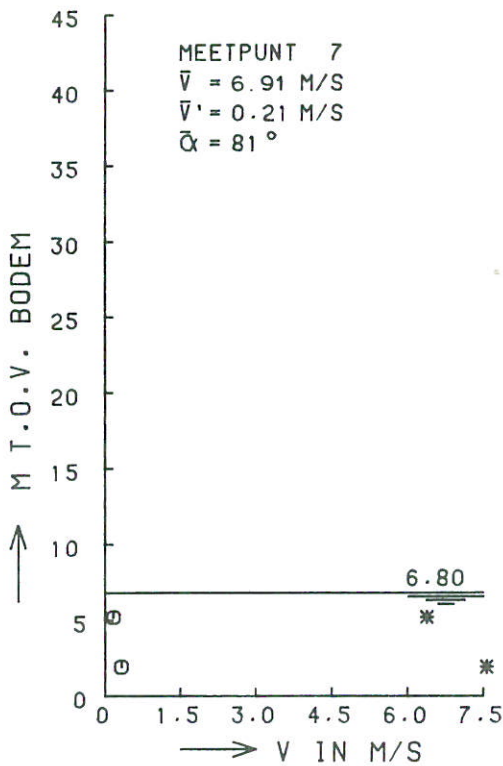
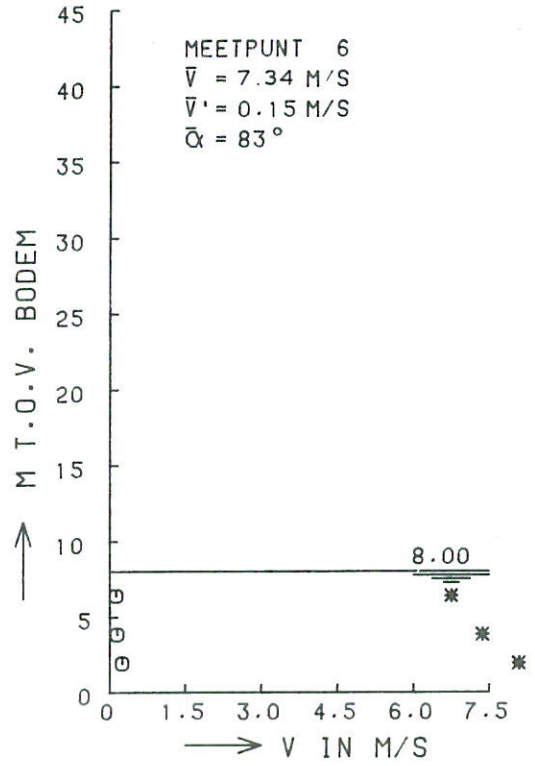
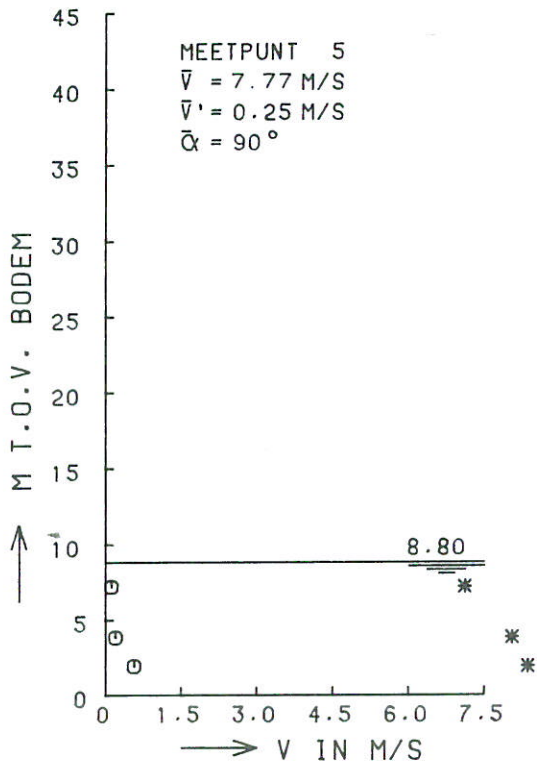
T2D

27 DORPELS

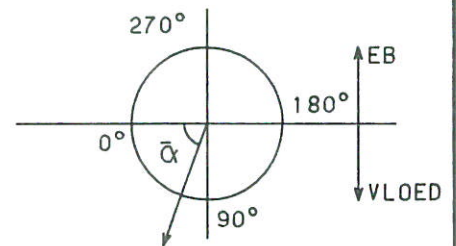
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 14



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



12028T2D

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1.5*1/J

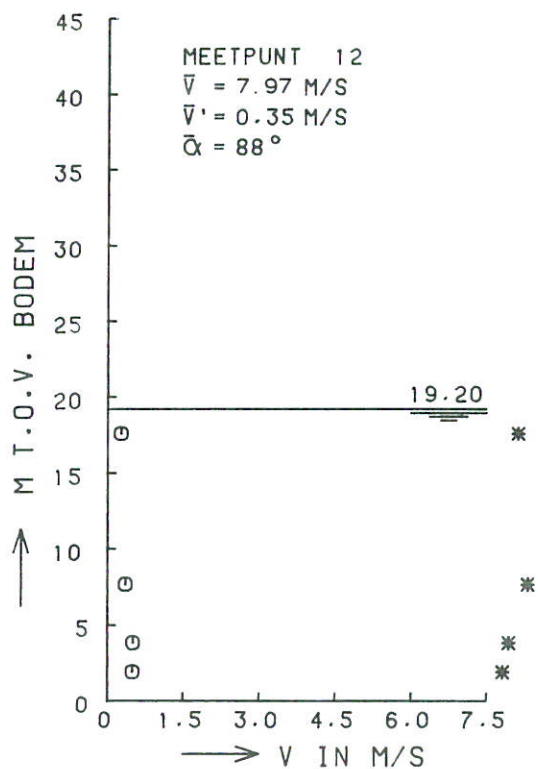
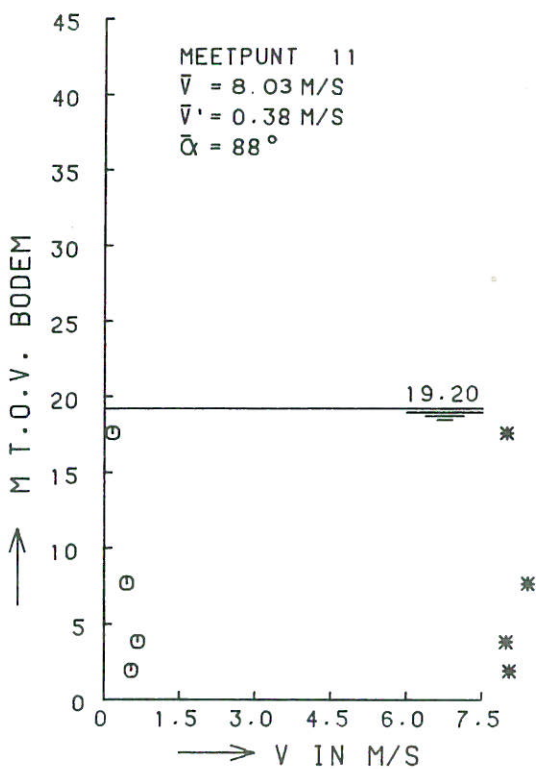
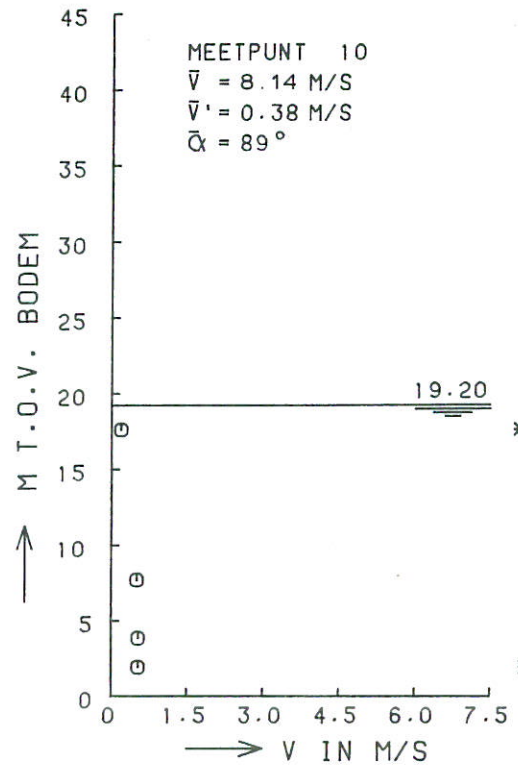
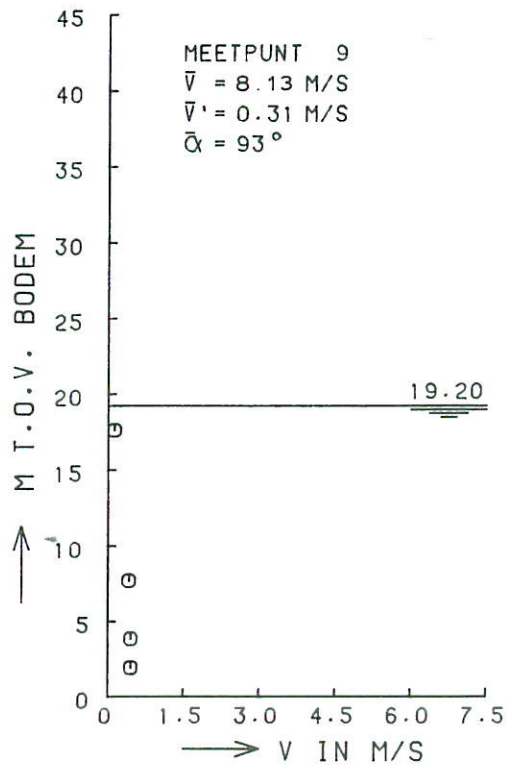
T2D

27 DORPELS

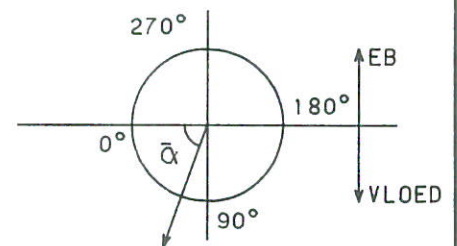
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 15



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



12028T2D

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1.5*1/J

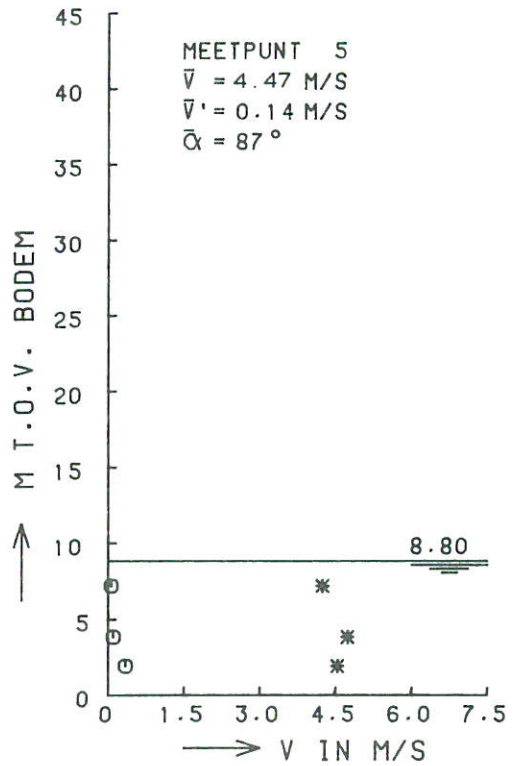
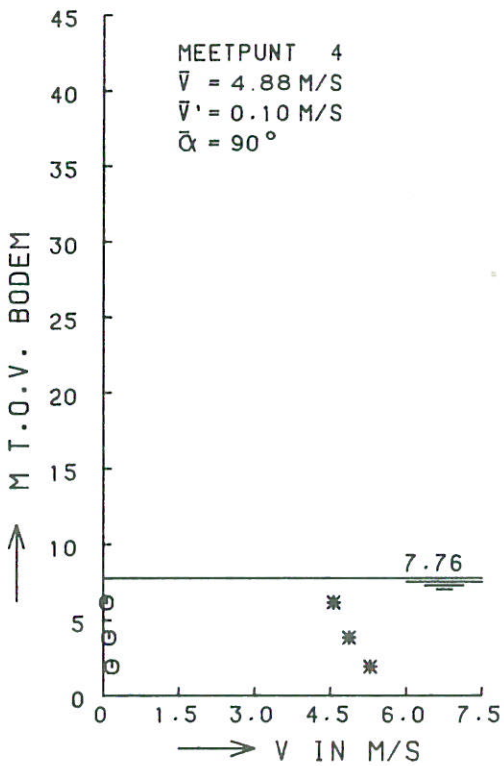
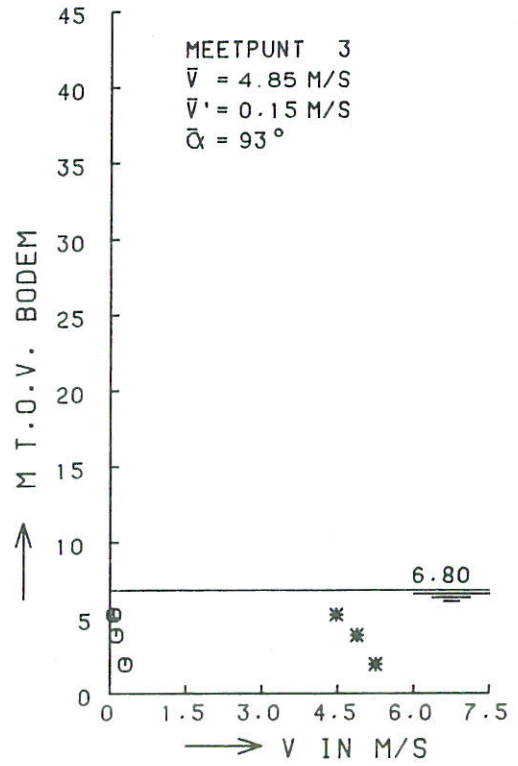
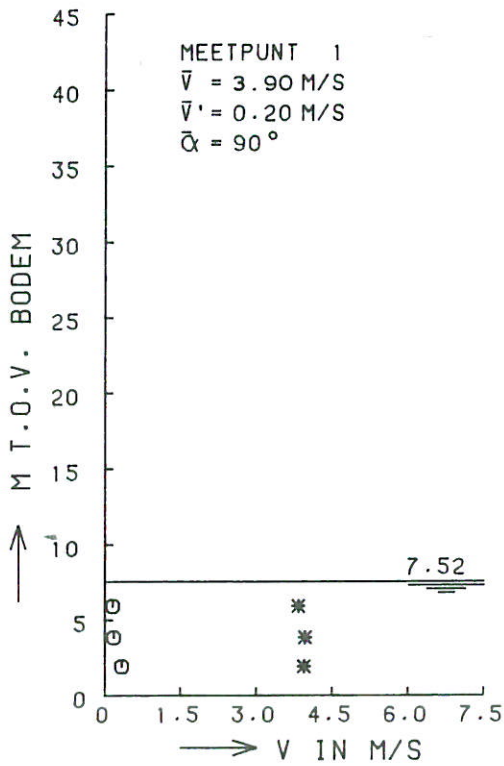
T2D

27 DORPELS

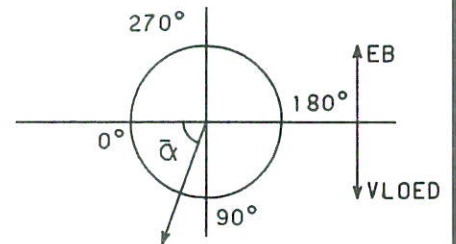
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 16



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



12028T3A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

GG

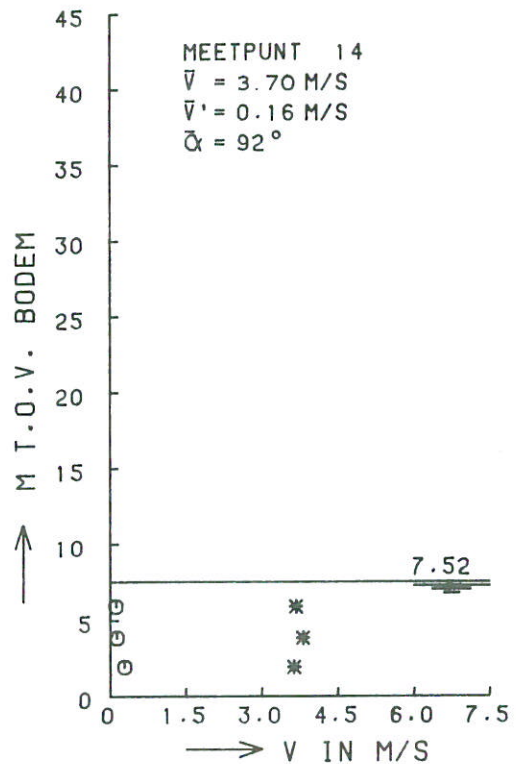
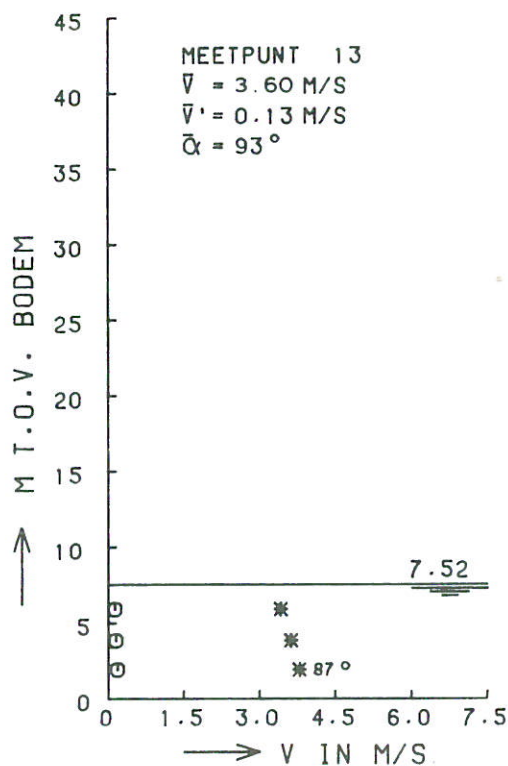
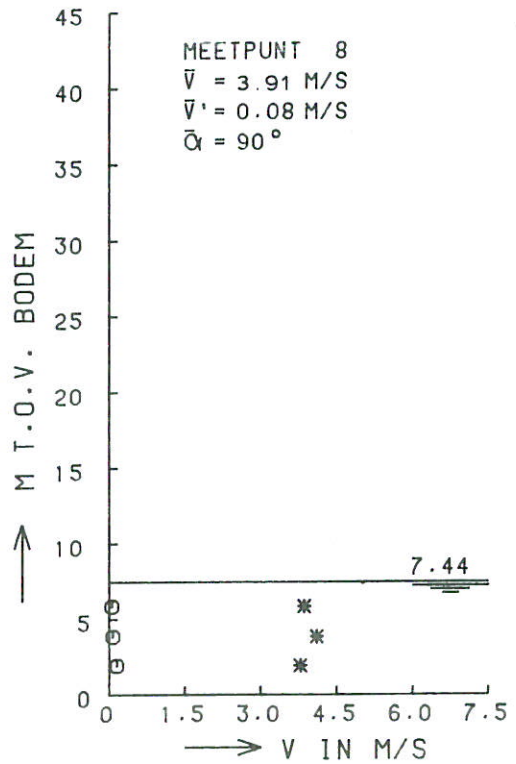
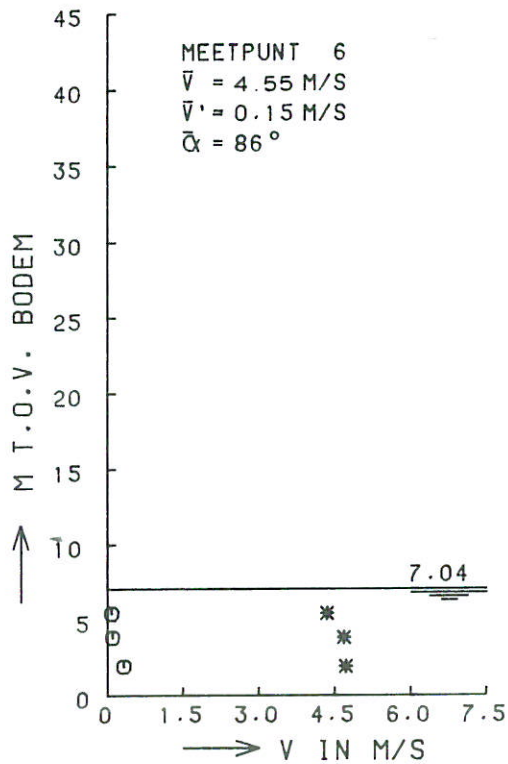
T3A

NAASTE SCHUIF DICHT

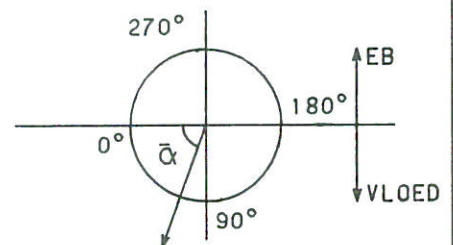
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 17



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



12028T3A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

GG

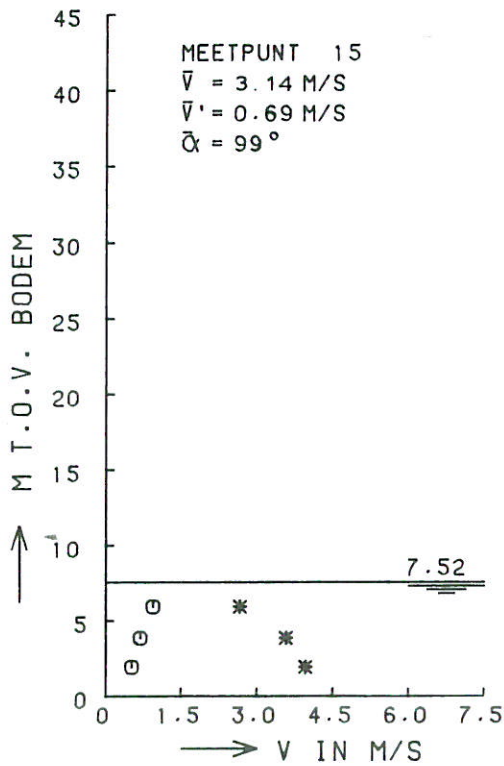
T3A

NAASTE SCHUIF DICHT

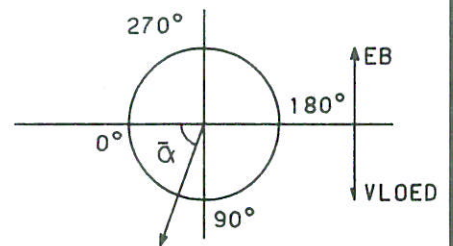
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 18

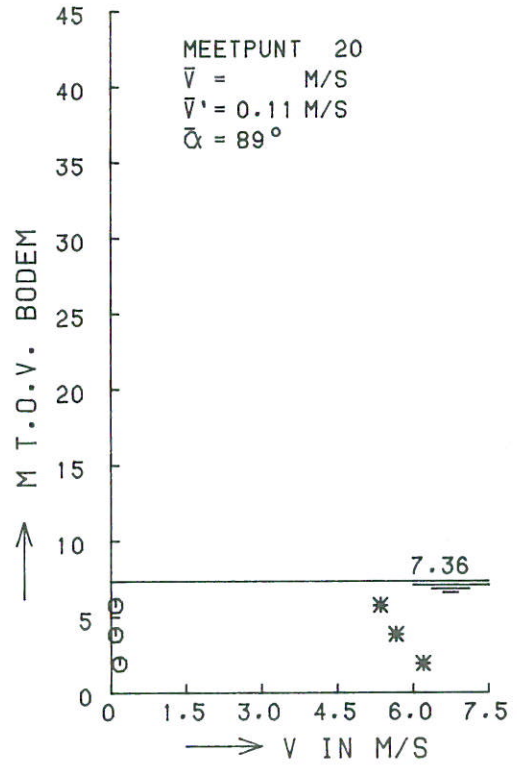
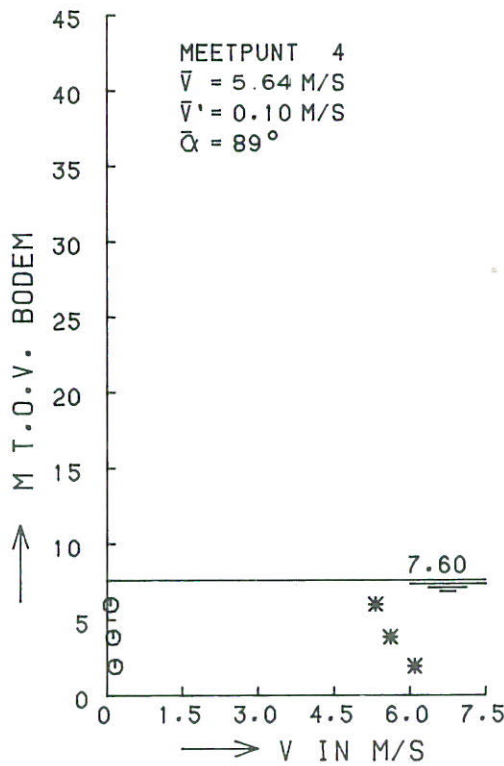
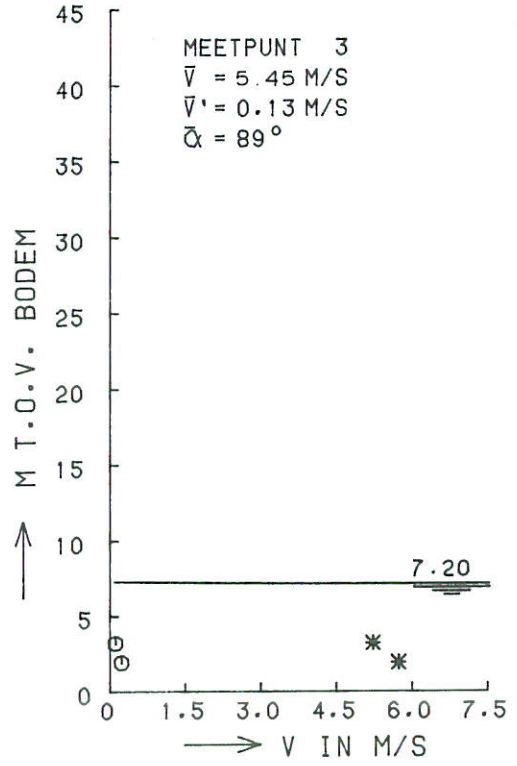
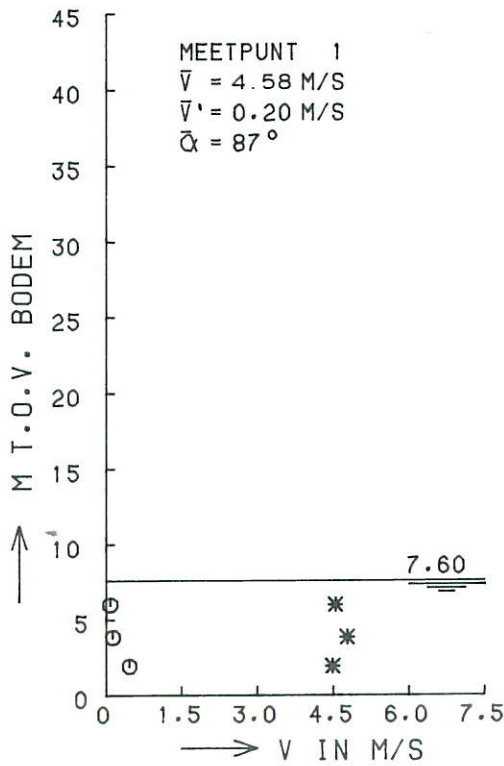


* STROOMSNELHEID
 ⊙ TURBULENTIE-INTENSITEIT

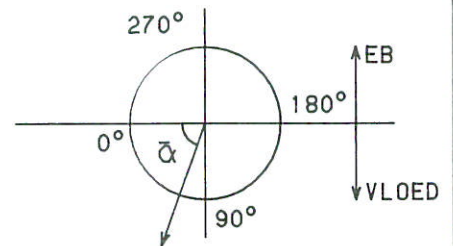


12028T3A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN NIVEAU NAP -6M	GG	T3A
	NAASTE SCHUIF DICHT	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M2028	FIG. 19



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T3B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1/MND

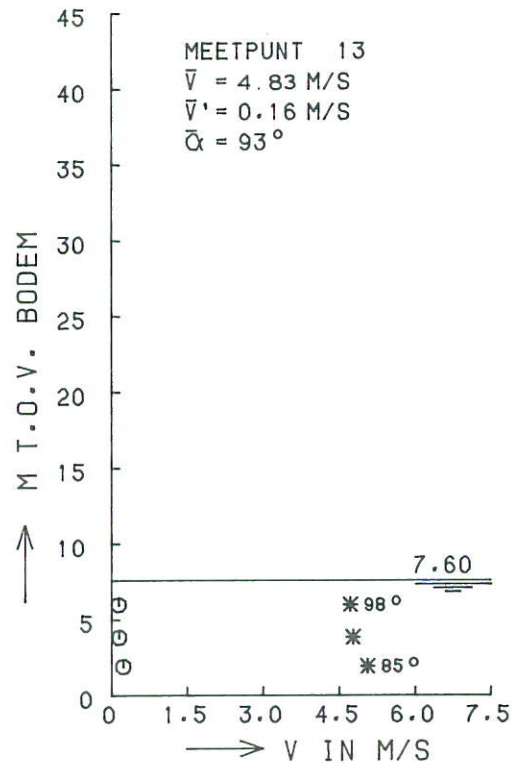
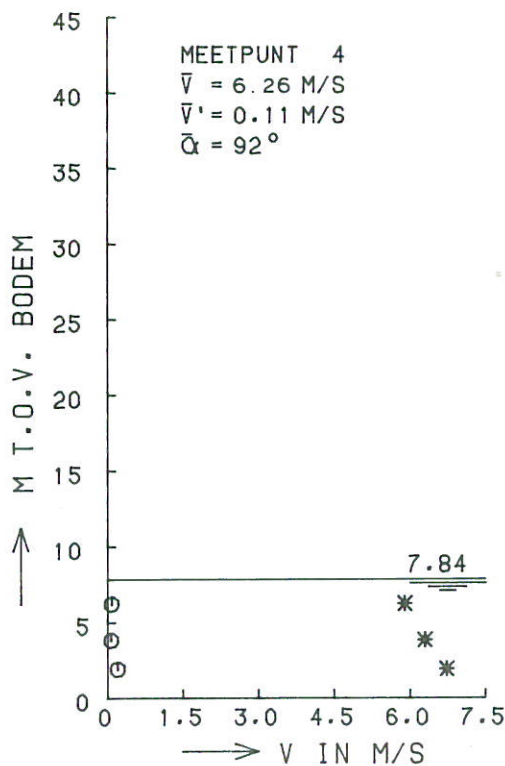
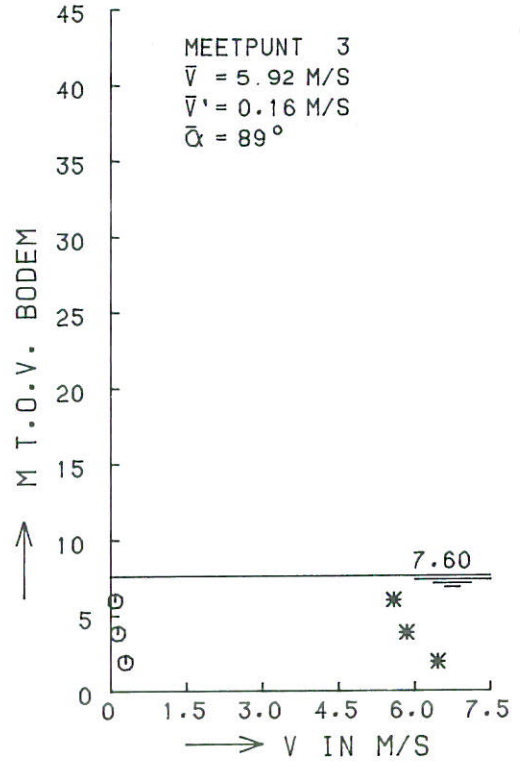
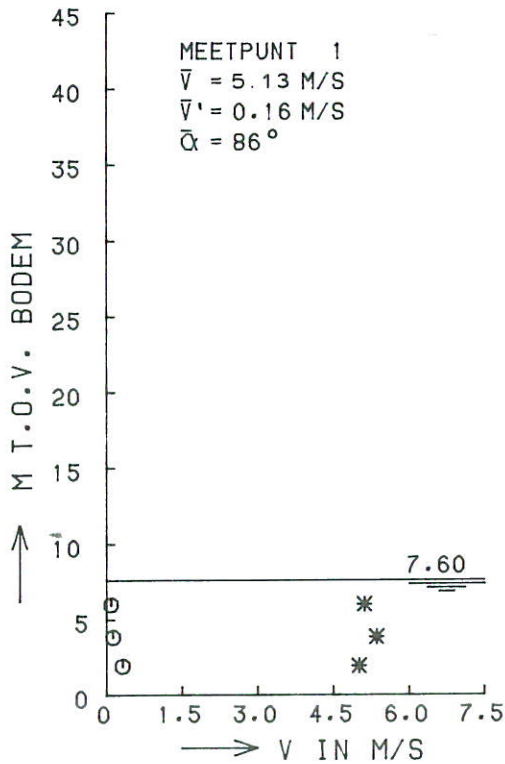
T3B

NAASTE SCHUIF DICHT

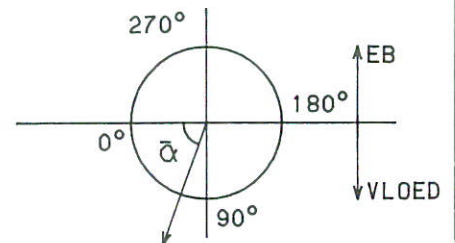
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 20



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T3C

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1/JR

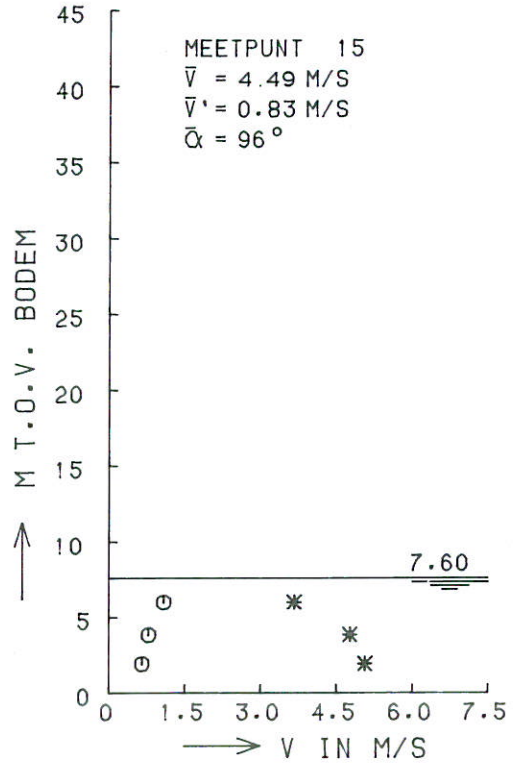
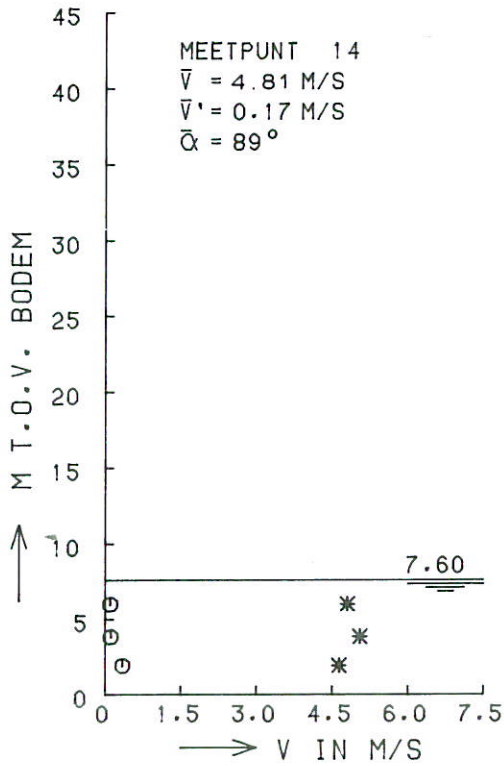
T3C

NAASTE SCHUIF DICHT

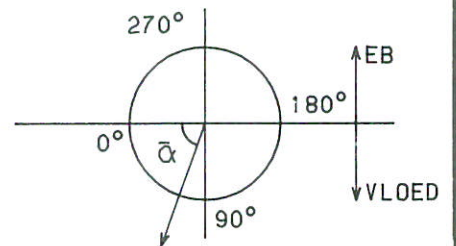
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 21



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T3C

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1/JR

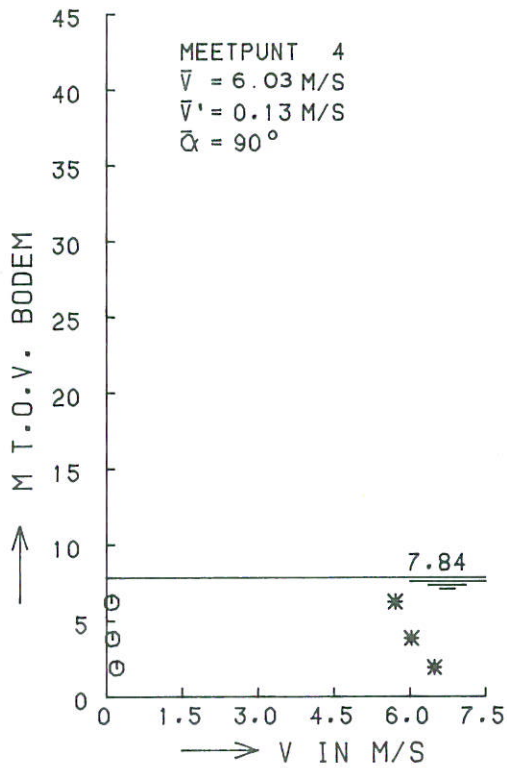
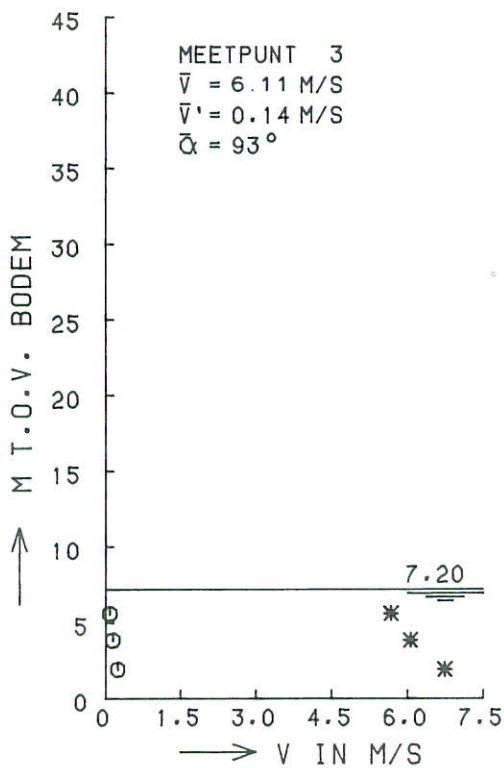
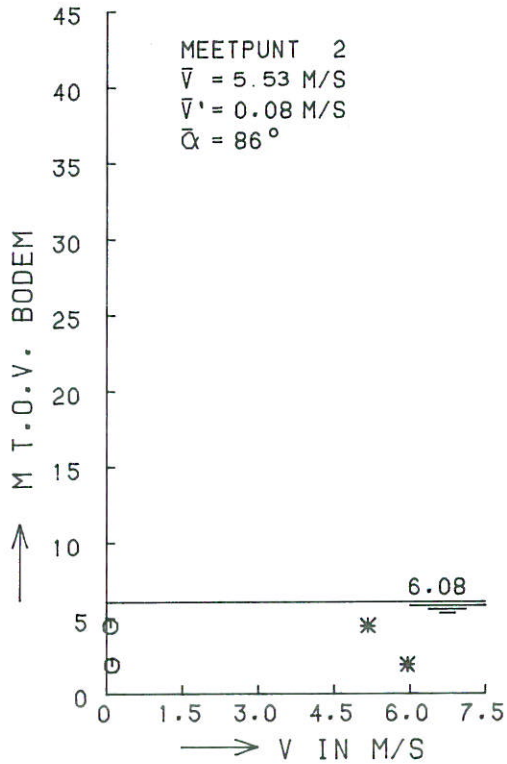
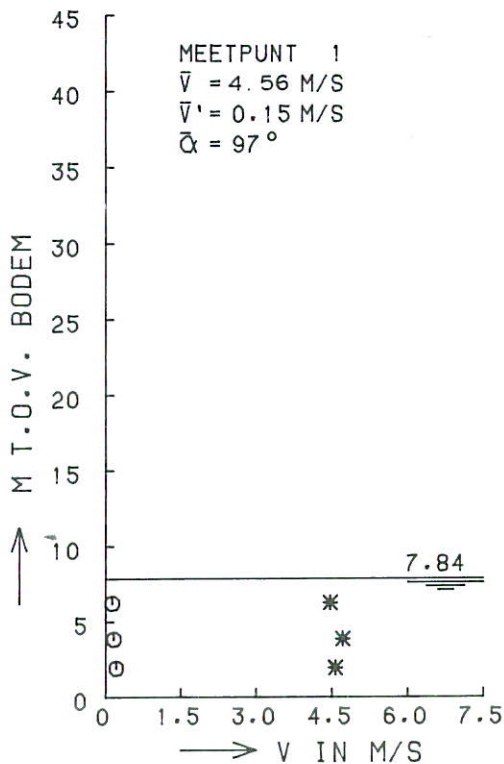
T3C

NAASTE SCHUIF DICHT

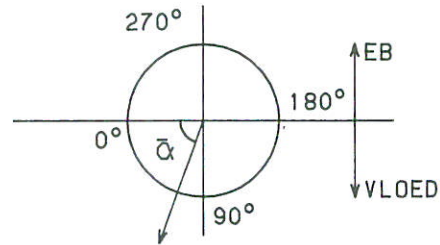
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 22

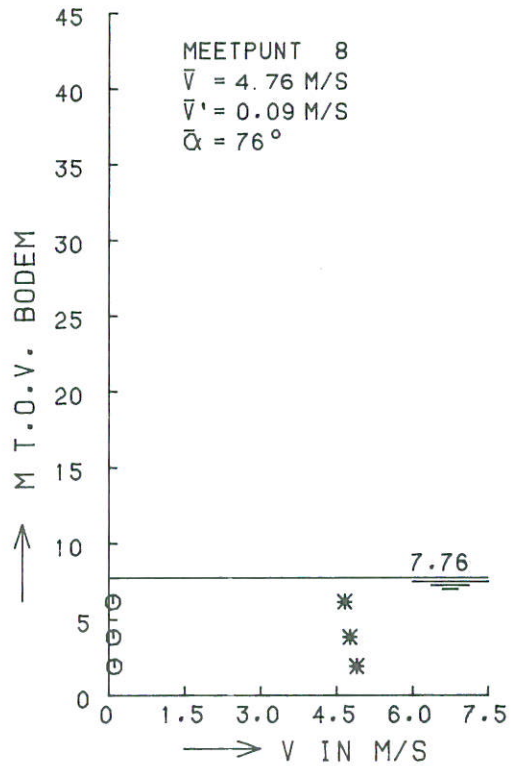
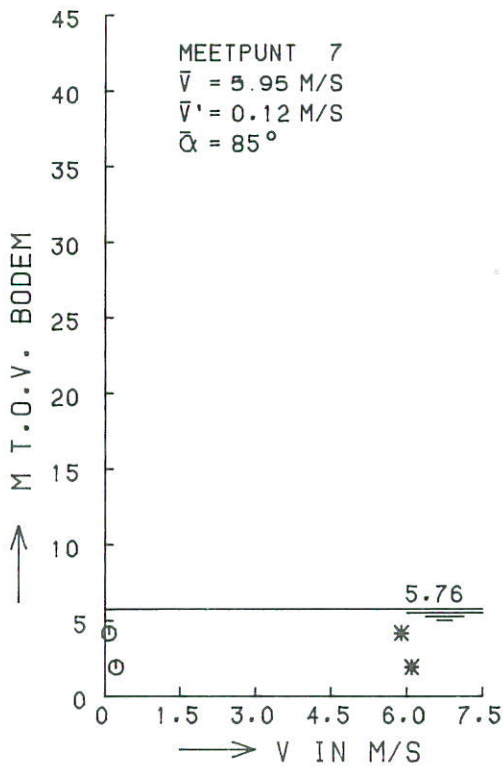
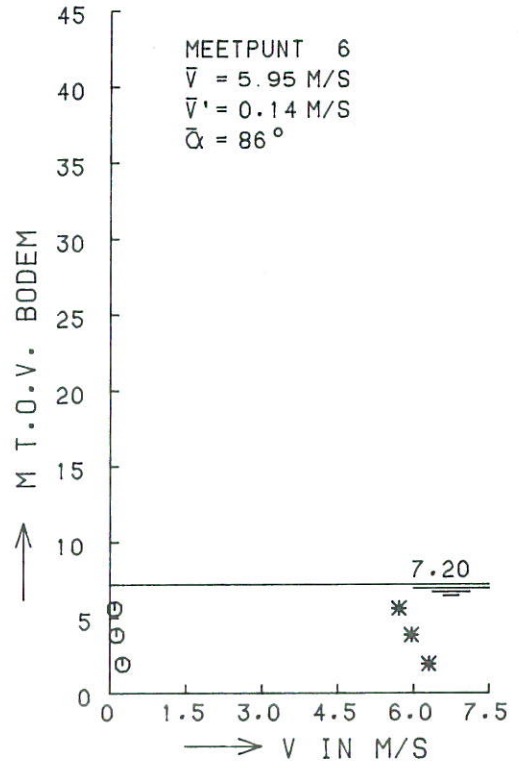
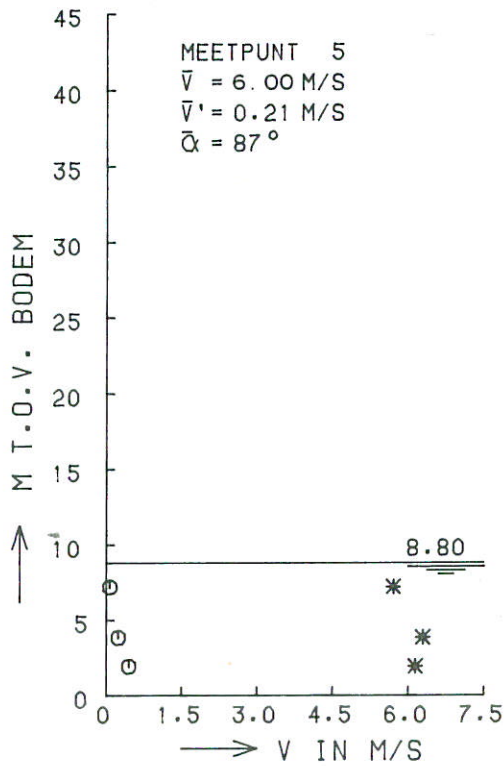


* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT

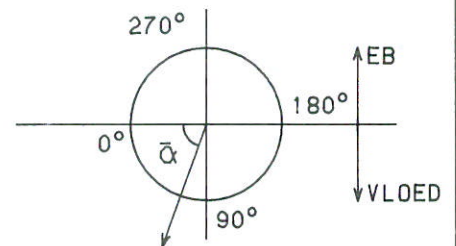


M2028T4A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN HALVE UITBOUW	1.0*1/J	T4A
	ALLE DORPELS	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M2028	FIG. 23



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T4A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 HALVE UITBOUW

1.0*1/J

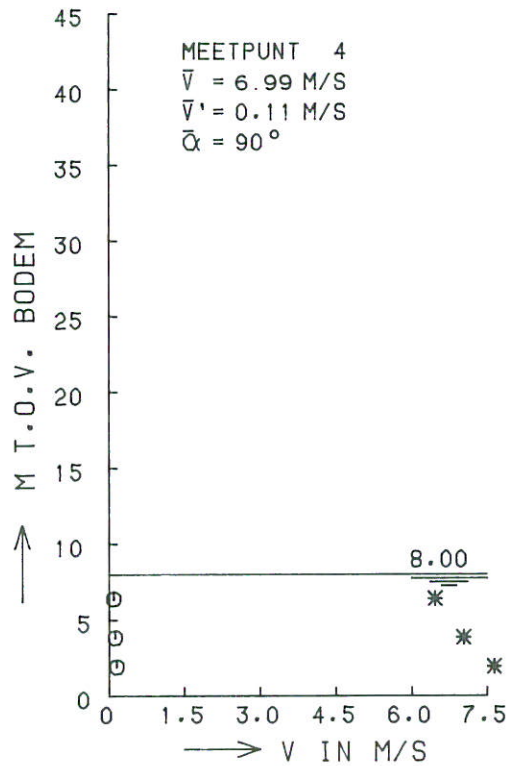
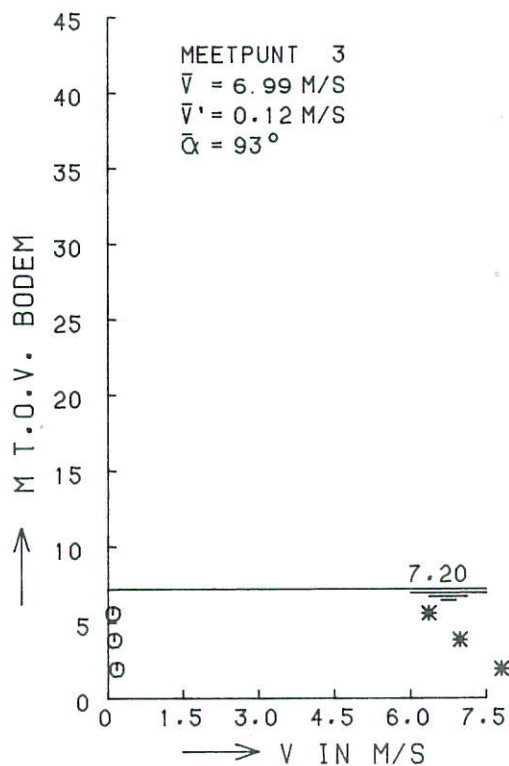
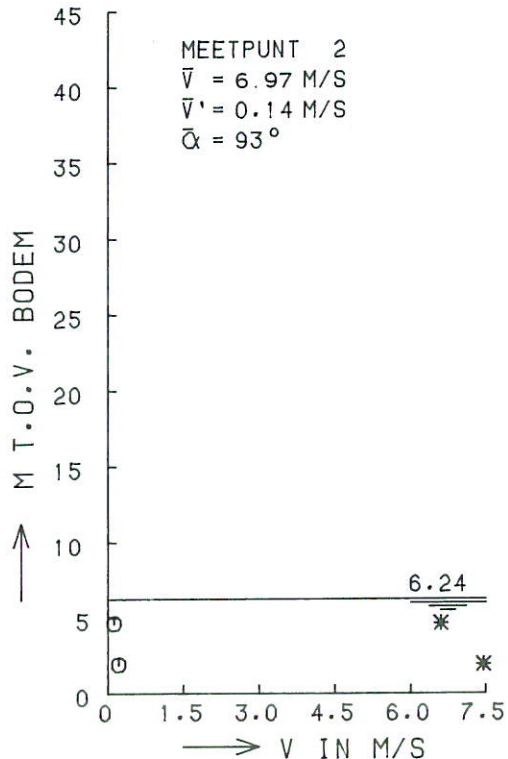
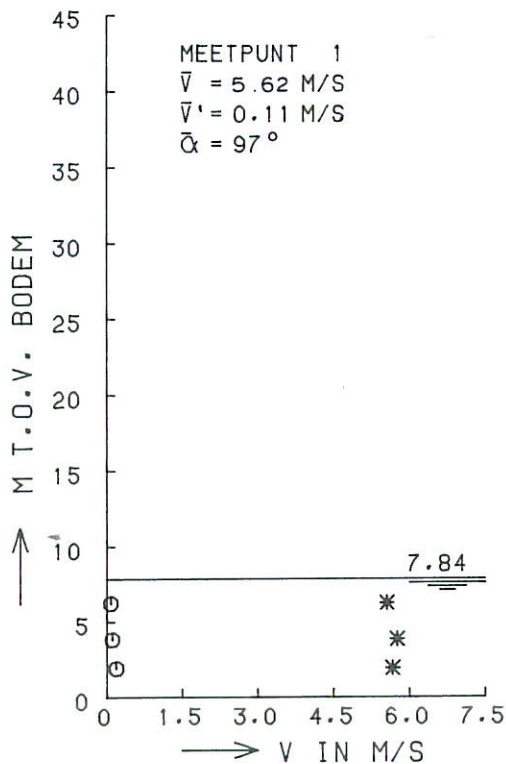
T4A

ALLE DORPELS

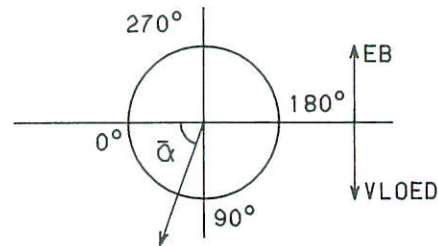
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 24



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T4B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 HALVE UITBOUW

1.2*1/J

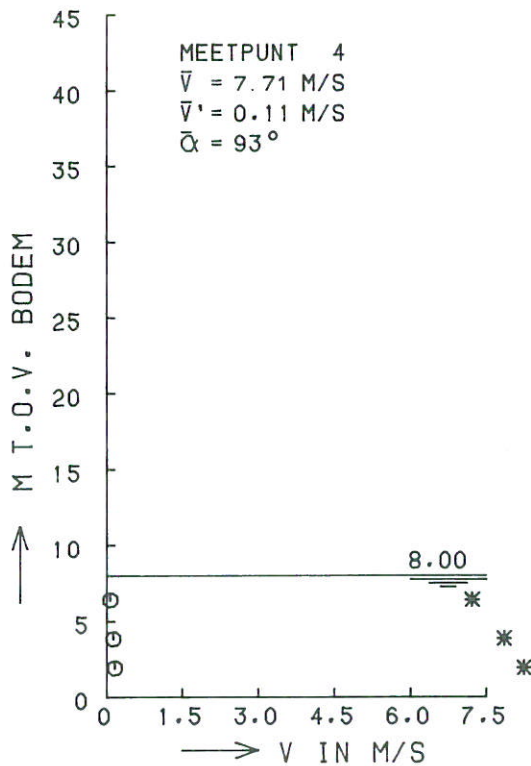
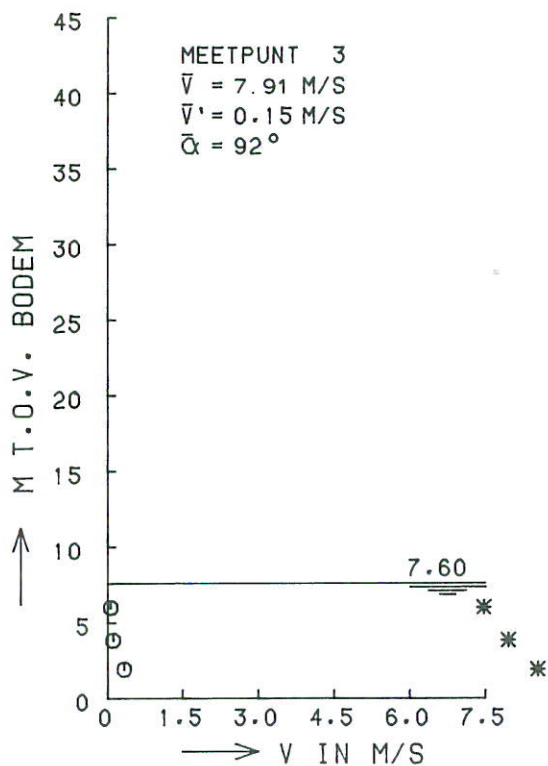
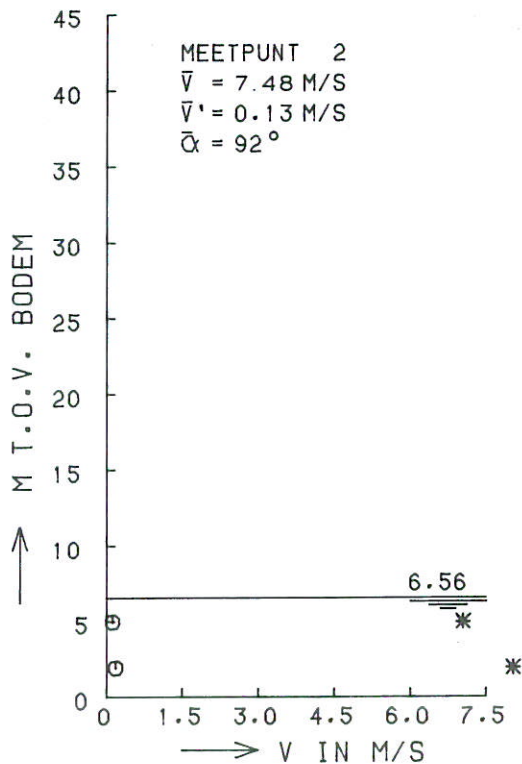
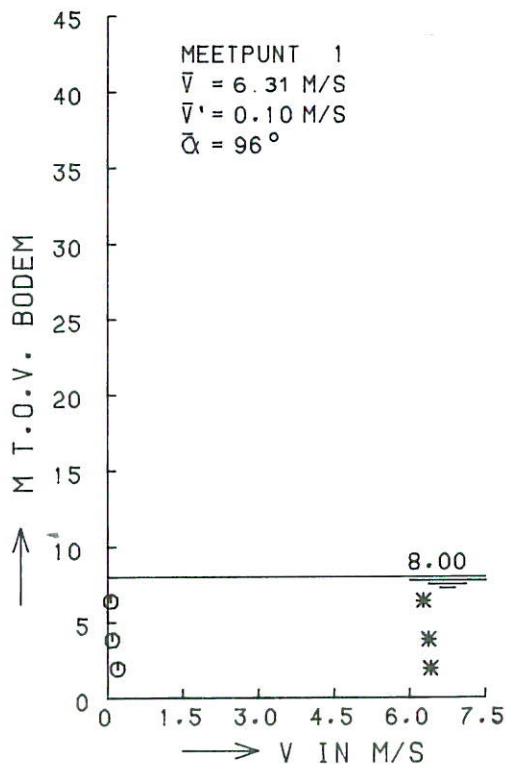
T4B

ALLE DORPELS

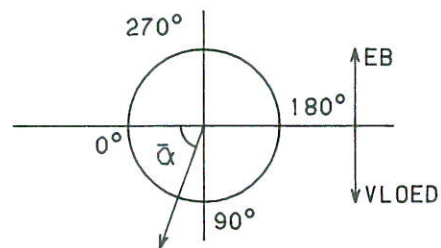
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 25



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T4C

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 HALVE UITBOUW

1.4*1/J

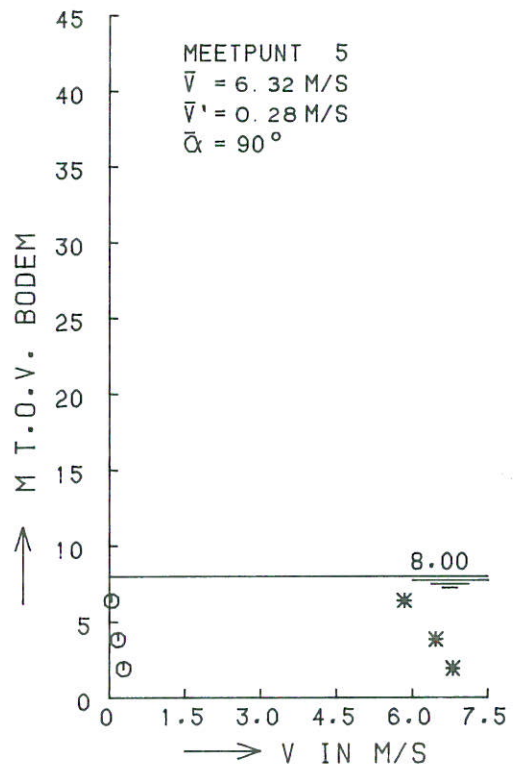
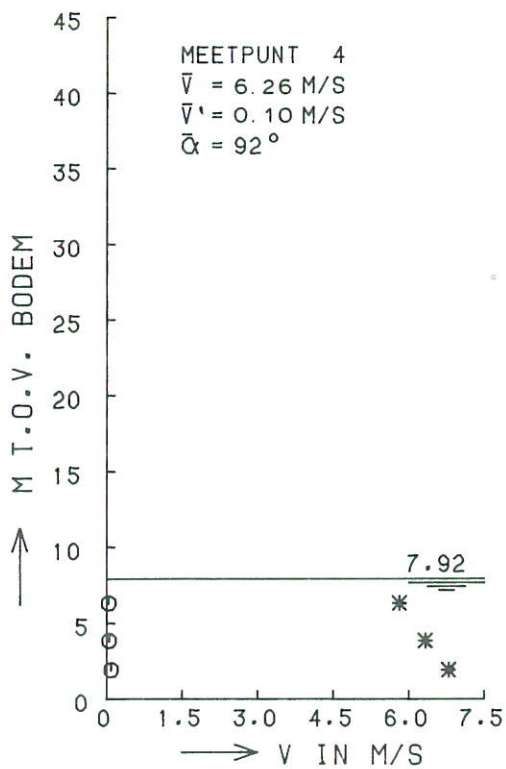
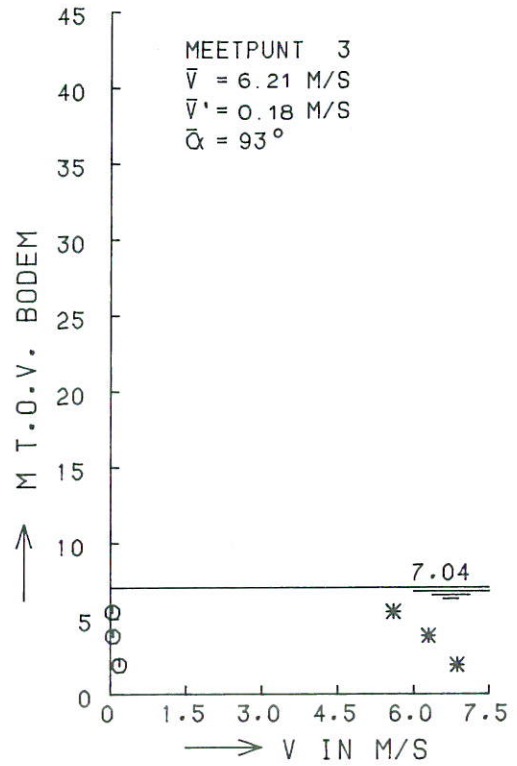
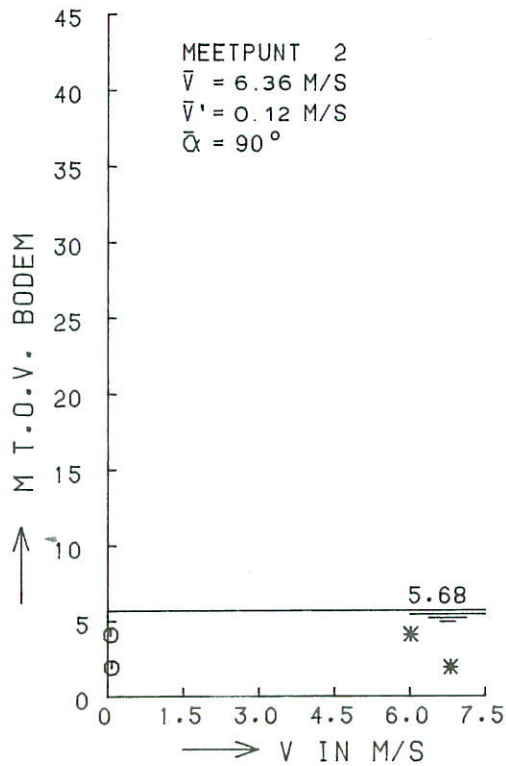
T4C

ALLE DORPELS

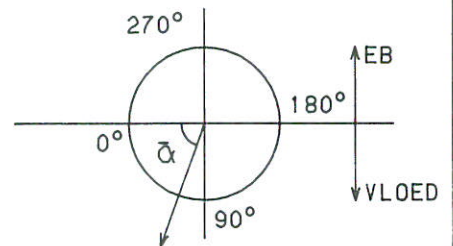
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 26



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T5A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 UITBOUW TOT PIJLER

1.0*1/J

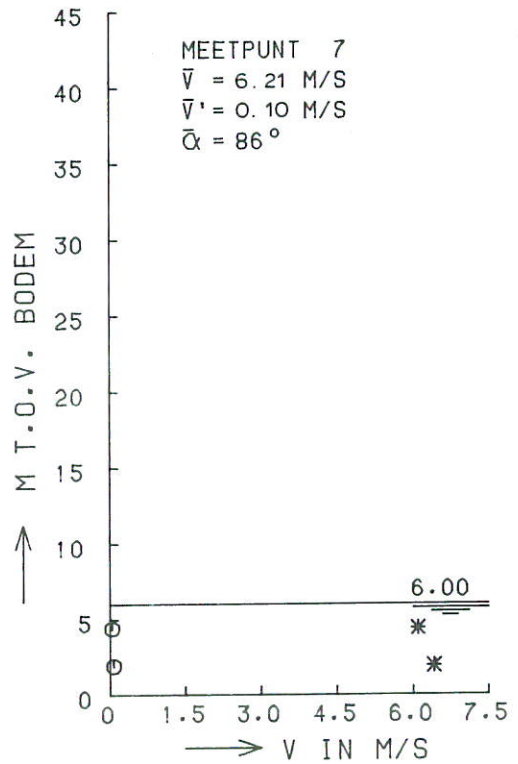
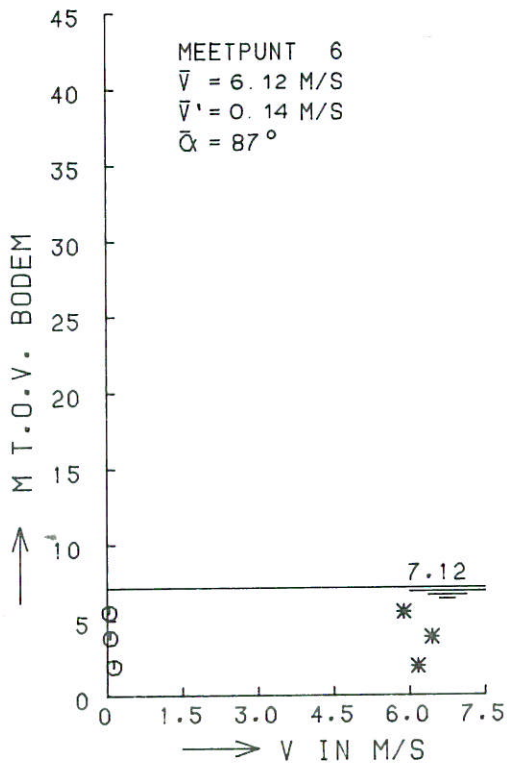
T5A

ALLE DORPELS

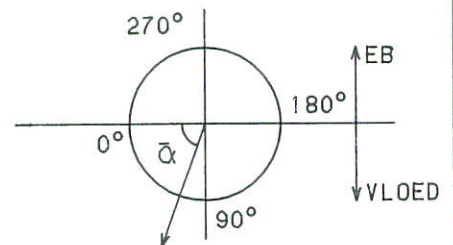
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 27



* STROOMSNELHEID
 O TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T5A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 UITBOUW TOT PIJLER

1.0*1/J

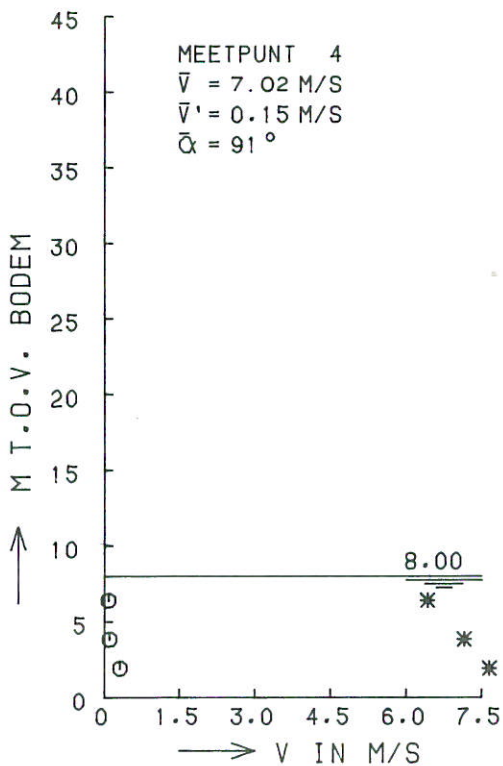
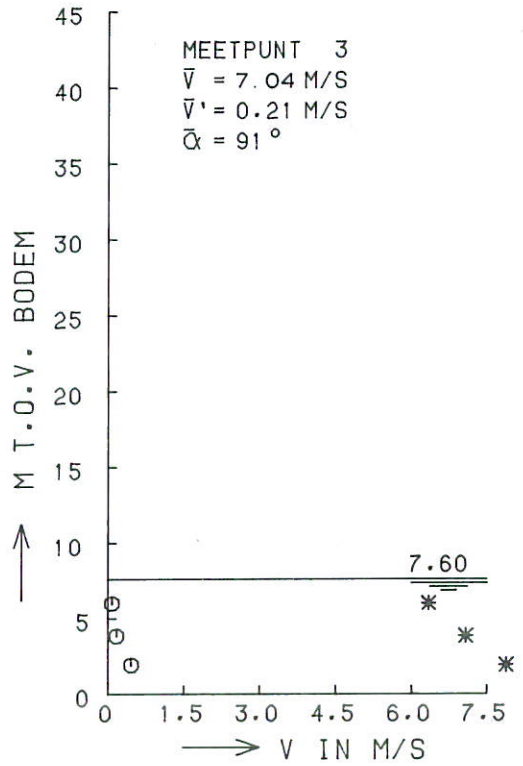
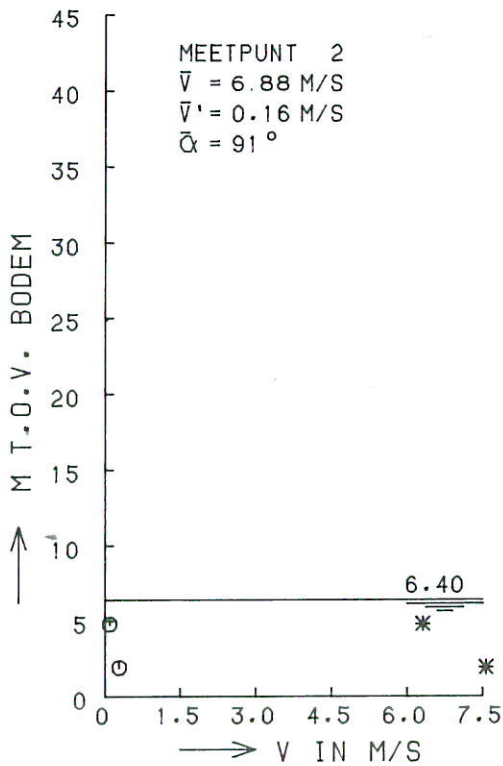
T5A

ALLE DORPELS

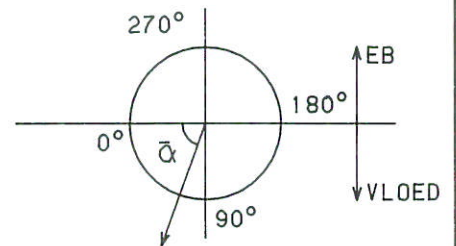
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 28



* STROOMSNELHEID
 ⊙ TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T5B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 UITBOUW TOT PIJLER

1.2*1/J

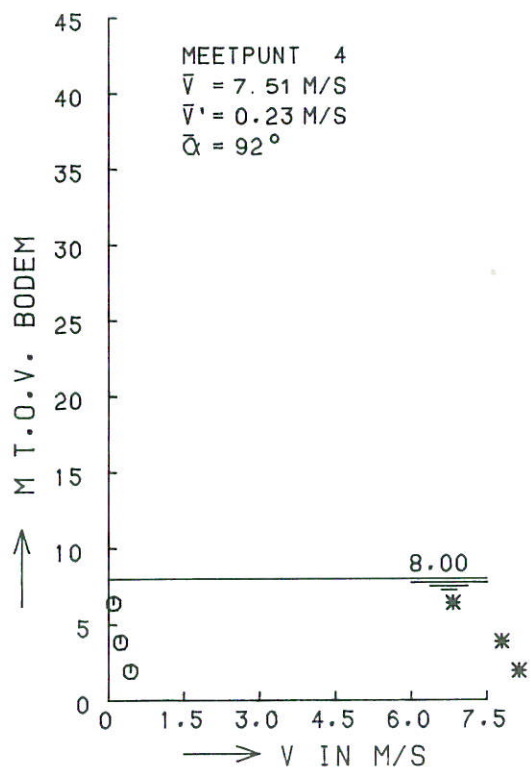
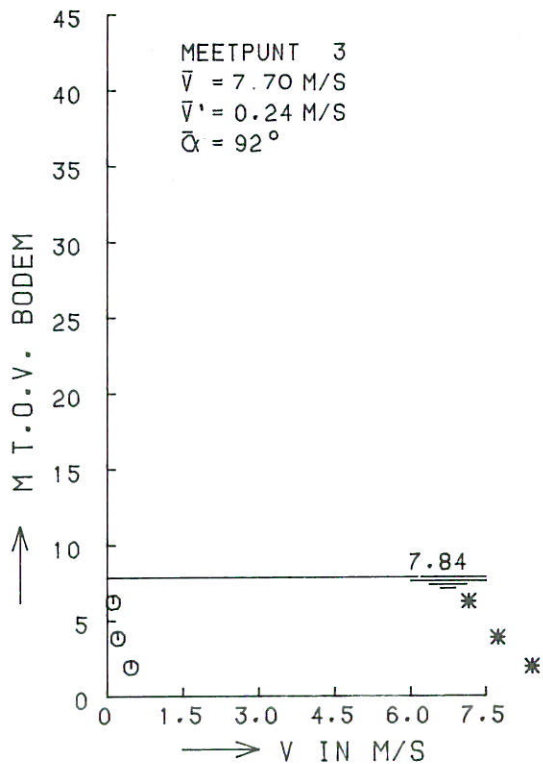
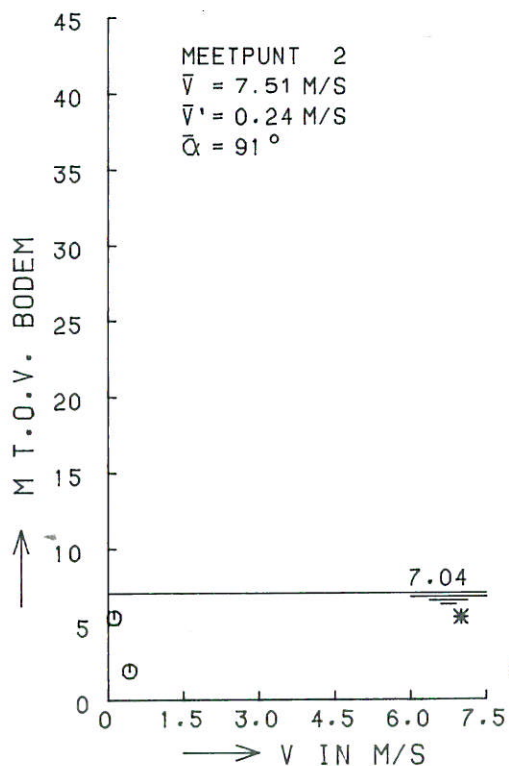
T5B

ALLE DORPELS

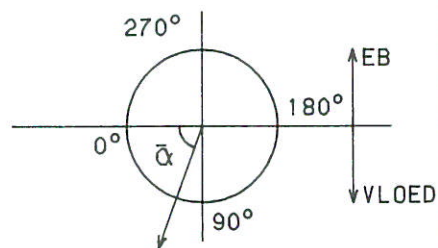
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 29



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T5C

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 UITBOUW TOT PIJLER

1.4*1/J

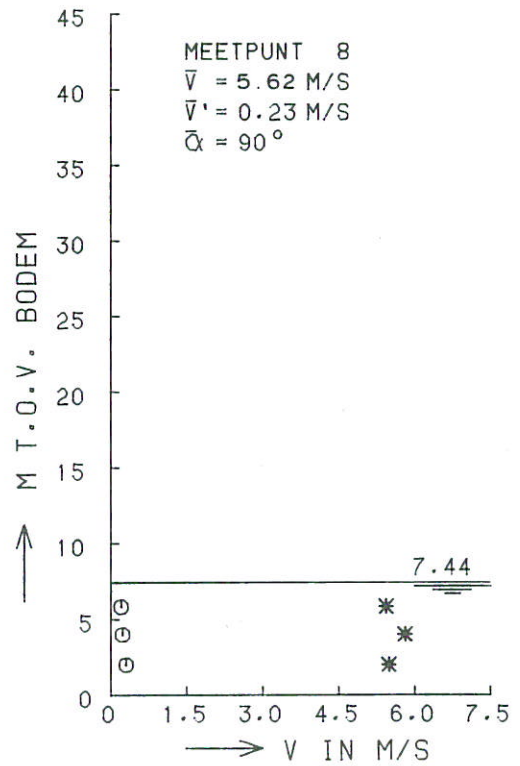
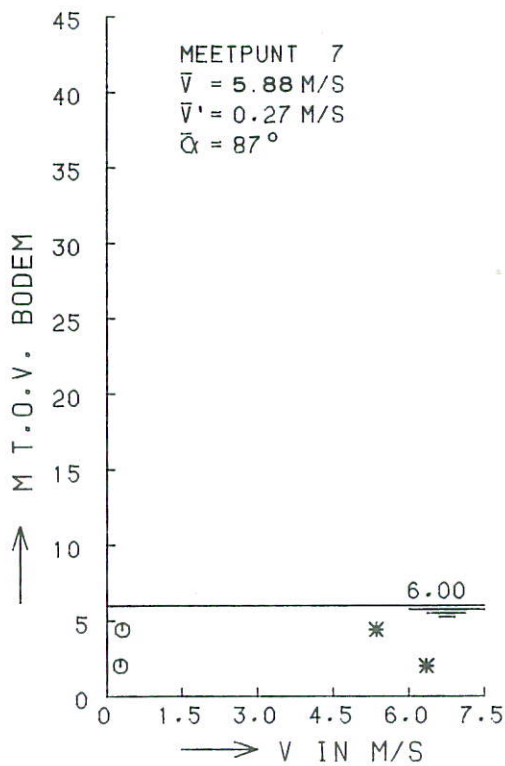
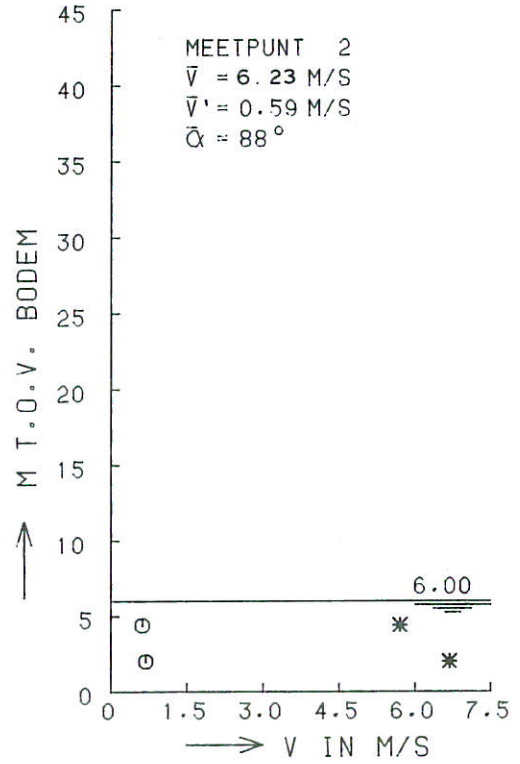
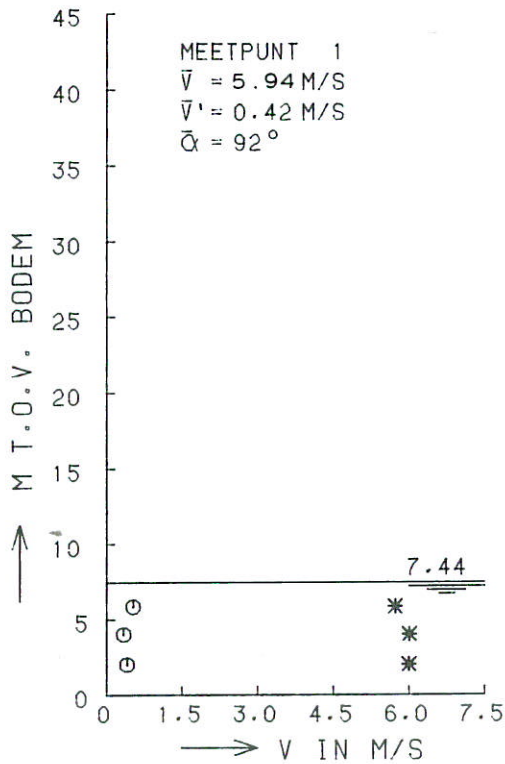
T5C

ALLE DORPELS

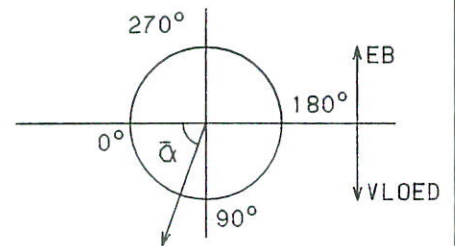
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 30



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



RVH2028T6A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP - 6M

1.2*1/J

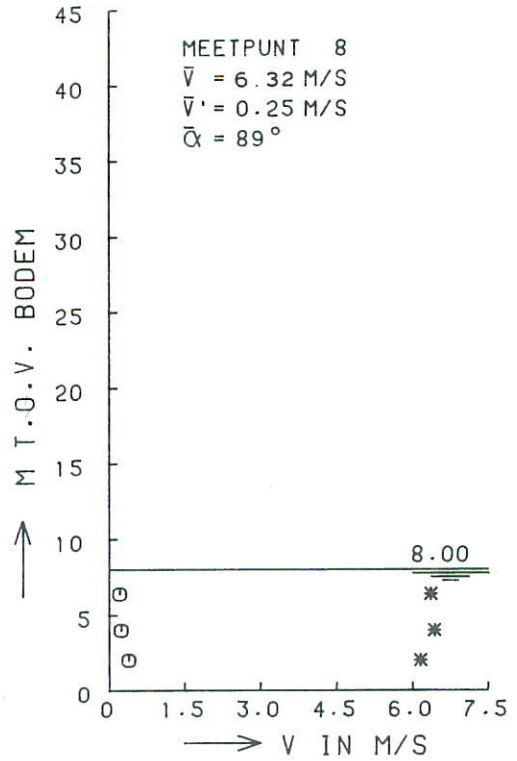
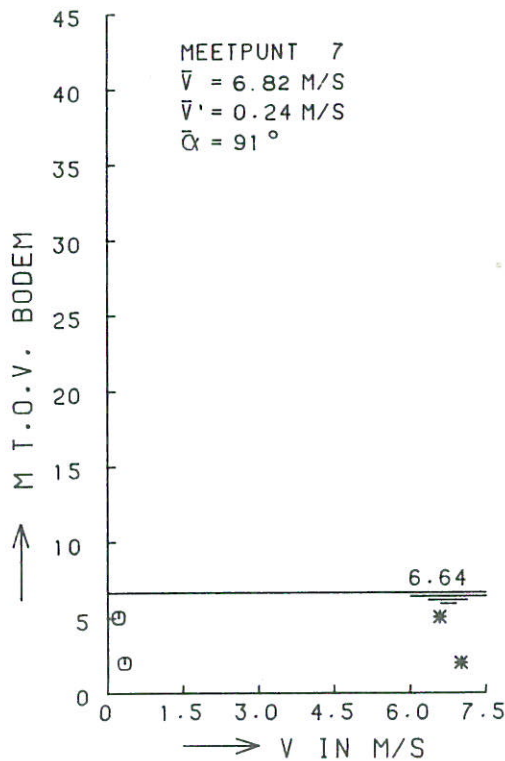
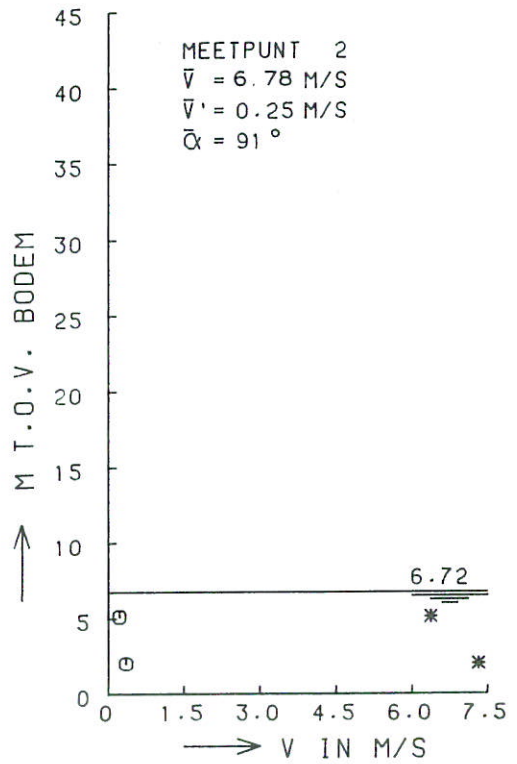
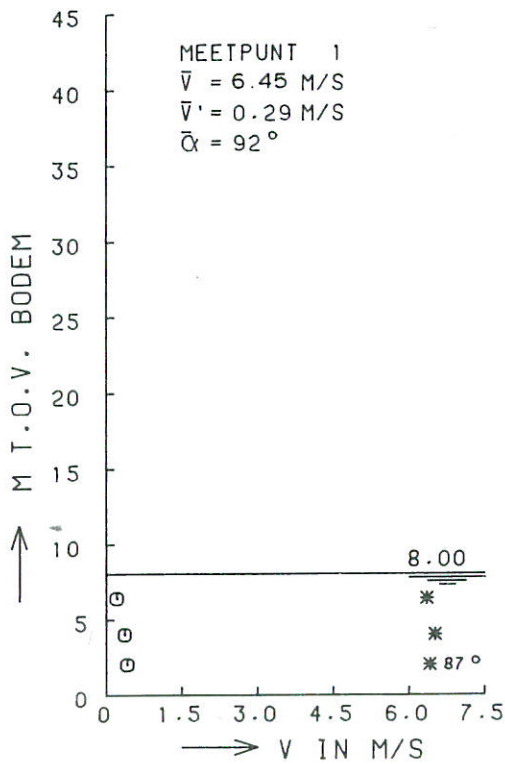
T6A

27 DORPELS

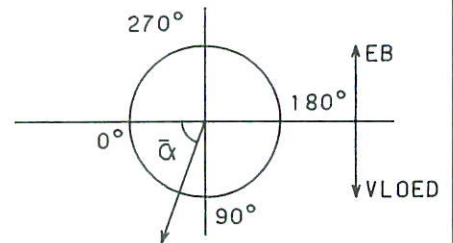
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 31



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



RVM2028T6B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1.4*1/J

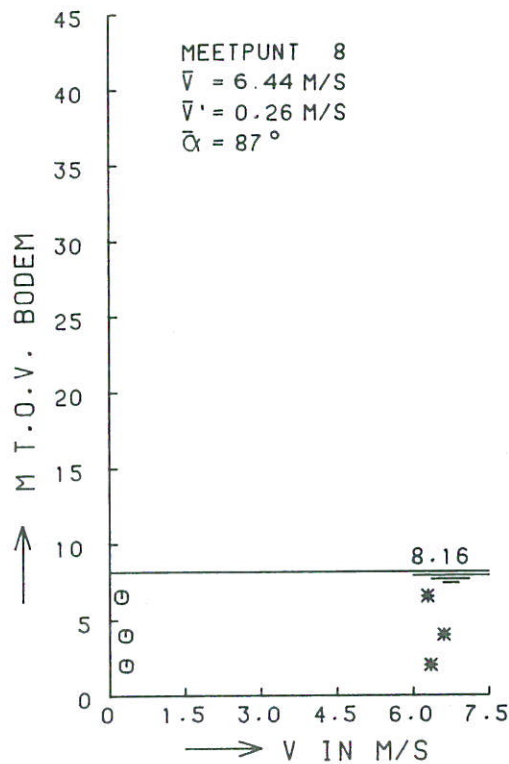
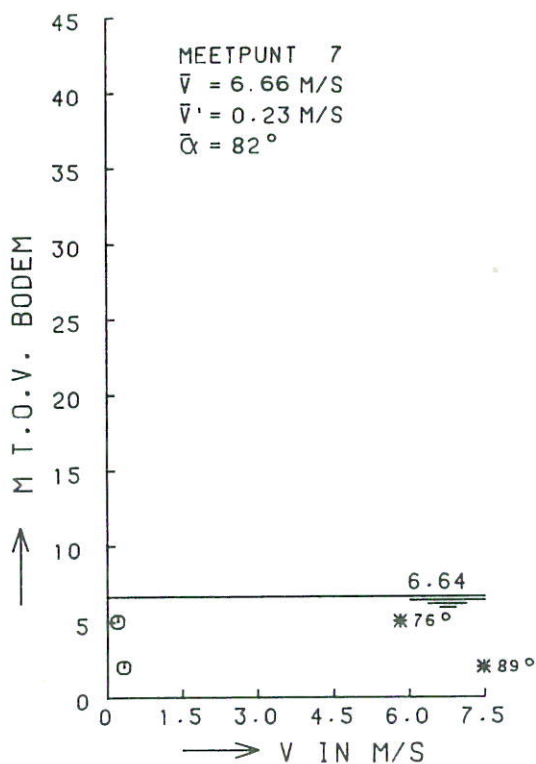
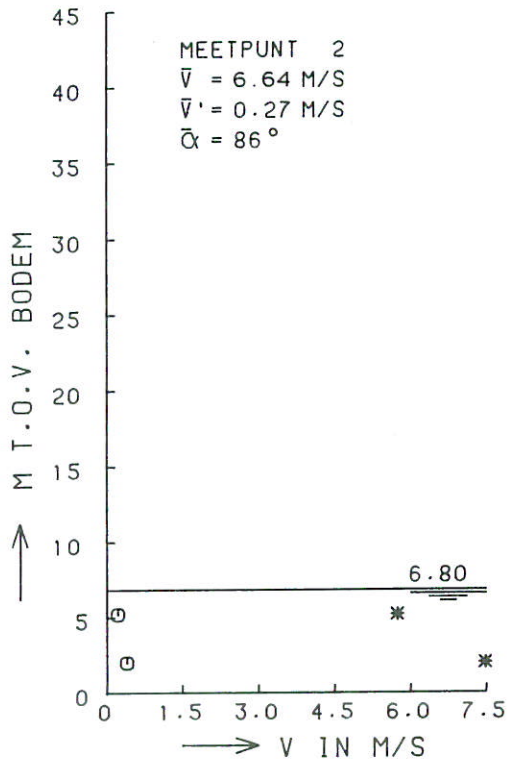
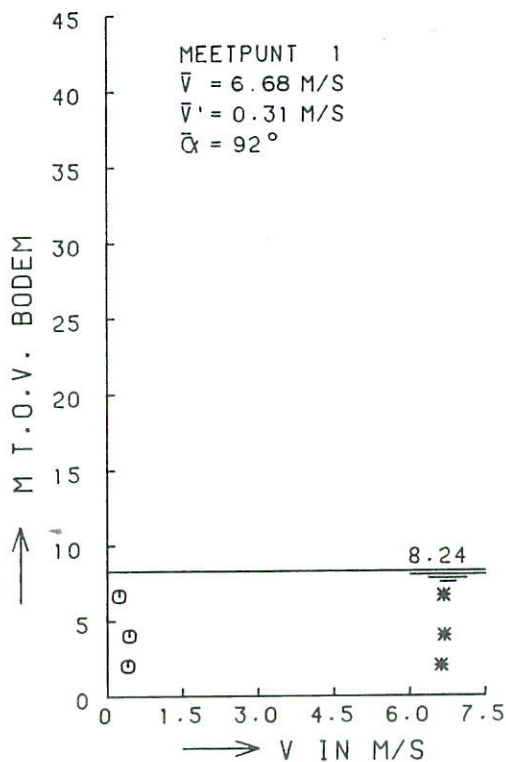
T6B

27 DORPELS

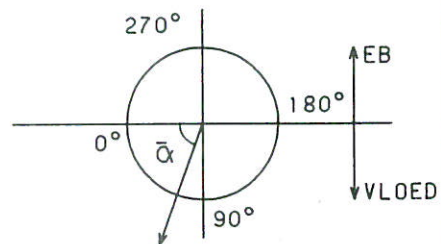
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 32



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



RVM2028T6C

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1.5*1/J

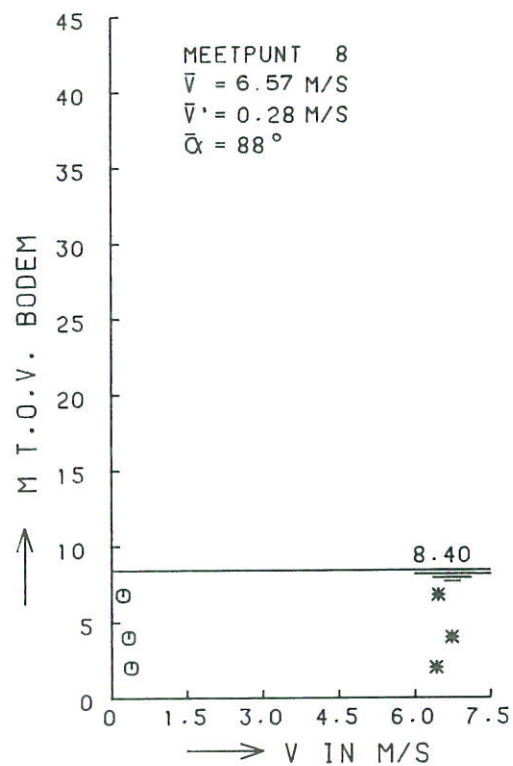
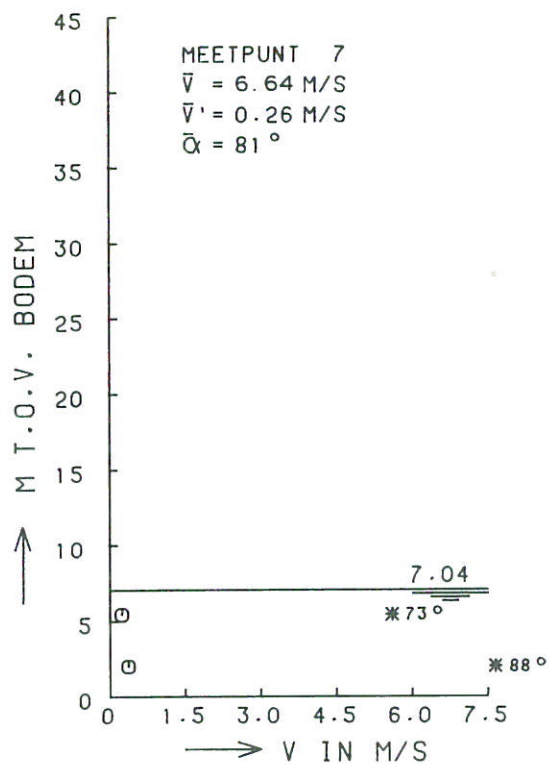
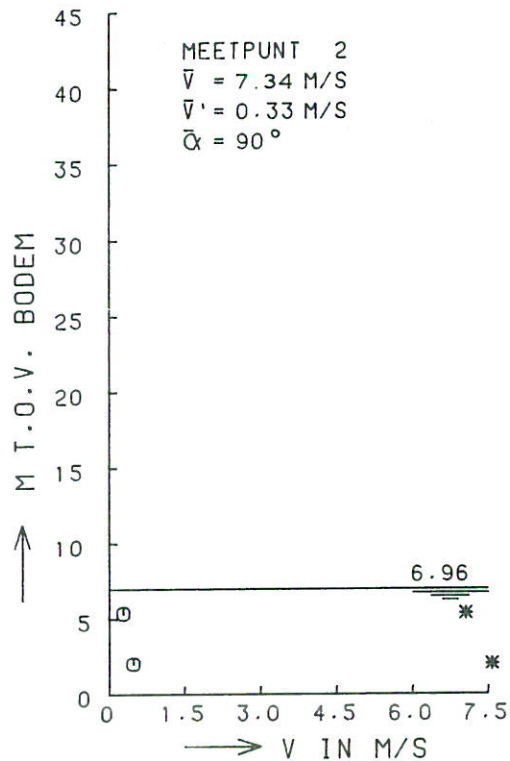
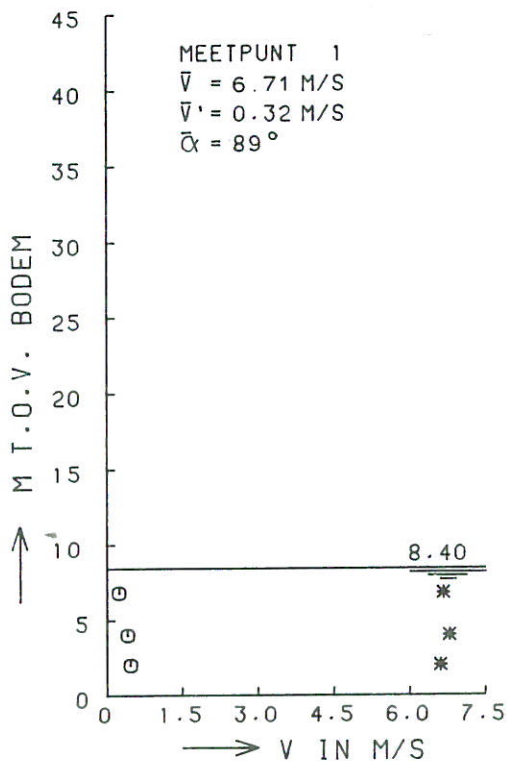
T6C

27 DORPELS

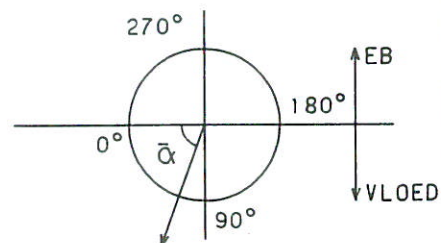
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 33



* STROOMSNELHEID
 ⊙ TURBULENTIE-INTENSITEIT



RVH2028T6D

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1.6*1/J

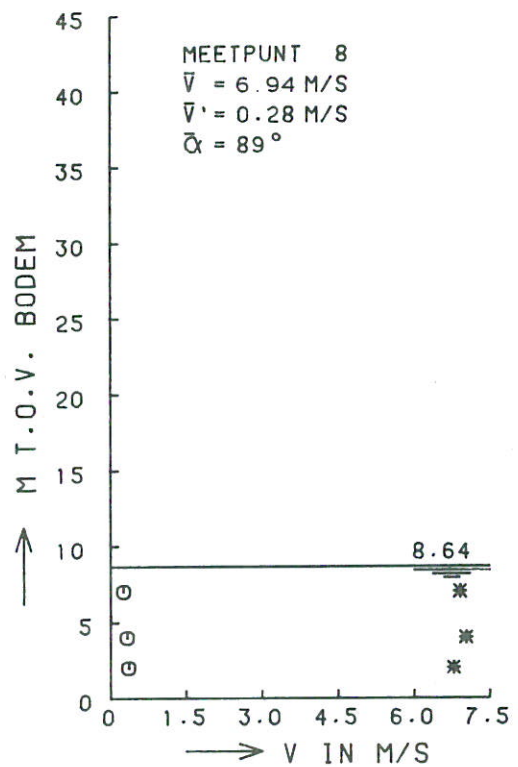
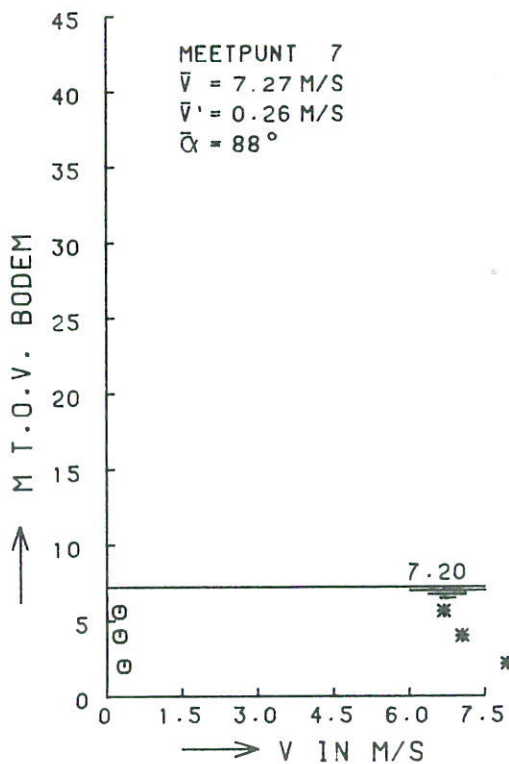
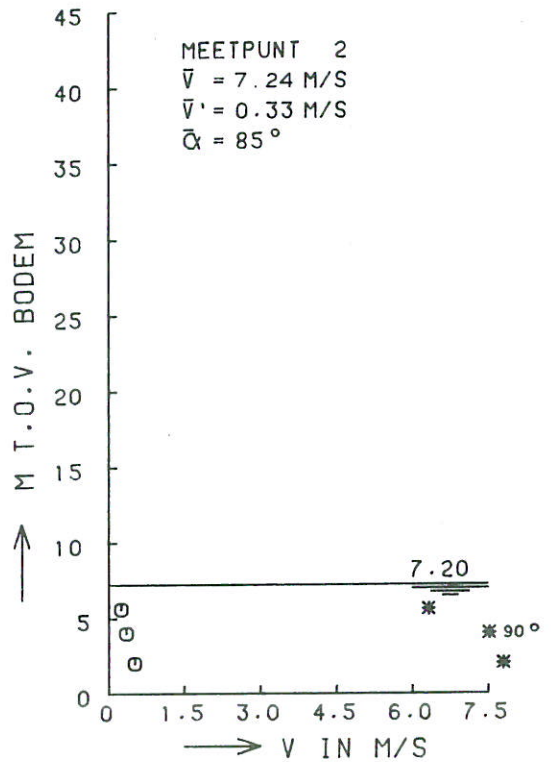
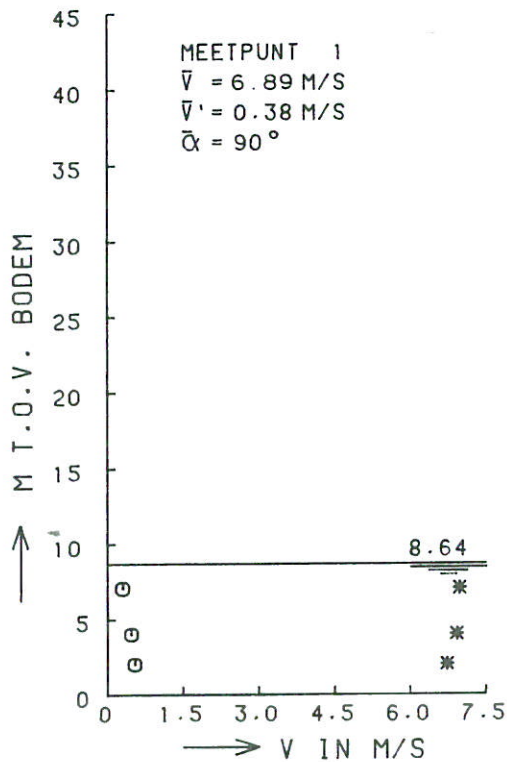
T6D

27 DORPELS

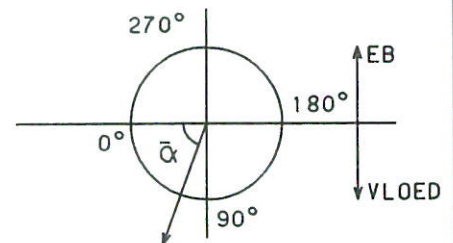
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 34



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



RVM2028T6E

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1.75*1/J

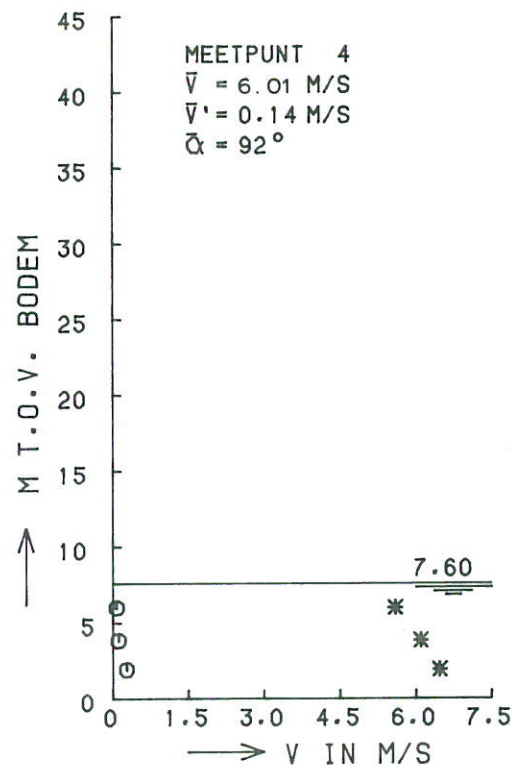
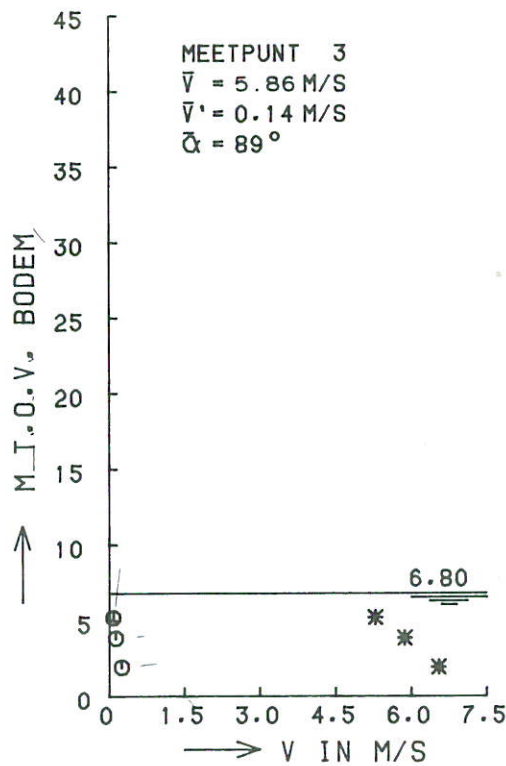
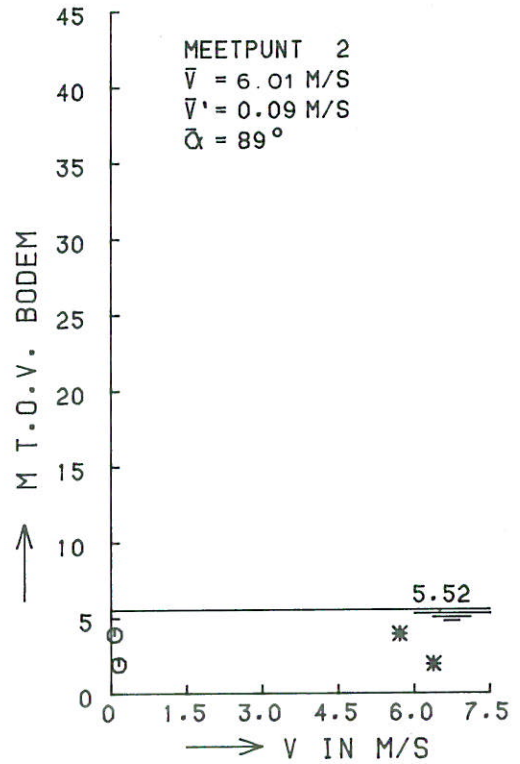
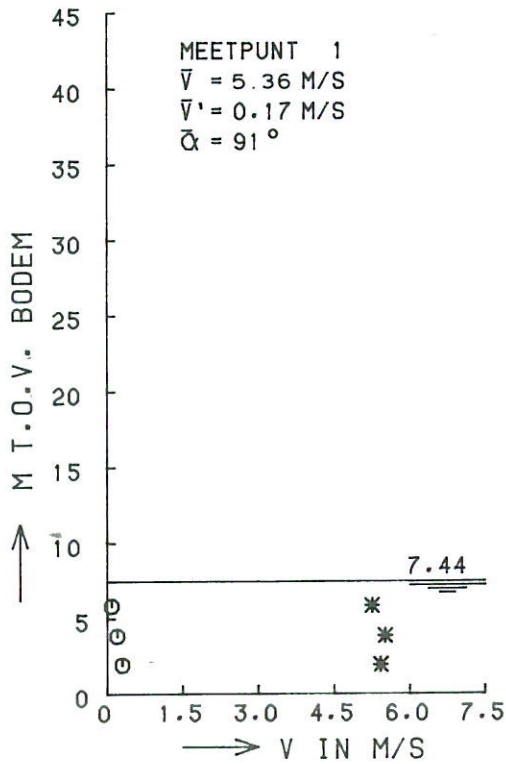
T6E

27 DORPELS

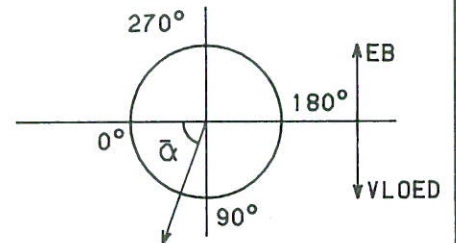
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 35



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T7A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1,0*1/J

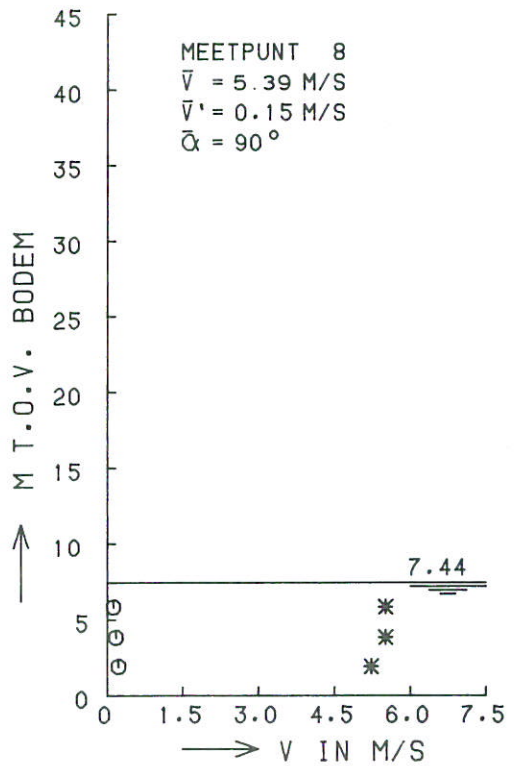
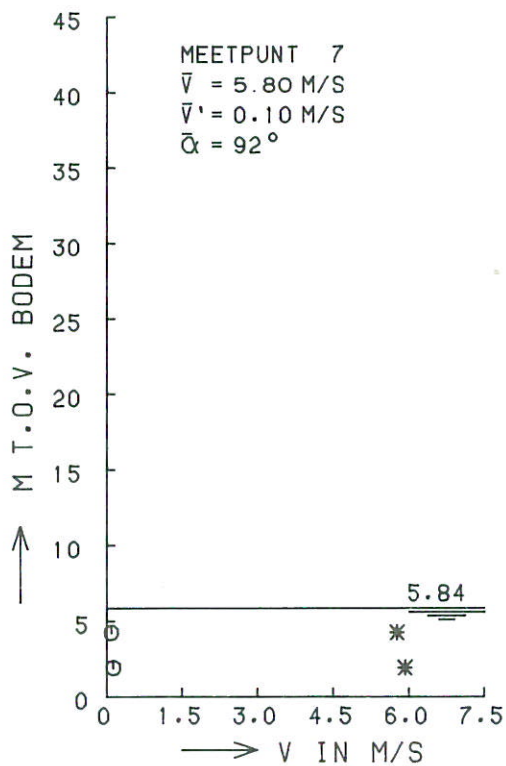
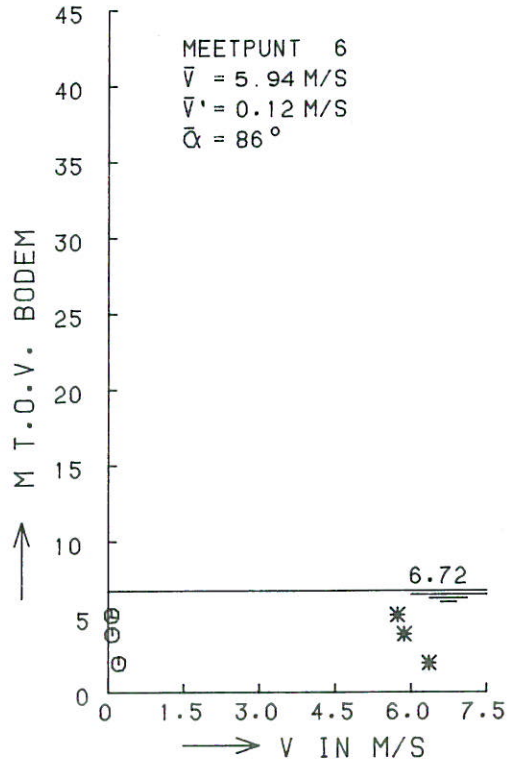
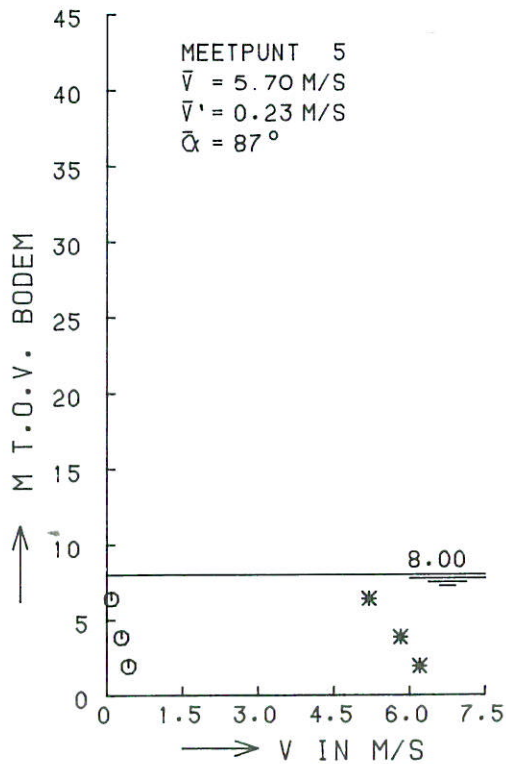
T7A

ALLE DORPELS

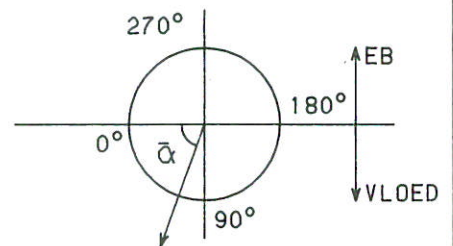
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 36



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T7A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

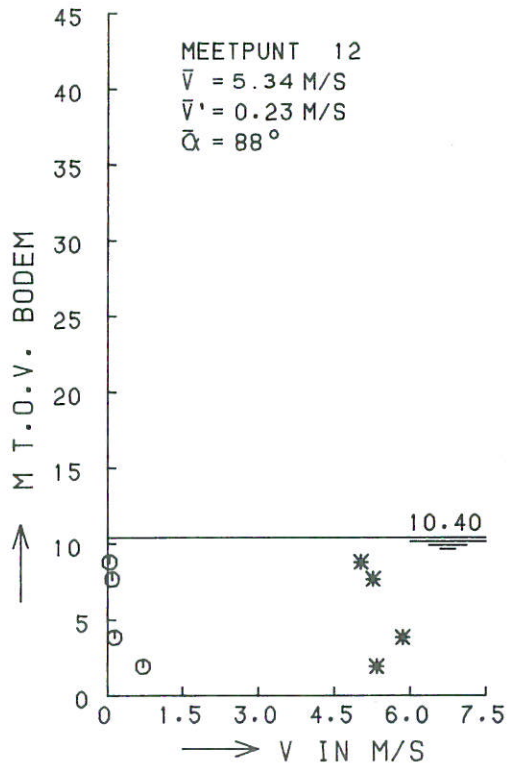
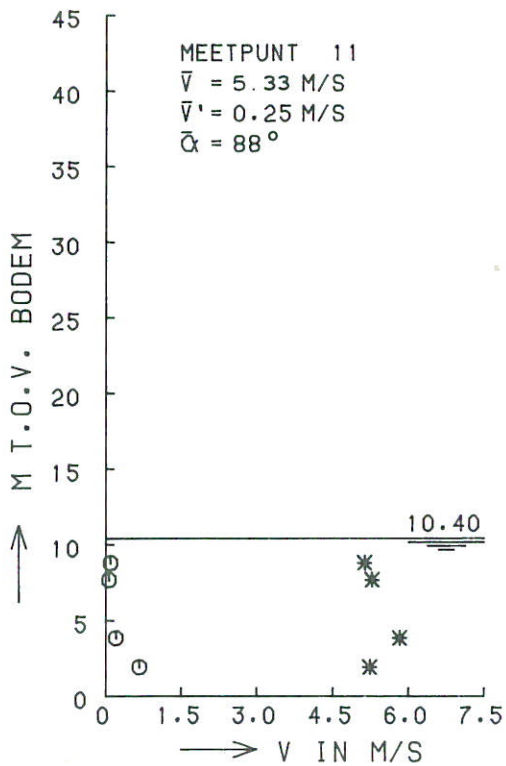
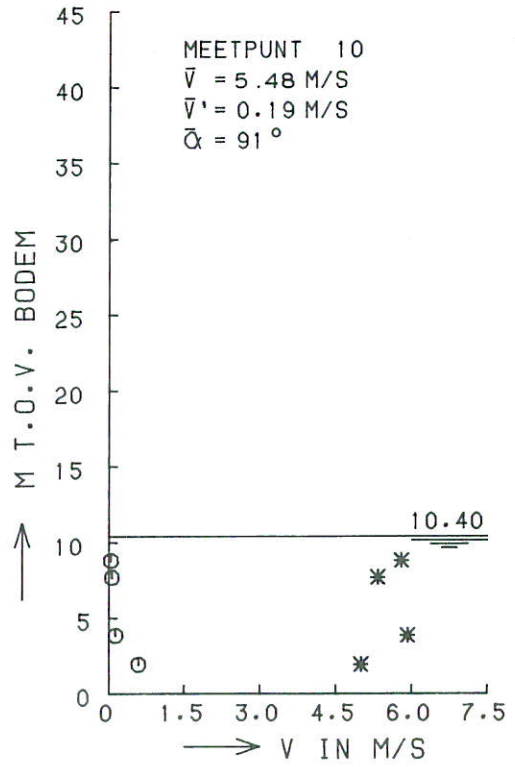
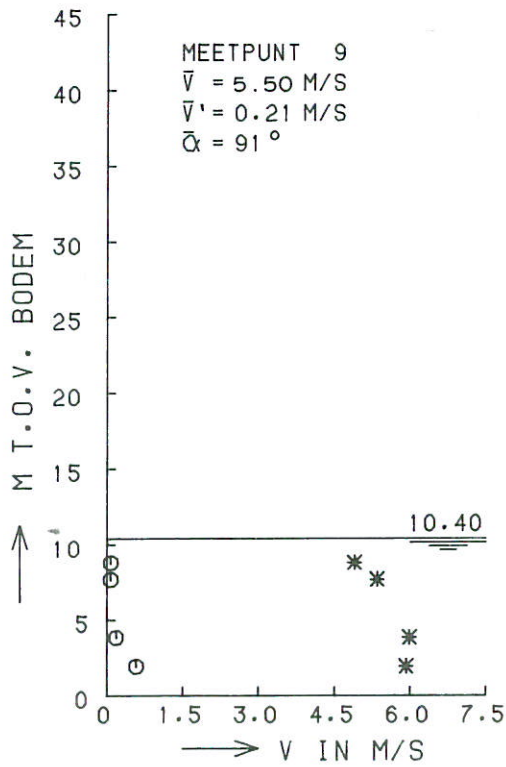
1,0*1/J T7A

ALLE DORPELS

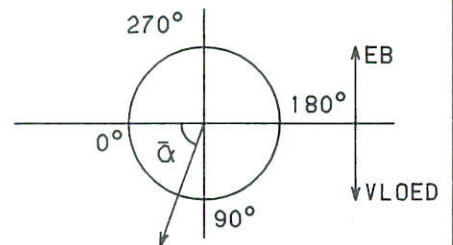
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 37



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T7A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1,0*1/J

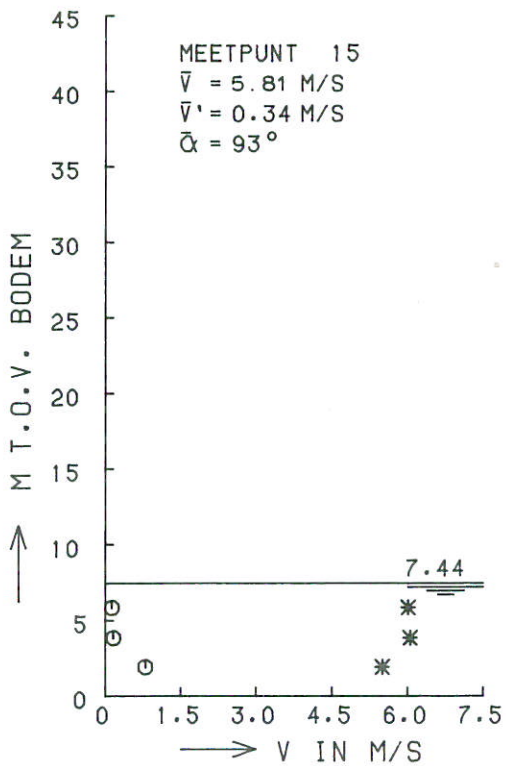
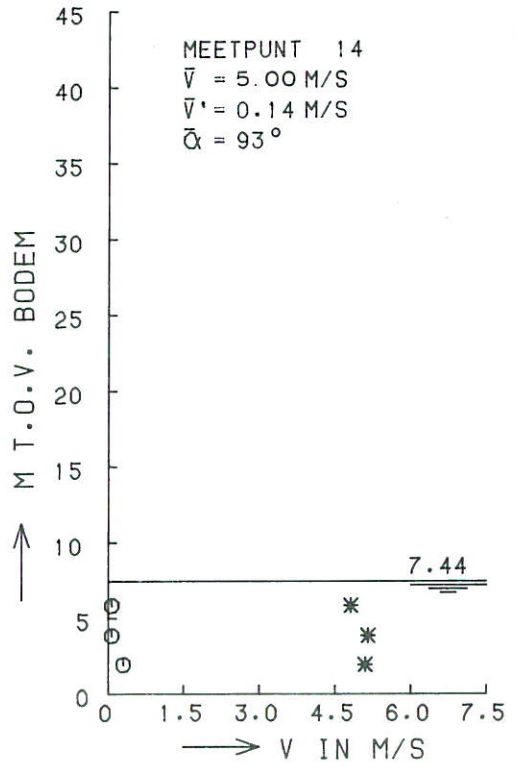
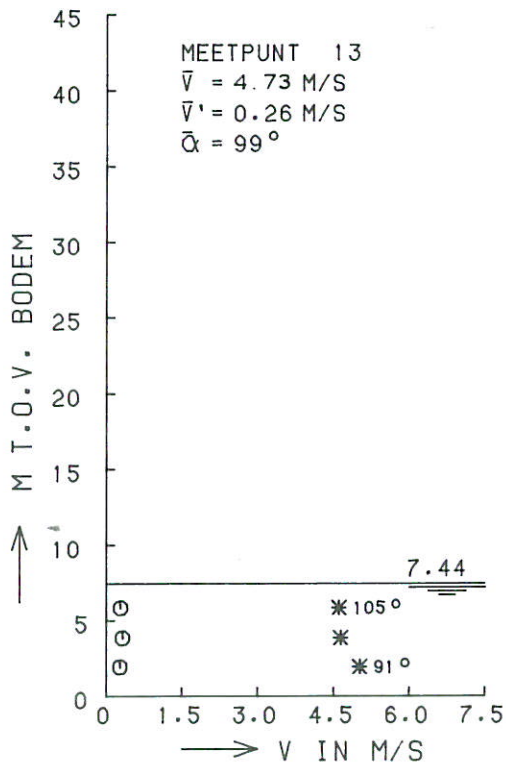
T7A

ALLE DORPELS

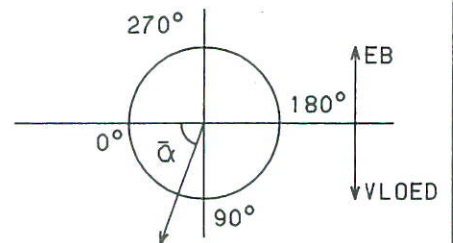
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 38



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T7A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1,0*1/J

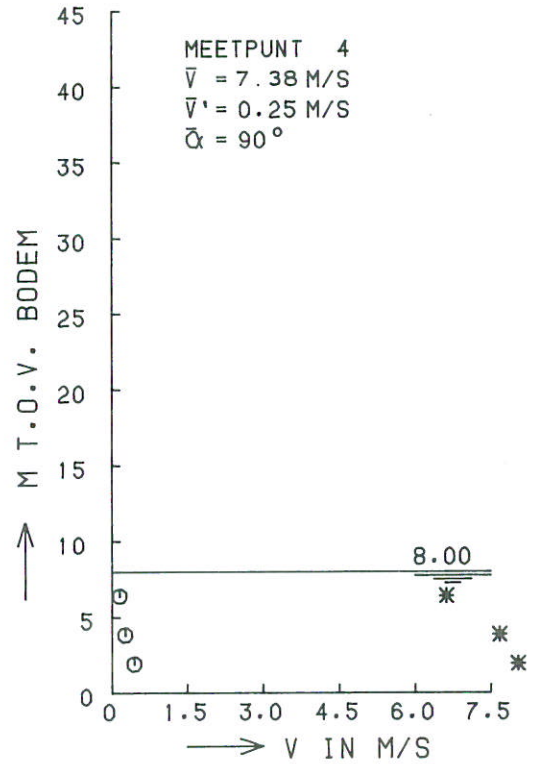
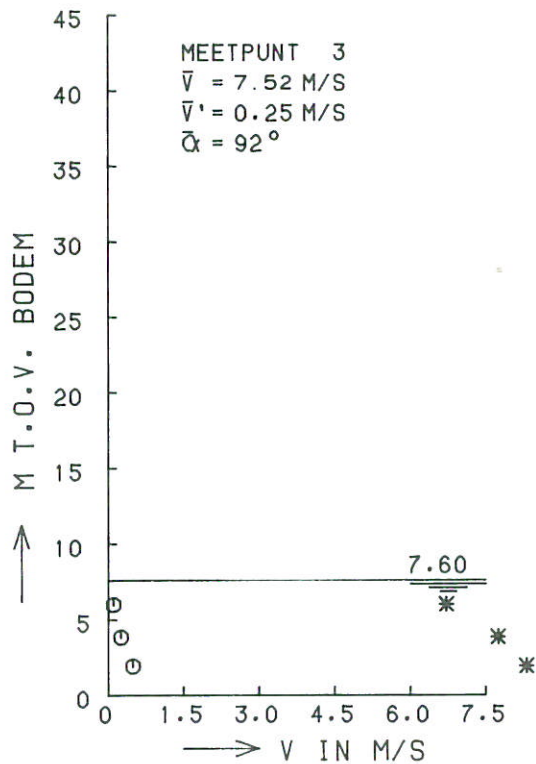
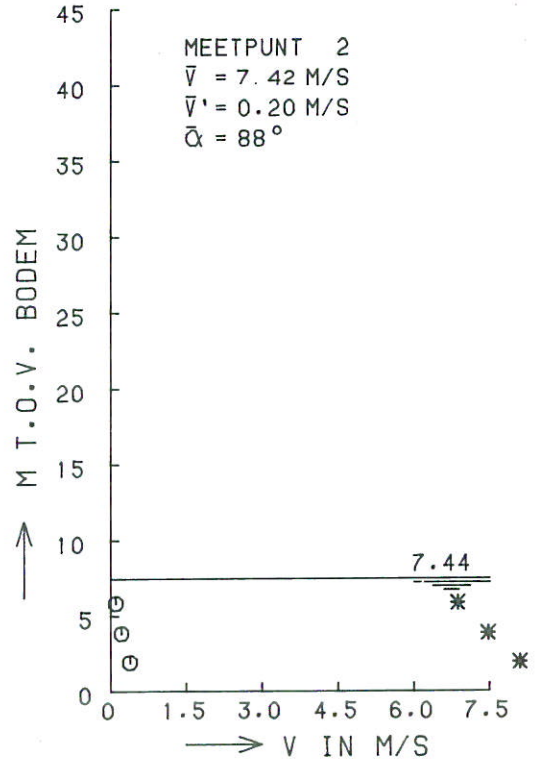
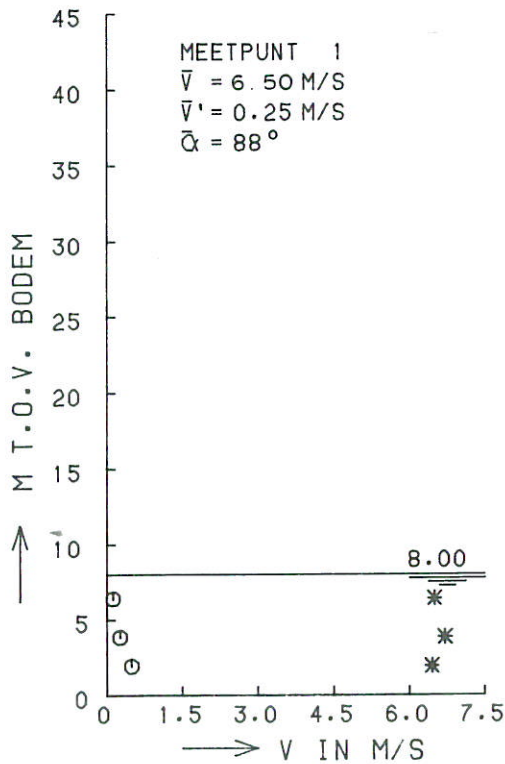
T7A

ALLE DORPELS

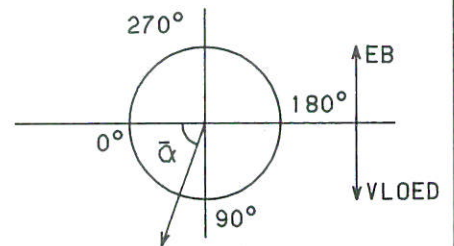
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 39

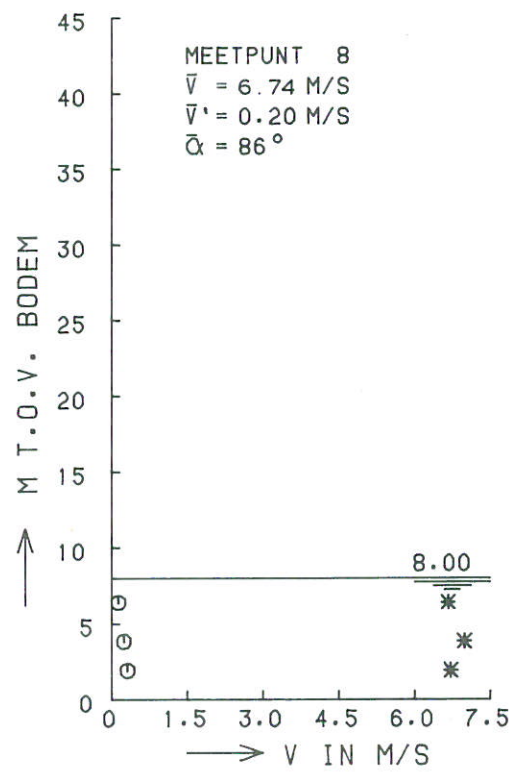
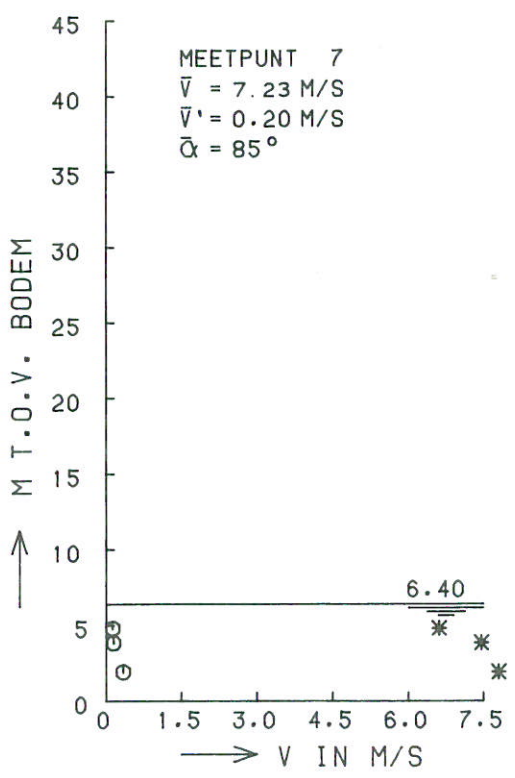
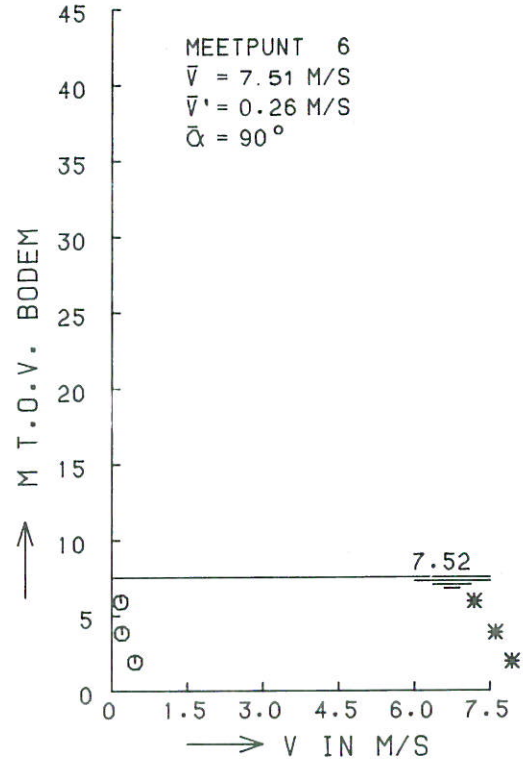
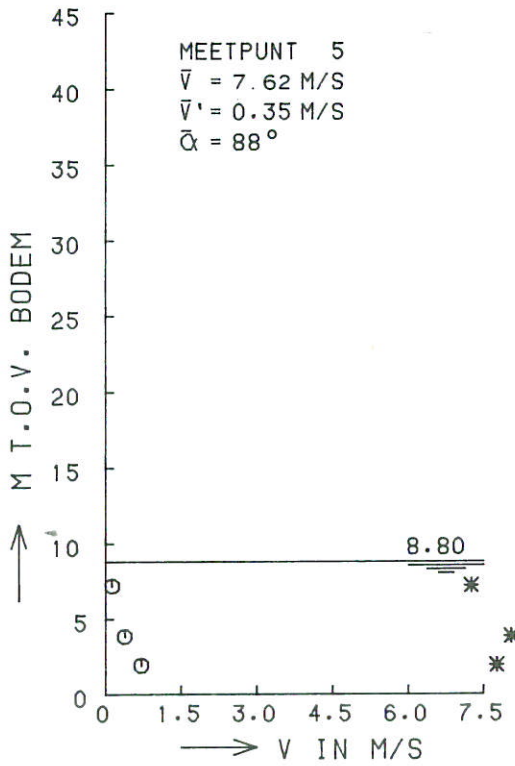


* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT

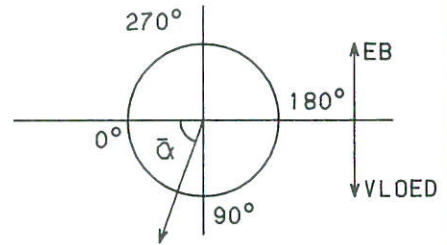


M2028T7B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN NIVEAU NAP -6M	1,5*1/J	T7B
	ALLE DORPELS	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M2028	FIG. 40

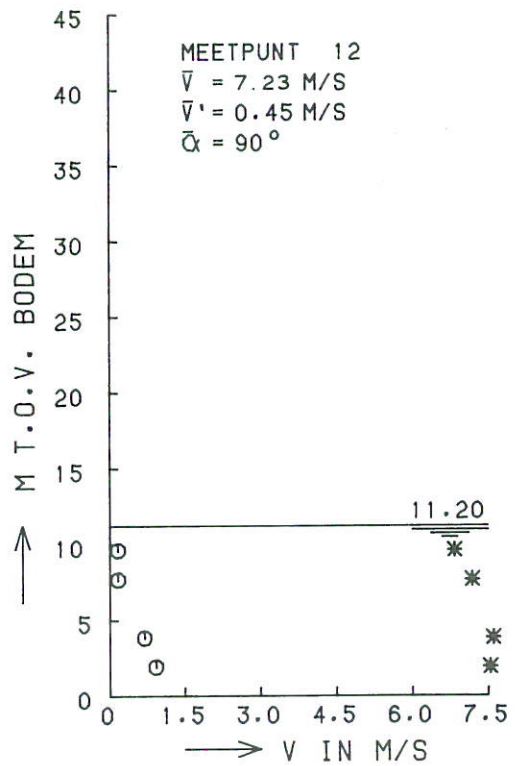
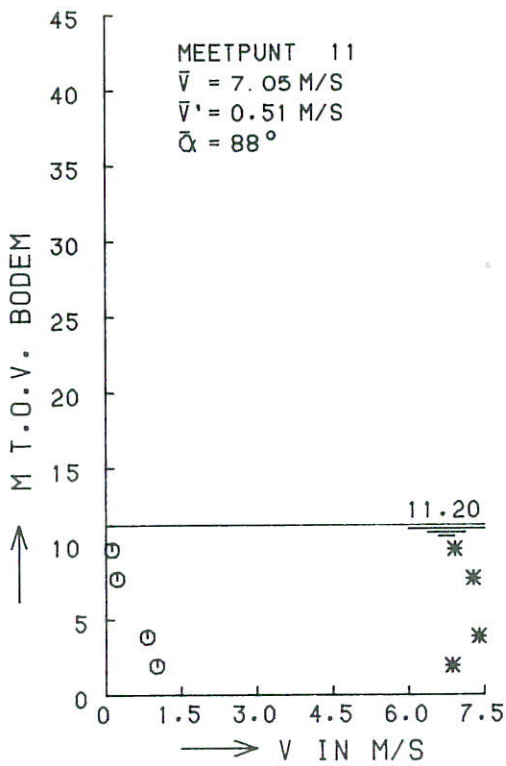
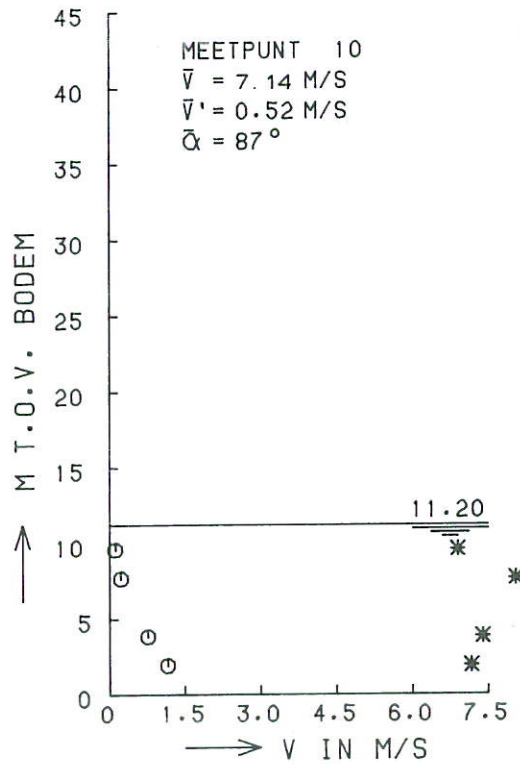
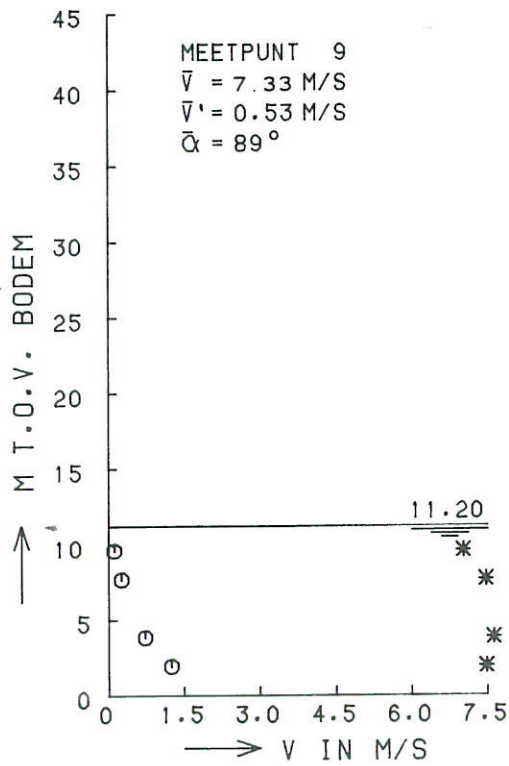


* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT

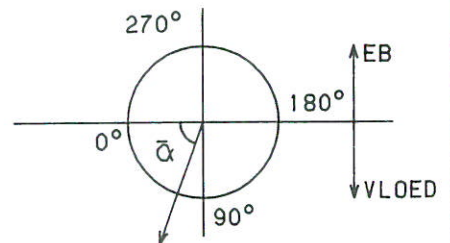


M2028T7B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN NIVEAU NAP -6M	1,5*1/J	T7B
	ALLE DORPELS	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M2028	FIG. 41



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



M2028T7B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 NIVEAU NAP -6M

1,5*1/J

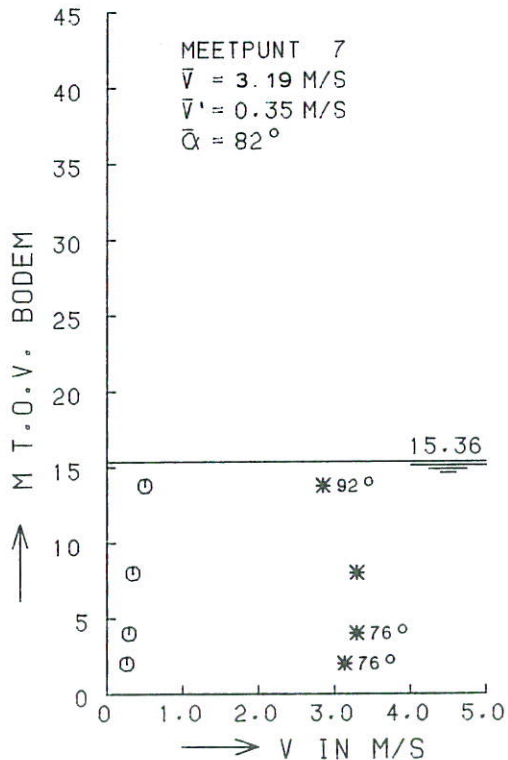
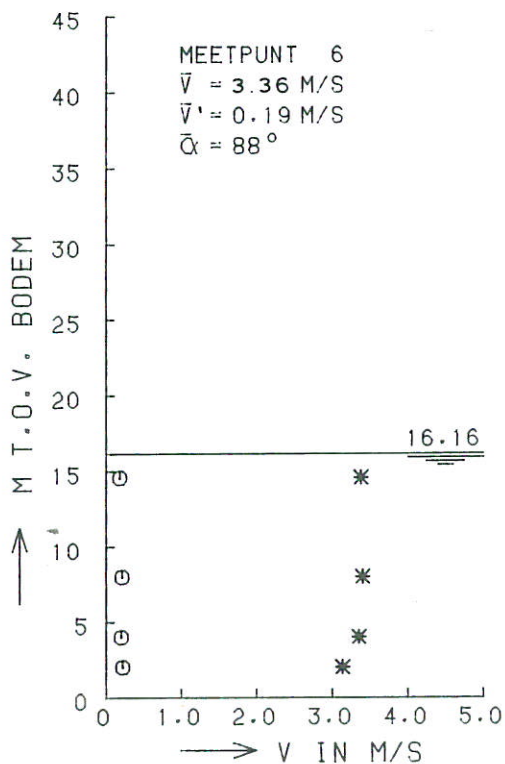
T7B

ALLE DORPELS

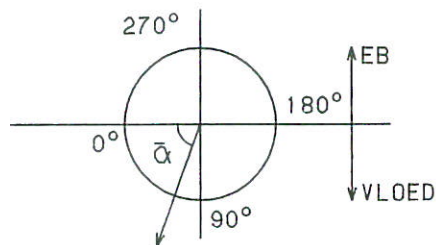
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 42



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



RVM2028T8A

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 DAM GEREED

1.0*/MND

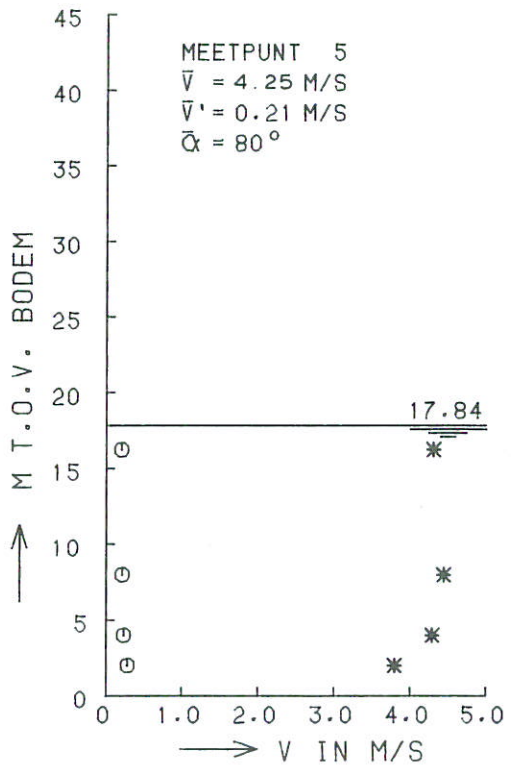
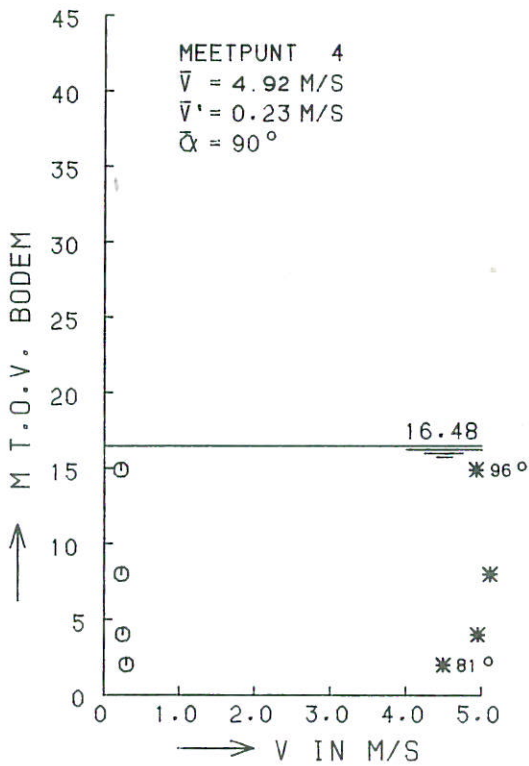
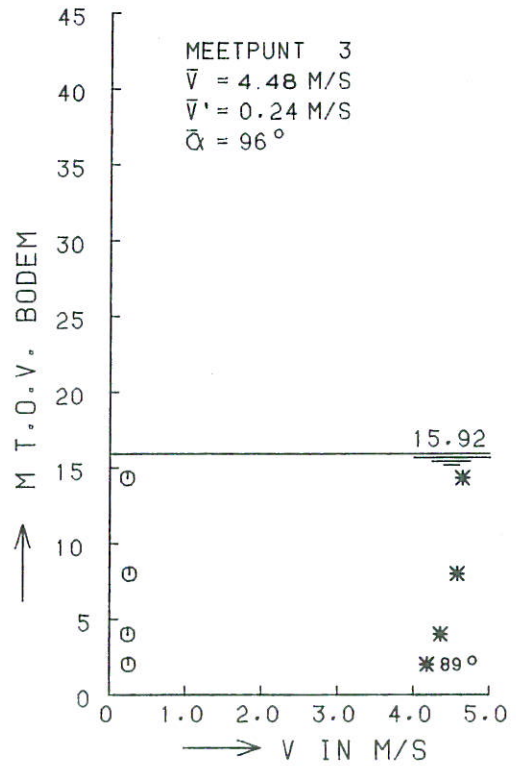
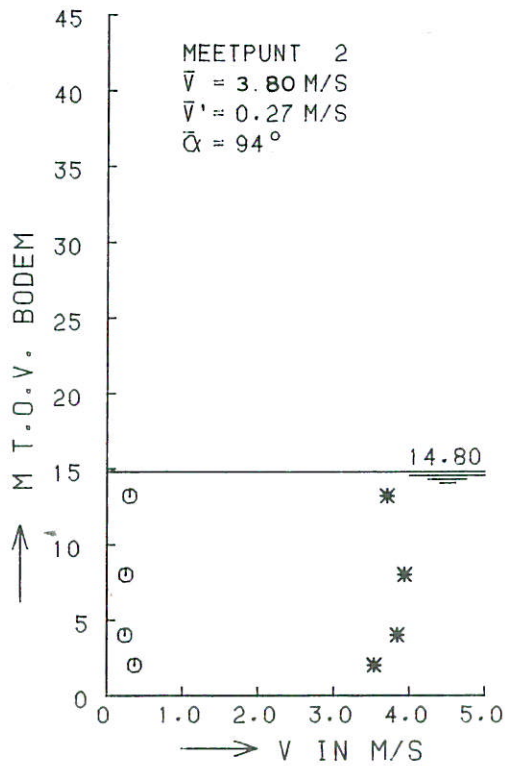
T8A

GEEN DORPELS

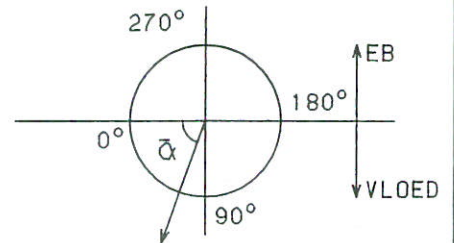
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 44



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



RVM2028T8B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 DAM GEREED

1.0*1/J

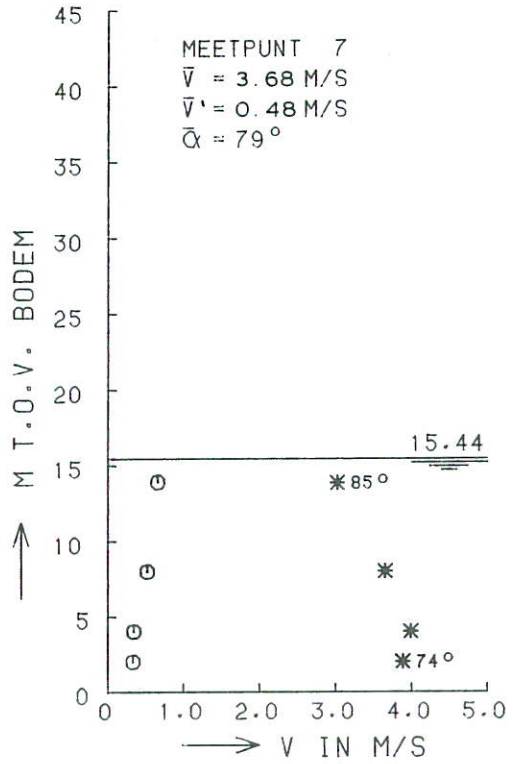
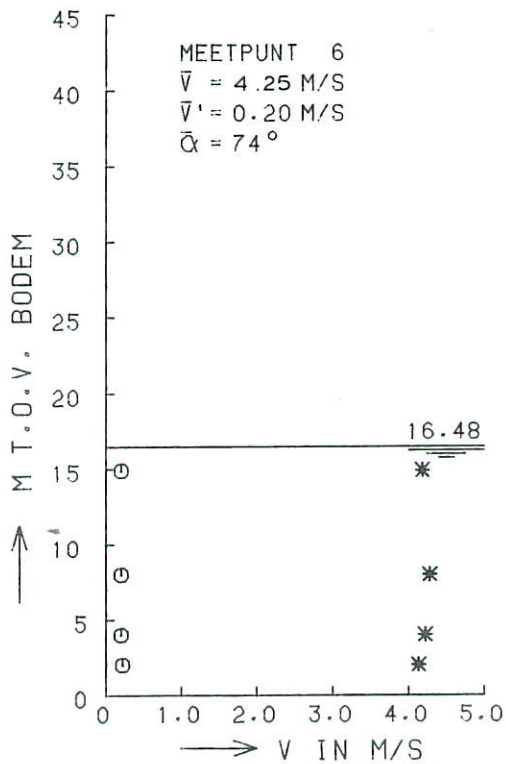
T8B

GEEN DORPELS

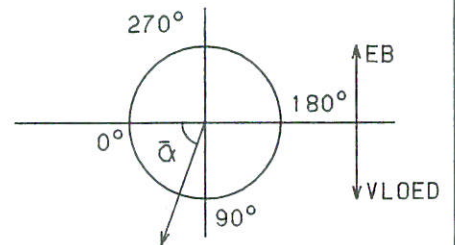
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 45



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



RVM2028T8B

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 DAM GEREED

1.0*1/J

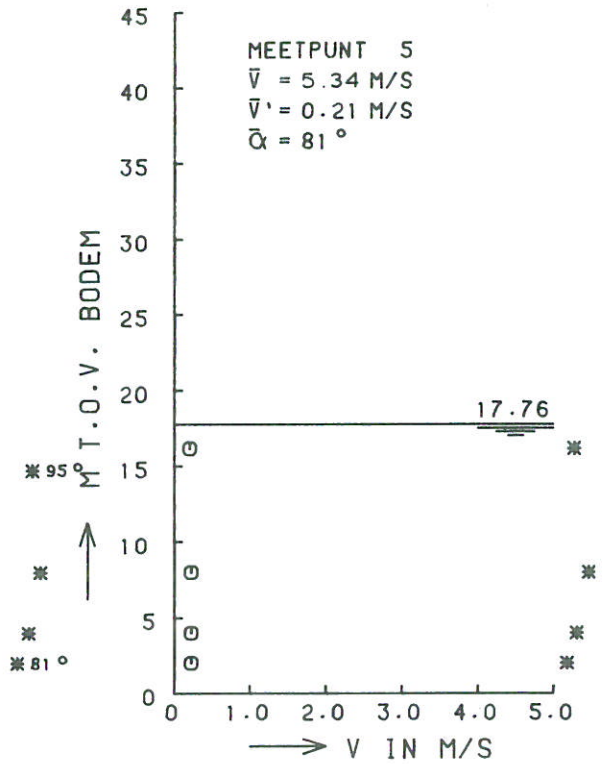
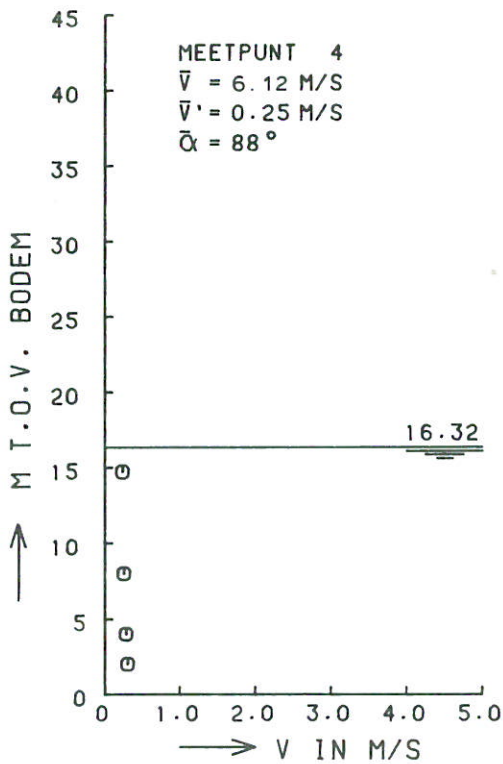
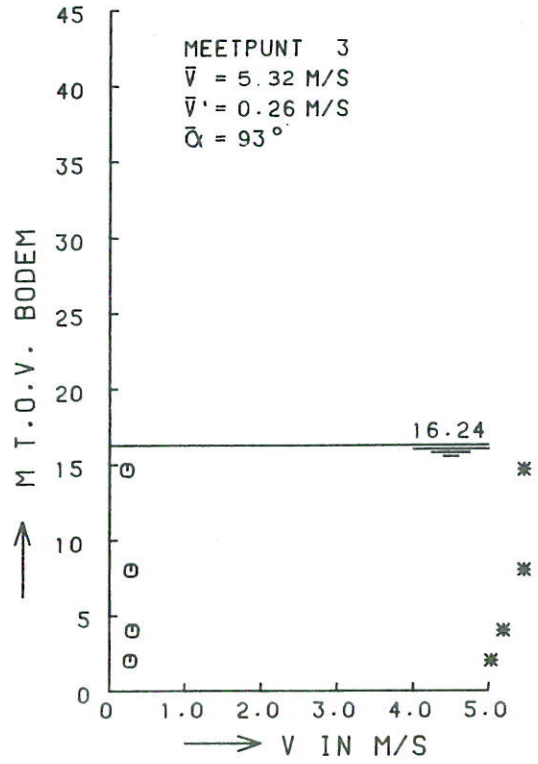
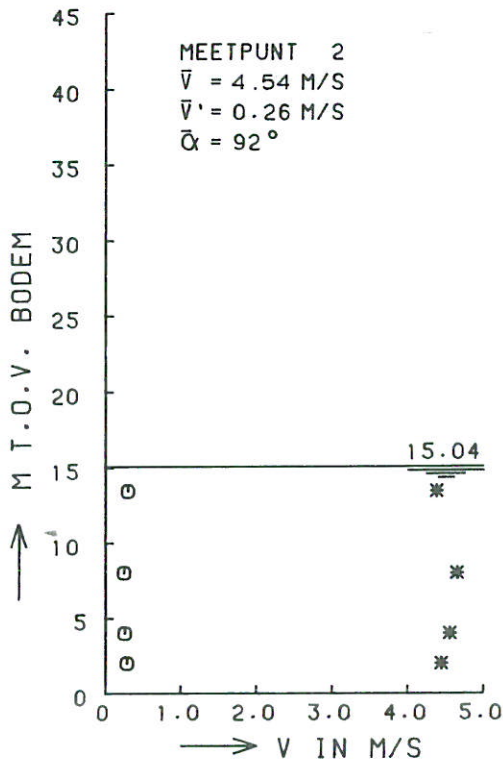
T8B

GEEN DORPELS

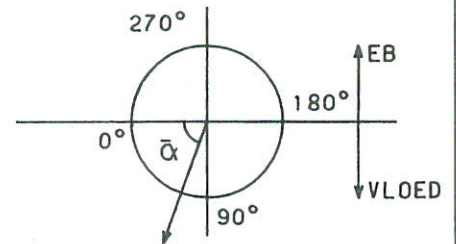
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 46



* STROOMSNELHEID
 o TURBULENTIE-INTENSITEIT



RVM2028T8C

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 DAM GEREED

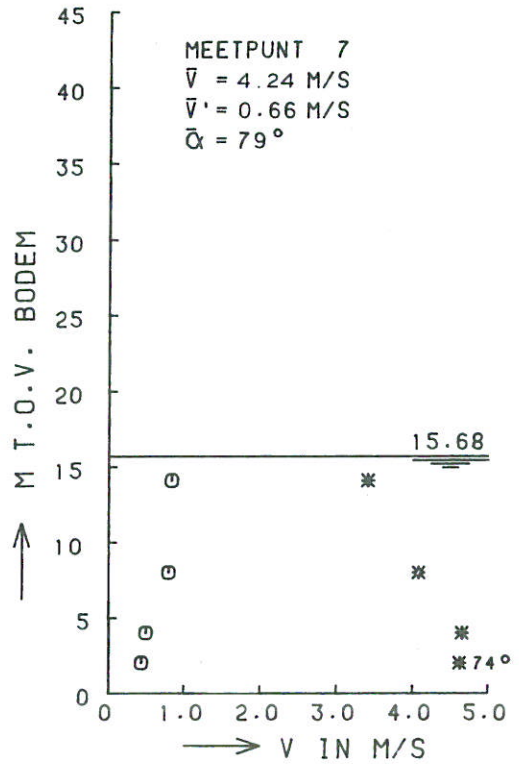
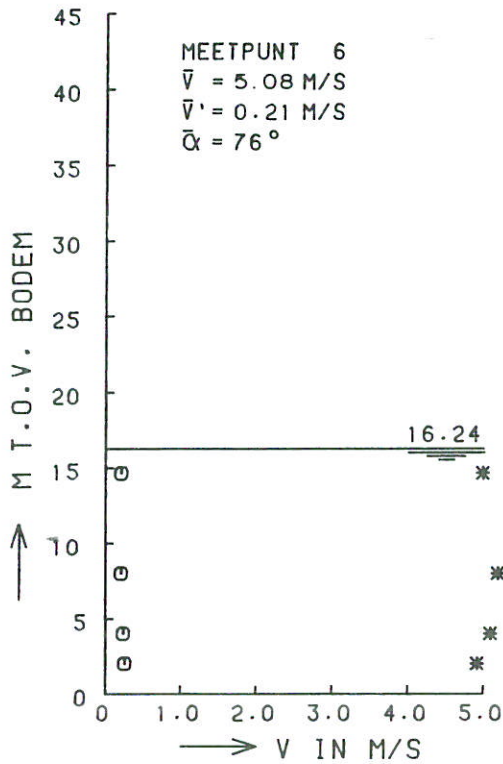
1.2*1/J | T8C

GEEN DORPELS

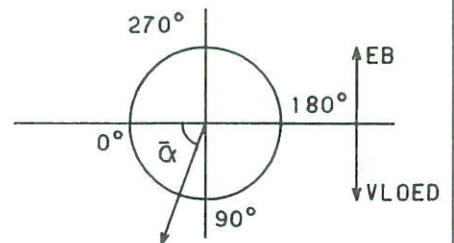
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 47



* STROOMSNELHEID
 ○ TURBULENTIE-INTENSITEIT



RVM2028T8C

STROOMSNELHEIDS- EN TURBULENTIEVERTIKALEN
 DAM GEREED

1.2*1/J

T8C

GEEN DORPELS

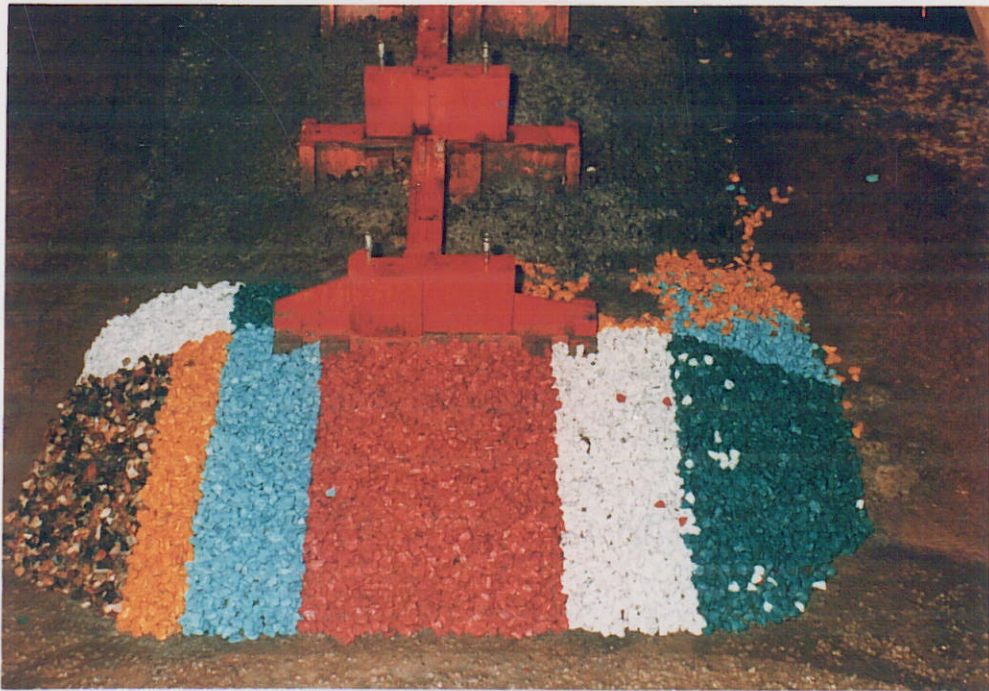
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M2028

FIG. 48

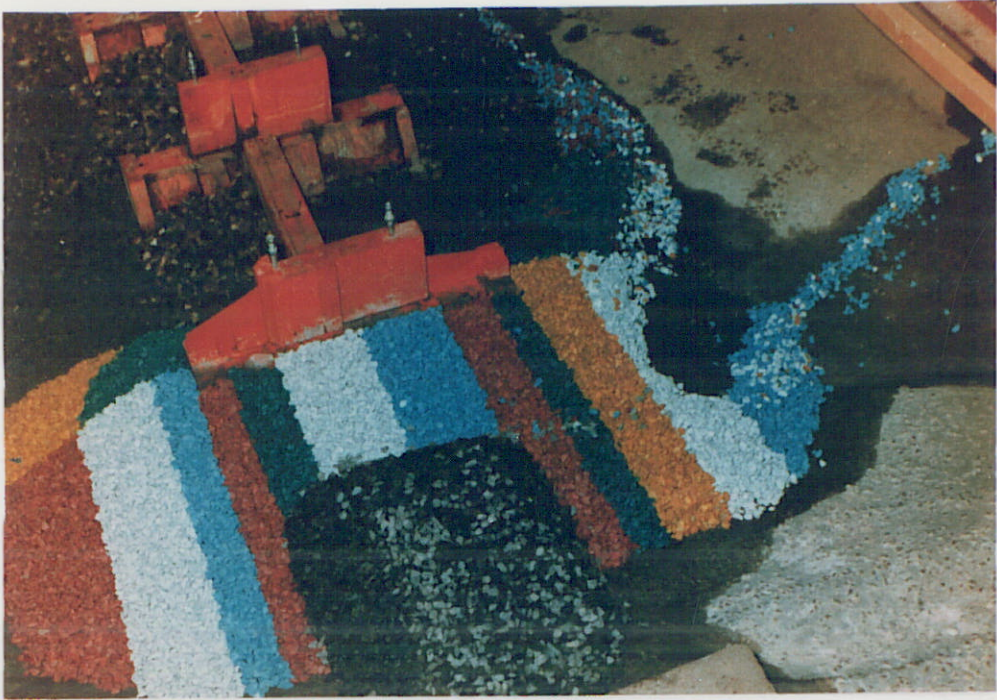


T2, 300-1000 kg ; 1,5 x 1/jr



T6, 1-3 ton ; 1,75 x 1/jr

1. BREUKSTENEN DAM NOORD-BEVELAND
AANTASTING DREMPEL , 27 DORPELS GEPLAATST

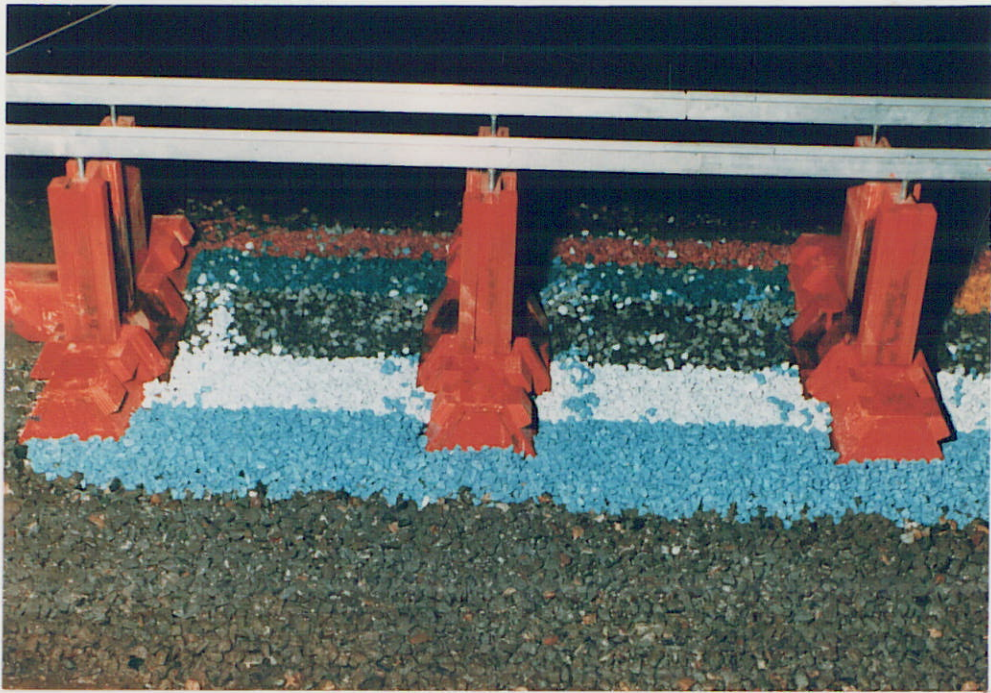


T4, Noord-Beveland, half uitgebouwde dam, 1,4 x 1/jr

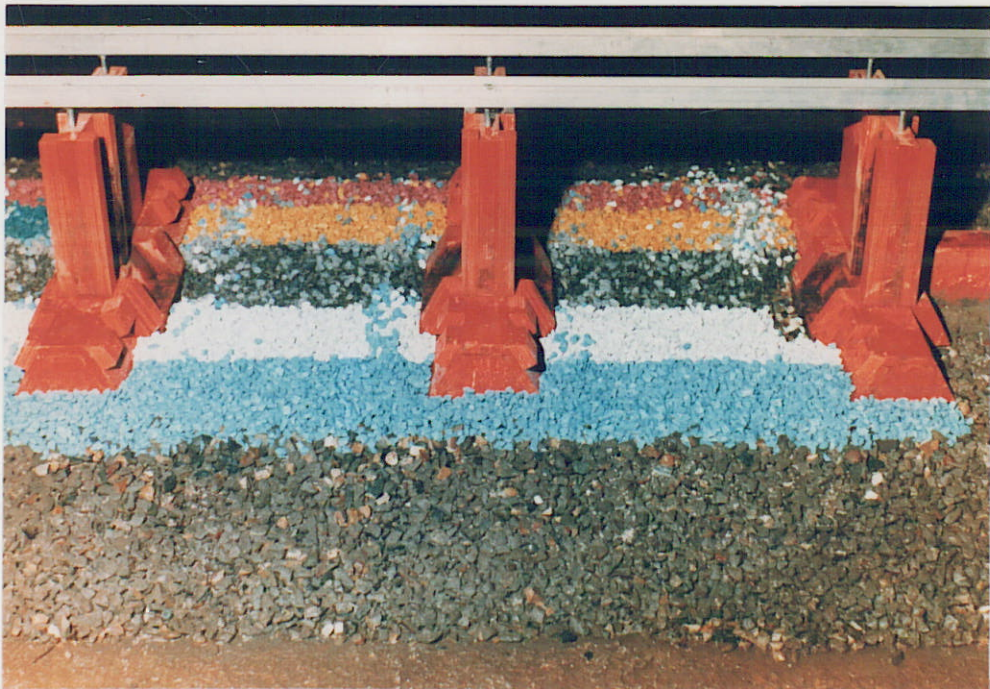


T5, Noordland, tot pijler uitgebouwde dam, 1,4 x 1/jr

2. AANTASTING DREMPEL BIJ UITBOUW VAN DE "DROGE" DAM

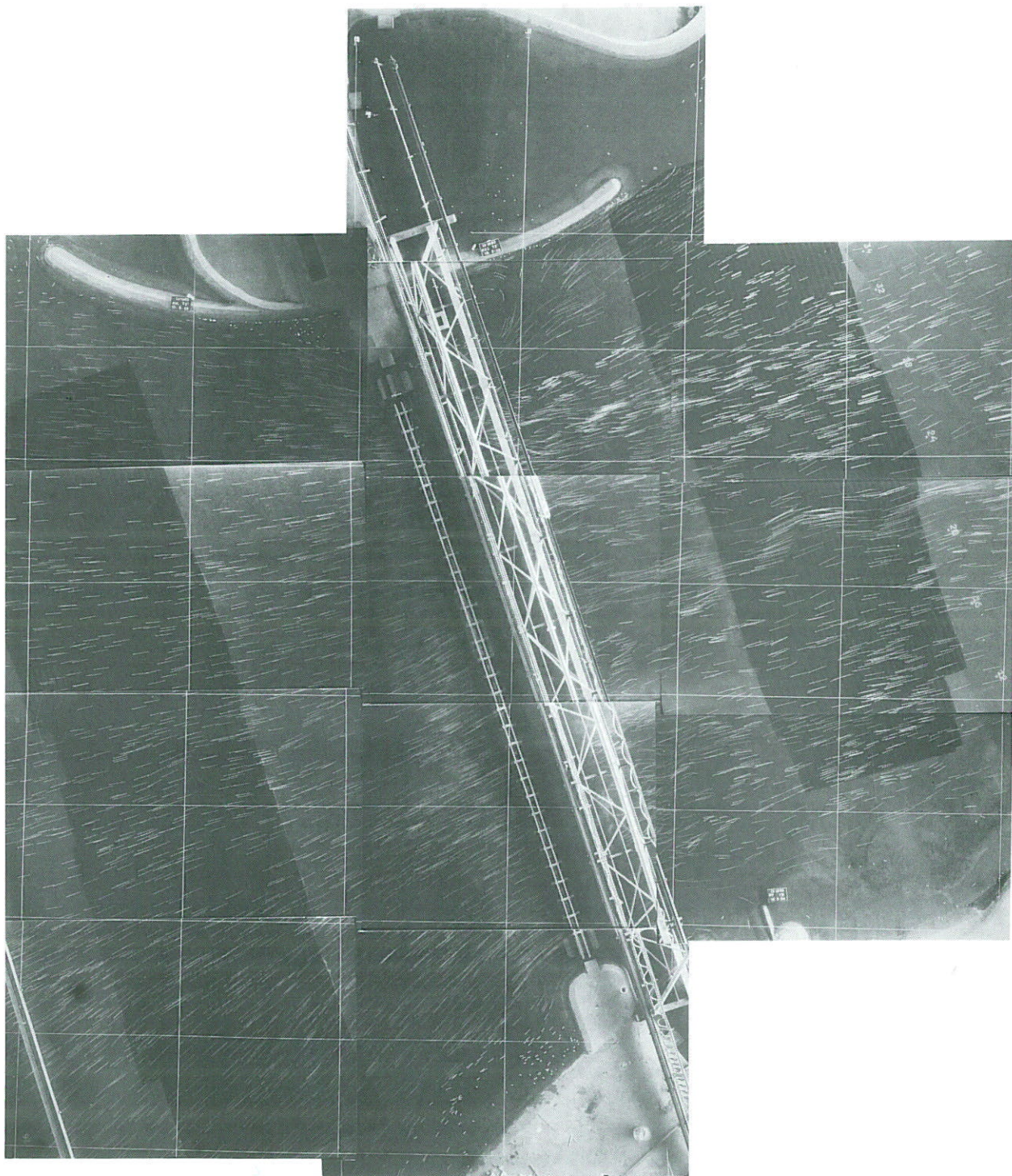


T2, R19-R20 en R20-R21, 1,5 x 1/jr

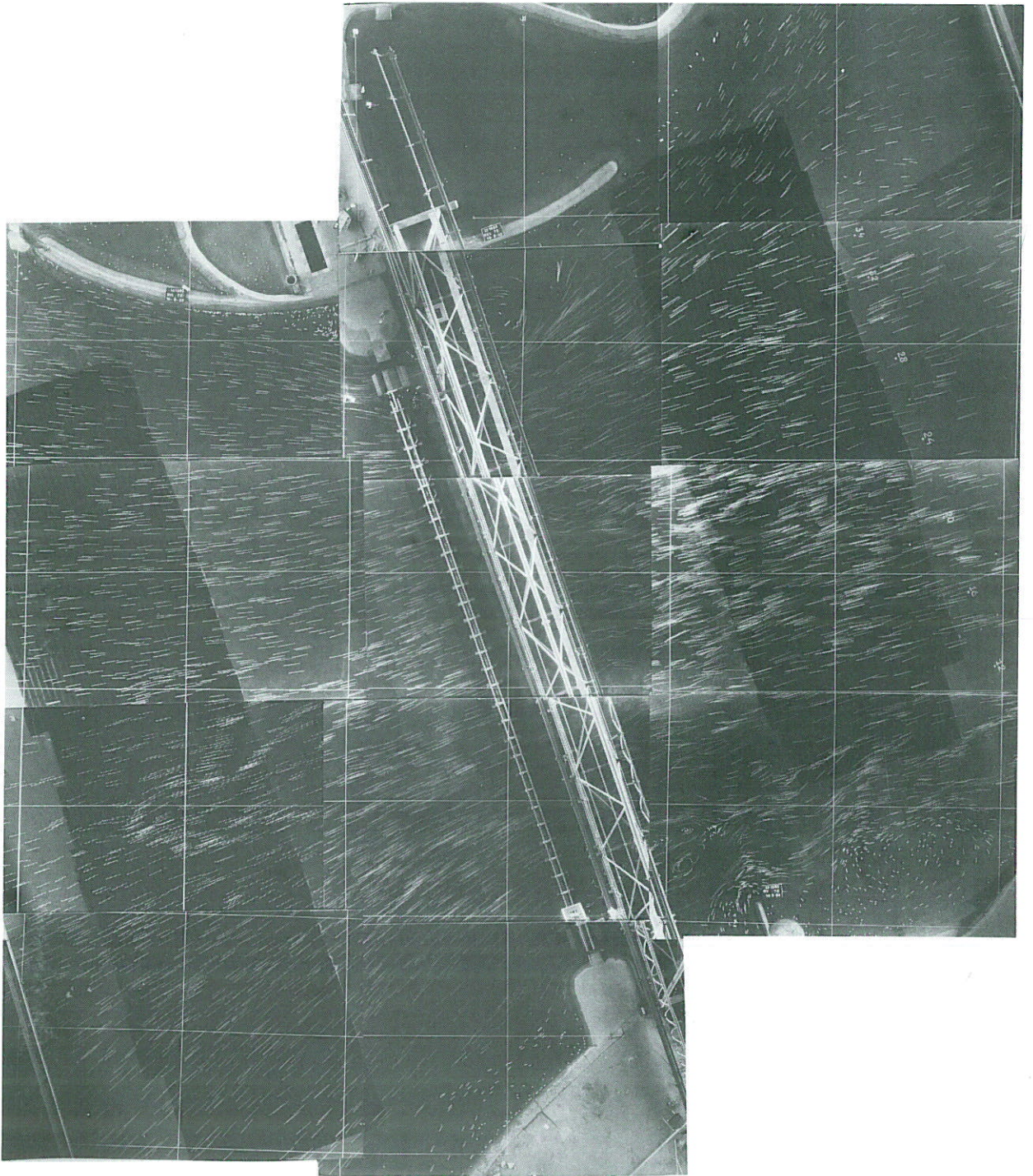


T2, R17-R18 en R18-R19, 1,5 x 1/jr

3. AANTASTING DREMPELTOPLAAG BIJ EEN DORPELBALKFRONT



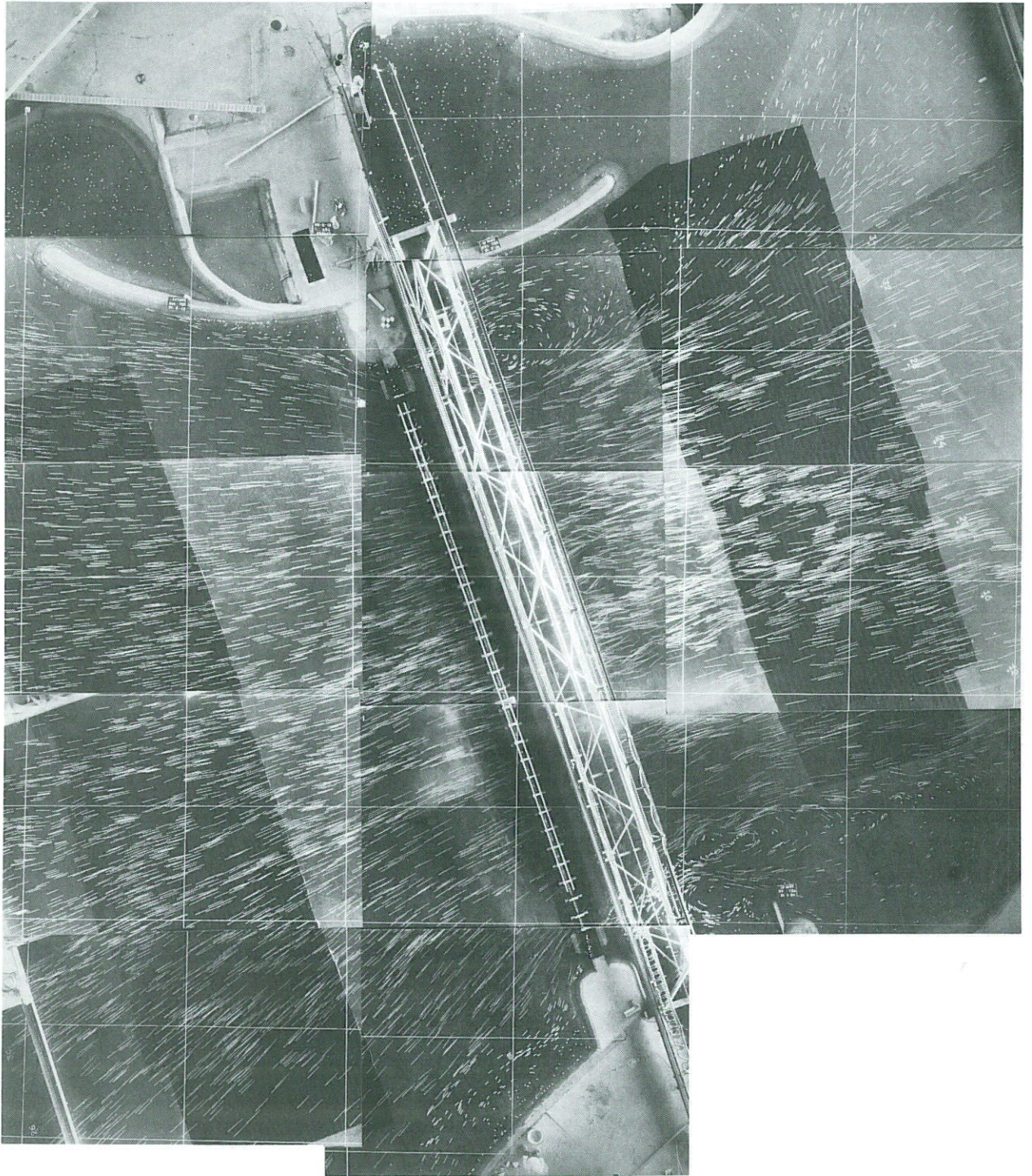
4. T2, ROOMPOT, VLOED (ALS T6)



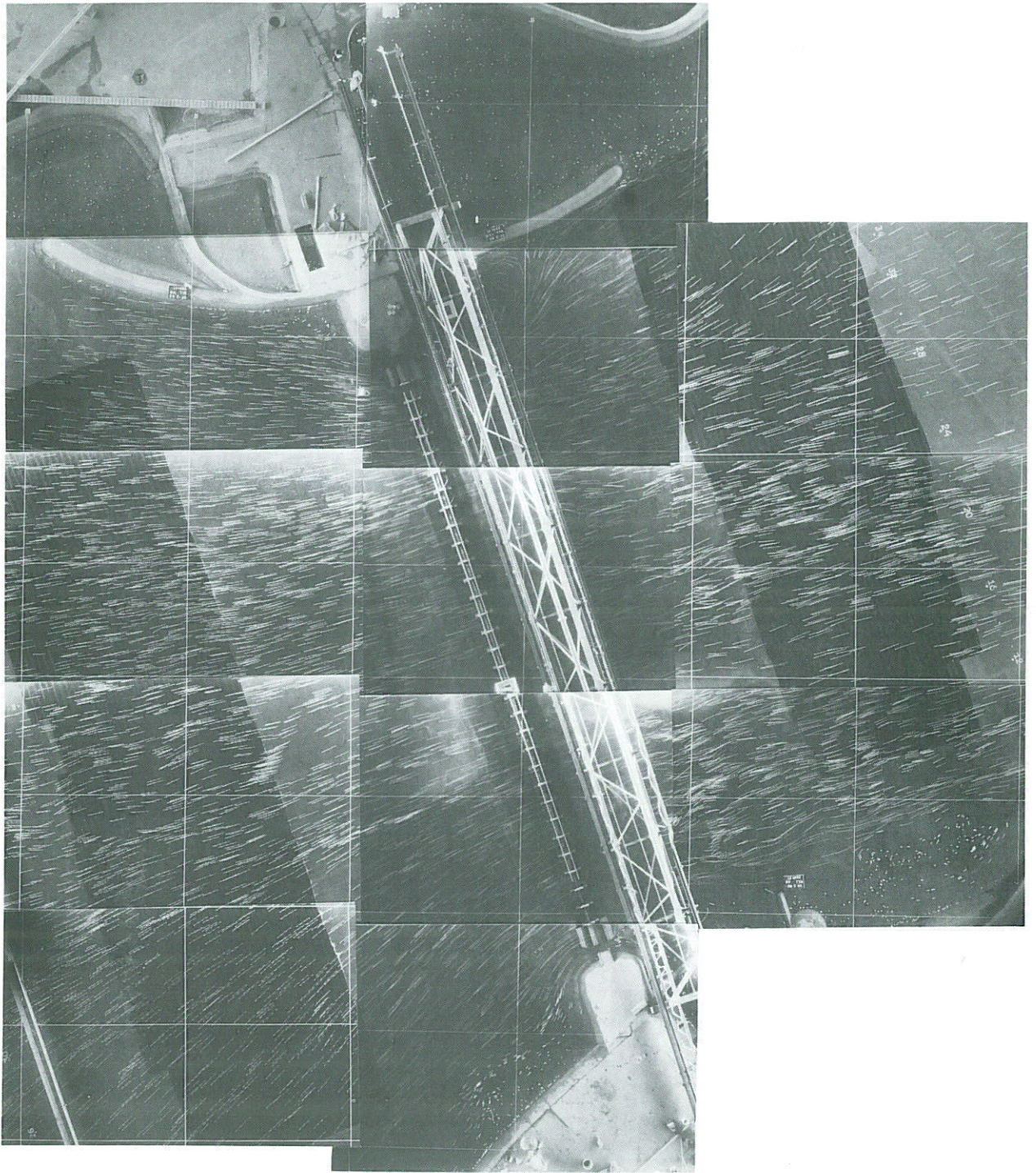
5. T3, ROOMPOT, VLOED



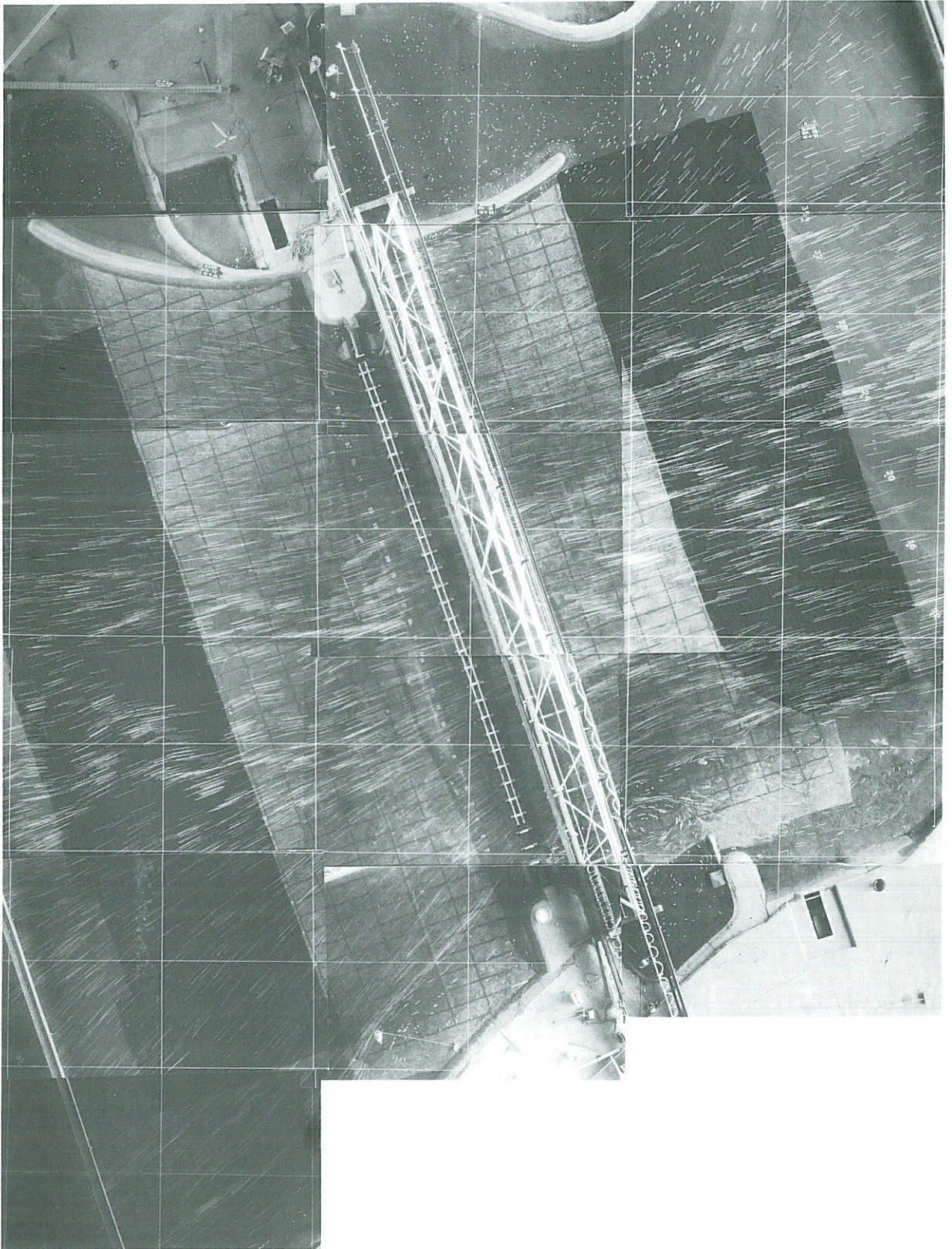
6. T4, ROOMPOT, VLOED



7. T5, ROOMPOT, VLOED



8. T7, ROOMPOT, VLOED



9. T8, ROOMPOT, VLOED

p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands