

96-240

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Stroombestendigheid van een grasmat op  
de dijk van Oostelijk Flevoland.

27 OCT. 1991

**BIBLIOTHEEK**  
Dienst Weg- en Waterbouwkunde  
Postbus 5044, 2600 GA DELFT  
Tel. 015 - 699111

R603  
Augustus 1970.

## INHOUD

<u>TEKST</u>	blz.
1. <u>INLEIDING</u>	1
2. <u>BEPROEVING OP DE DIJK</u>	2
2.1. Opstelling	2
2.2. Beschrijving proeven	2
3. <u>BEPROEVING IN HET LABORATORIUM</u>	5
3.1. Opstelling	5
3.2. De monsters	5
3.3. Beschrijving proeven	6
4. <u>SAMENVATTING</u>	12

## FIGUREN

1. Opstelling erosieproef
2. Opstelling in het laboratorium

## FOTO'S

1. Opstelling op de dijk
2. Voor de proef (T1 - T5)
3. Na de proef (T1 - T5)
4. Voor de proef (T6)
5. Na de proef (T6)
6. Monster voor proef I
7. Monster voor proef III
8. Monster na proef I
9. Monster na proef IV
10. Monster na proef V

## 1. INLEIDING

In een brief d.d. 24 maart 1970, heeft de hoofdingenieur-directeur van de Rijkswaterstaat in de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging het Waterloopkundig Laboratorium opdracht gegeven enkele proeven betreffende de erosie van een grasmat op de dijk van Oostelijk Flevoland te begeleiden.

In juni 1970 werd door ir. Roest van het Centrum Onderzoek Waterkeringen opdracht gegeven aanvullende proeven te verrichten in een reeds bestaande meetopstelling in het laboratorium te Delft.

Het verslag van bovenstaande proeven werd samengesteld door ir. R.J. de Jong.

## 2. BEPROEVING OP DE DIJK

### 2.1 De Opstelling

De opstelling bevond zich op de IJsselmeerdijk van Oostelijk Flevoland tussen K.M. 30<sup>0</sup> en 31<sup>2</sup>, en bestond uit een leiding met pomp, waarmee men via een verdeelbak water over een door schotten begrensde talud kon laten stromen (zie figuur 1 en foto 1).

Het debiet dat over het te beproeven talud stroomde, werd met behulp van een half ronde meetoverlaat met scherpe rand gemeten. De waterstand in de bak kon worden geregeld, doordat de opening van de terugvoerleiding met behulp van schotten gedeeltelijk gesloten kon worden.

De waterhoogte in de bak werd met behulp van een peilnaald of een manometer afgelezen. De waterhoogte van de stroom boven het talud werd met een duimstok gemeten, terwijl de watersnelheden met behulp van een mini-Ottmolen werden gemeten.

### 2.2 Beschrijving van de proeven

Maandag 15 juni 1970

Gootbreedte 75 cm. Foto's 1 en 2 zijn vóór het begin van de proeven genomen.

T 1 - gestart om 10.35 uur

10 Q = 80 l./sec.

10.40 uur - gestopt om steengas aan te brengen onder de overstortende straal - achter de overlaat

10.45 uur - weer gestart

10 10.55 uur - debiet vermindert af en toe tot 60 l./sec.

5 11.00 uur - debiet schommelt nu rond 85 l./sec.

10 11.10 uur - gestopt - er ontstaan kleine gaatjes waar de wortel-structuur zichtbaar wordt - waterdiepte tijdens stromen 3 à 4 cm. - geschatte stroomsnelheid 2 m./sec.

T 2 - 11.10 uur - gestart - snelheid 3,60 m./sec. Q = 120 l./sec.

20 11.40 uur - gestopt - niet veel verandering

- T 3 - 11.45 uur - gestart - snelheid 4,60 m./sec.  $Q = 190$  l./sec.  
 12.15 uur - gestopt - vrijwel geen verandering
- T 4 - 12.20 uur - gestart - snelheid 5,80 m./sec.  $Q = 250$  l./sec.-  
 waterdiepte 7 cm.  
 12.50 uur - gestopt - nog geen noemenswaardige schade
- T 5 - 12.55 uur - gestart - zelfde gegevens als proef T 4  
 13.00 uur - gat gemaakt van 20 x 20 x 3 cm. - bovenste graslaag  
 verwijderd - debiet tijdens proef gezakt tot 220 l./sec.  
 13.30 uur - gestopt - geen noemenswaardige schade - gat werd  
 beschermd door wortelstructuur - zie foto 3.

Dinsdag 16 juni 1970

Gehele opstelling 4 m. verplaatst. Gootbreedte 48 cm. Peilnaald voor de meting van de overstorthoogte vervangen door manometer. Nieuwe beluchtingsgaten gemaakt (zaten niet op de juiste plaats). Over een lengte van 2 m. steengaas aangebracht om overstortende straal te breken. Uit enkele kale plekken in en naast de goot zijn monsters gestoken. (foto 4).

- T 6 - 14.45 uur - gestart - snelheid 6 m./sec.  $Q = 235$  l./sec. -  
 12 waterdiepte 14 cm.
- 14.57 uur - gestopt om weggespoeld steengaas weer aan te brengen
- 15.05 uur - gestart -  $Q = 220$  l./sec.
- 15.23 uur - gestopt - kale plek begint uit te slijten, vooral  
 in de diepte
- 15.27 uur - verder gestroomd -  $Q = 215$  l./sec. - waterdiepte 14 cm.
- 15.57 uur - gestopt - achter de kale plek is het talud over een  
 lengte van 25 cm. ondergraven - kuiltje is 5 cm. diep-  
 hechte wortelstructuur houdt grasmat vast - verder geen  
 waarneembare schade op het grastalud.
- 16.00 uur - gestart -  $Q = 220$  l./sec.

30

- 16.30 uur - gestopt - gat was verder uitgeslepen: 13 cm. stroomop-  
waarts uitgebreid - 15 cm. breed - 9 cm. diep -  
ondergraving 35 cm. - zie foto 5
- 16.40 uur - gestart -  $Q = 260 \text{ l./sec.}$  - bereikt door opvoeren  
5 toerental pomp - snelheid 6 m./sec. - waterdiepte 19 cm.
- 16.45 uur - toerental pomp nog verder vergroot -  $Q = 320 \text{ l./sec.}$  -  
25 waterdiepte 20 cm. - snelheid 6 m./sec.
- 17.10 uur - gestopt - ondergraving 12 cm. diep - 50 cm. lang -  
17 cm. breed - wortels houden gras nog steeds vast -  
grasmat langs gootranden losgetrokken over een lengte  
van 1 meter
- 17.20 uur - gestart -  $Q = 320 \text{ l./sec.}$
- 17.30 uur - gestopt - aan plotselinge slibafvoer was te zien dat  
er iets was gebeurd - grasmat was losgerukt en opgerold -  
proef gestopt

Opvallend was dat op plaatsen waar veel werd gelopen en de grond  
door lekwater was verzadigd, een sterke verweking optrad.

#### Konklusie

De grasmat kan door zijn goede wortelstructuur, die goed verankerd  
ligt in een waarschijnlijk niet te schrale klei een stroomsnelheid  
van 6 m./sec. geruime tijd doorstaan. Bij een met opzet aangebrachte  
beschadiging kan de gehele grasmat bij stromen met deze snelheid worden  
aangetast.

### 3. BEPROEVING IN HET LABORATORIUM

#### 3.1 Opstelling

De opstelling bestond uit een leiding van 50 cm. x 20 cm., die voor een gedeelte (de meetsektie) met behulp van perspexruiten van boven en van opzij doorzichtig was gemaakt (figuur 2). In de bodem van de meetsektie was een opening aangebracht waartegen de monsterbak ( $l \times b \times h = 1,00 \times 0,40 \times 0,25 \text{ m}^3$ ) geklemd kon worden. Voor het monster had de leiding een verruwde bodem (porfier-split), om het snelheidsprofiel enigszins aan te passen. De monsterbak had een losse, opdrukbare bodem (figuur 2). Om nu het monster te vrijwaren van beschadiging door eventueel tussen het monster en de bak doorspoelend water, wordt om de monsterbak nog een waterdichte stalen kist gemonteerd. Door de bodem van de kist liepen twee stalen pennen die de draagconstructie van de losse bodemplaat van de monsterbak ondersteunden. Deze pennen werden met behulp van vijzels in hoogte gesteld, waardoor het mogelijk was het monsteroppervlak tijdens de beproeving min of meer gelijk te houden met de bodem van de meetsektie. Voor het starten van de proef werden leiding en waterdichte kist met water gevuld. Vóór het monster in de meetsektie bevond zich een in hoogte verstelbare pitot-cylinder. Met behulp hiervan werden voor verschillende debieten de snelheidsprofielen bepaald. Van het onderste deel van deze profielen (vanaf bodem tot de hoogte waarop  $\frac{dv}{dh} = 0$ ) werd de gemiddelde snelheid bepaald. De aflezing op 0,4 van deze hoogte werd als maatgevend aangehouden.

De maximale snelheid die in de meetsektie verkregen kon worden bedroeg ruim 4m/sec.

#### 3.2 De monsters

Doordat de losse bodem en ondersteuning van elke monsterbak verwijderd kon worden, kon het resterende frame met zijwanden de grond ingeperst worden, waardoor een ongeschonden monster verkregen werd.



In totaal werden vier monsters aangevoerd:

- monster 1 , genaamd K.M. 22-Boven.  
 monster 2 , genaamd K.M. 22-Beneden.  
 monster 3 , genaamd K.M. 30,65-Boven.  
 monster 4 , genaamd K.M. 30,65-Beneden.

Monster 1 heeft links vooraan (gezien vanuit aanstroom-richting in de proef) een klein verdiept kaal plekje, en ongeveer in het midden 2 kleine kale plekjes.

Overigens heeft het monster een goede egale begroeiing (zie foto 6).

Monster 2 heeft een scheef oppervlak: rechts (gezien vanuit stroomrichting) ligt het 5 cm. hoger dan links; terwijl links achter een ondiepe lange smalle sleuf tussen monster en bak aanwezig is.

Overigens een goede begroeiing zonder kale plekken.

Monster 3 heeft verspreid over het oppervlak een flink aantal kale plekken. De grasbegroeiing is niet egaal, maar bestaat uit pollen, terwijl enig onkruid aanwezig is (zie foto 7).

Monster 4 heeft rechts achteraan een smalle lange kale plek, met in de hoek een kleine verdieping. Links achteraan zit een kaal plekje.

Overigens een dichte begroeiing.

### 3.3 Beschrijving Proeven.

Plaatsaanduiding monster, steeds gezien vanuit bovenstroomse positie.

#### 3.3.1 Proef I monster 1; start van de proef 29 juni 1970.

14.10 uur. - snelheid 3m/sec. - kale plek links vooraan verdiept tot 3 cm.- verder geen schade.

15.10 uur - snelheid 4 m./sec. - kale plek verdiept tot 4 cm. -  
verder geen schade

16.30 uur - hier en daar zijn worteltjes te zien - proef gestopt  
30 juni 1970.

9.20 uur - snelheid 4,10 m./sec.

11.00 uur - kale plek links vooraan nu ca. 5 cm. diep - lichte  
erosie rond wortels

13.00 uur - voorzijde monster gaat licht eroderen - ook achter-  
aan aan de zijkant - dit is een gevolg van ter plaatse  
doorgesneden wortels, waardoor de structuur niet zo  
hecht meer is (randeffekt) - verder geen noemenswaardige  
veranderingen

14.00 uur - proef gestopt

Gedurende de proef is het monster in totaal gemiddeld 3 mm. omhoog  
gedrukt.

### Konklusie

Als gevolg van een dichte wortelstructuur en een niet makkelijk  
erodeerbare klei is de bekleding nog goed stroombestendig bij een  
snelheid van ruim 4 m./sec.

Foto 8 geeft het beproefde monster weer.

### 3.3.2 Proef II monster 2; start van de proef 1 juli 1970.

13.30 uur - snelheid 3 m./sec. - lichte erosie rond wortels aan  
voorzijde

14.30 uur - snelheid 4,10 m./sec.

17.00 uur - lichte erosie rond wortels aan voorzijde - verder  
geen schade - proef gestopt

2 juli 1970.

13.45 uur - snelheid 4,10 m./sec.

17.15 uur - geen verandering van de schade - proef gestopt - na  
demontage bleek dat de sleuf links achteraan iets verdiept  
was

Konklusie

Evenals monster 1 heeft dit monster een goede stroombestendige grasmat.

3.3.3 Proef III monster 3; start van de proef 6 juli 1970.

- 9.30 uur - snelheid 3 m./sec. - lichte erosie op kale plekken  
 2 en rond graspolletjes
- 11.30 uur - snelheid 3,5 m./sec.
- 155 13.25 uur - erosie gaat langzaam - hier en daar is wortelstructuur  
 05 wat zichtbaar geworden
- 13.30 uur - snelheid 4,10 m./sec. - links achteraan spoelt wat weg  
 2
- 15.30 uur - wortelstructuur nu goed zichtbaar - beschermt onderliggend materiaal  
 1
- 16.30 uur - oorspronkelijk kale plek links vooraan is nu tot  
 4 à 5 cm. verdiept - links achteraan zit een gaatje,  
 03<sup>30</sup> waardoor de bodemplaat zichtbaar is (waarschijnlijk ontstaan door een randeffekt)
- 17.00 uur - proef gestopt

7 juli 1970.

- 9.00 uur - snelheid 4,10 m./sec.
- 2<sup>30</sup> 11.30 uur - schade: kale plekken zijn wat geërodeerd - gras blijft  
 aan wortels hangen en beschermt de ondergrond - echter geen grote schade te constateren - proef gestopt

Het monster is in totaal ca. 1,5 cm. opgedrukt.

Konklusie

Ondanks de minder goede grasmat (veel kale plekken) is de wortelstructuur blijkbaar vrij dicht en goed verankerd in de klei, zodat bij erosie van de kale plekken de grasmat nog gedurende lange tijd bij een snelheid van 4 m./sec. bescherming biedt.

3.3.4 Proef IV monster 4; start van de proef 9 juli 1970.

Op ca. 25 cm. van de achterrand werd een stalen buis  $\phi$  100 mm. de grond ingedrukt. De buis reikte tot op de bodemlaag. Ze was bovendien over nagenoeg de gehele waterhoogte aanwezig, zodat het snelheidsprofiel in de buurt van de buis vrijwel gelijk zal zijn aan dat van een oneindig lange cylinder in een stroom.

Naast de cylinder zijn de snelheden gemiddeld 25% hoger dan in het meetpunt, terwijl langs de wand van de cylinder deze snelheid veel groter kan zijn. Door het in de grond slaan van de cylinder werden ter plaatse de wortels doorgesneden. In de praktijk zal bij een paal dat minder het geval zijn; bovendien herstelt de grasmat zich na enige tijd.

Juist rechts achter de cylinder zit een kaal plekje.

- 130 14.00 uur - snelheid 2 m./sec.  
 15.30 uur - lichte erosie op kale plekken - aan voorzijde cylinder  
 130 en langs linkerzijde cylinder uitschuring tot 1 cm. diepte  
 17.00 uur - proef gestopt - geen verandering in de schade

10 juli 1970.

- 1 8.45 uur - snelheid 2,5 m./sec.  
 9.45 uur - langs linkerkant cylinder erosie tot 2 cm. diepte -  
 115 direkt rechts achter de paal wortelstructuur zichtbaar -  
 in eerste deel van het monster enige erosie op kleine  
 kale plekken  
 50 11.00 uur - uitschuring langs de cylinder ca. 2 cm. diep  
 11.50 uur - snelheid 3 m./sec.  
 140 13.30 uur - erosie langs de cylinder breidt zich langs de wand  
 30 naar achteren uit - gras hangt aan worteltjes  
 14.00 uur - snelheid 4,10 m./sec. - gat nu volledig rondom de buis -  
 120 rechts achter de buis hangt het gras aan de wortels en  
 verdiept de kale plek langzaam - het voorste deel van het  
 monster vertoont nauwelijks schade  
 15.30 uur - erosie langs de buis gaat nog langzaam - kale plek  
 040 achter de buis breidt zich naar achteren uit, maar wordt  
 niet veel dieper - langs de randen van het monster ont-  
 staan door randeffekten sleuven

16.10 uur - proef gestopt i.v.m. schade langs de randen van het monster - gat links van buis 10 cm. diep - rechts 15 cm. diep

Het monster werd in totaal ca. 5 mm. opgedrukt.

### Konklusie

De erosie langs de cylinder gaat ook bij 4 m./sec. na enige tijd nog maar langzaam. De erosie van kale plekken houdt ook na zekere tijd op doordat de wortelstructuur de ondergrond beschermt. Een combinatie van erosie bij een cylinder en een kale plek kan gevaarlijk zijn, doordat het water via de sleuf langs de cylinder onder de grasmat kan komen, waardoor de grasmat zijn afdekkende functie verliest. (Dit is de reden dat de sleuf rechts van de cylinder op den duur dieper werd dan die links van de cylinder.)

Doordat schade aan de randen van het monster een te grote invloed kreeg is de proef gestopt, zodat de combinatie "kale plek bij cylinder" slechts gedurende 2 uur bij een snelheid van 4 m./sec. onderzocht kon worden.

Foto 9 geeft het resultaat; doordat het gras de beschadigde plaatsen bedekt, is de schade moeilijk te ontdekken. Wel kunnen rechts achter de cylinder wortels worden onderscheiden.

### 3.3.5 Proef V monster 3; start van de proef 17 juli 1970.

Van het monster werd de bovenste 6 cm. (de grasmat) verwijderd. Bij het begin van de proef ligt het monsteroppervlak gelijk met de bodem van de meetsektie.

Het klei-oppervlak ziet er korrelig uit (door de bewerking) en bevat schelpen. Links achteraan is een gat dichtgestopt.

60  
9.15 uur - snelheid 1,5 m./sec. - in het begin een regelmatig transport van kleideeltjes - worteltjes worden al zichtbaar

905  
10.15 uur - snelheid 2 m./sec. - vrij egale, langzame erosie - links vooraan enige verdieping

- 5 13.40 uur - gemiddelde ontgronding enkele millimeters
- 13.45 uur - snelheid 2,5 m./sec. - ontgronding blijft langzaam  
25 verlopen
- 14.10 uur - snelheid 3 m./sec. - over het hele monster enige erosie -  
20 wortelstructuur wordt duidelijk zichtbaar
- 14.35 uur - gemiddelde ontgronding ca. 1 cm. - erosie gaat langzaam  
5 verder - mogelijk op de lange duur flinke erosie
- 14.40 uur - snelheid 3,5 m./sec. - een vrij egale erosie met  
30 gaten van 2 à 3 cm. ten opzichte van het oorspronkelijke oppervlak
- 15.10 uur - snelheid 4 m./sec. - voorzijde ontgrondt nu sterk -  
50 wellicht door de overgang gootbodem - monster en een randeffekt
- 16.00 uur - voorzijde in totaal 3 à 3,5 cm. opgedrukt - blijft sterk eroderen - rest van het monster vertoont lichte erosie - proef gestopt omdat erosie aan voorzijde niet reëel was en te sterk werd (zie foto 10).

Het monster werd in totaal ca. 2 cm. opgedrukt. De foto geeft hiervan geen reëel beeld, omdat het monster bij demontage weer terugzakke in de bak.

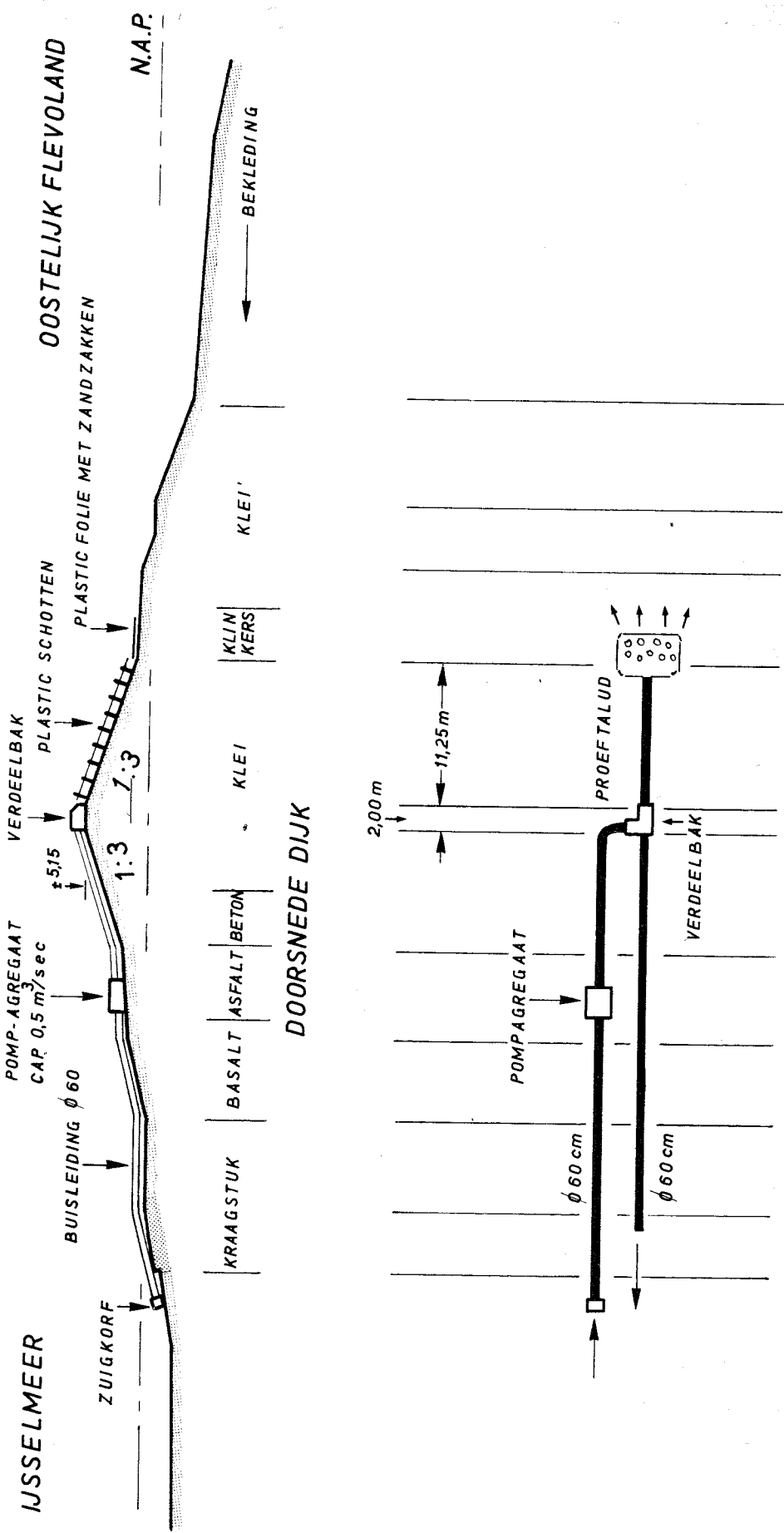
### Konklusie

Nadat aanvankelijk ook bij kleine snelheden wat erosie optrad, is het monster toch gedurende enige tijd bestand gebleken tegen hoge stroomaanval.

Door een randeffekt moest de proef gestaakt worden.

#### 4. SAMENVATTING

Uit de proeven zowel in de natuur als in het laboratorium blijkt dat een goede grasmat op een goede ondergrond bestand is tegen stroomsnelheden in de orde van grootte van 6 m/sec. Bij beschadiging van de wortelstructuur treedt zeer snel aantasting op, waardoor de weerstand van de hele grasmat sterk gereduceerd wordt.



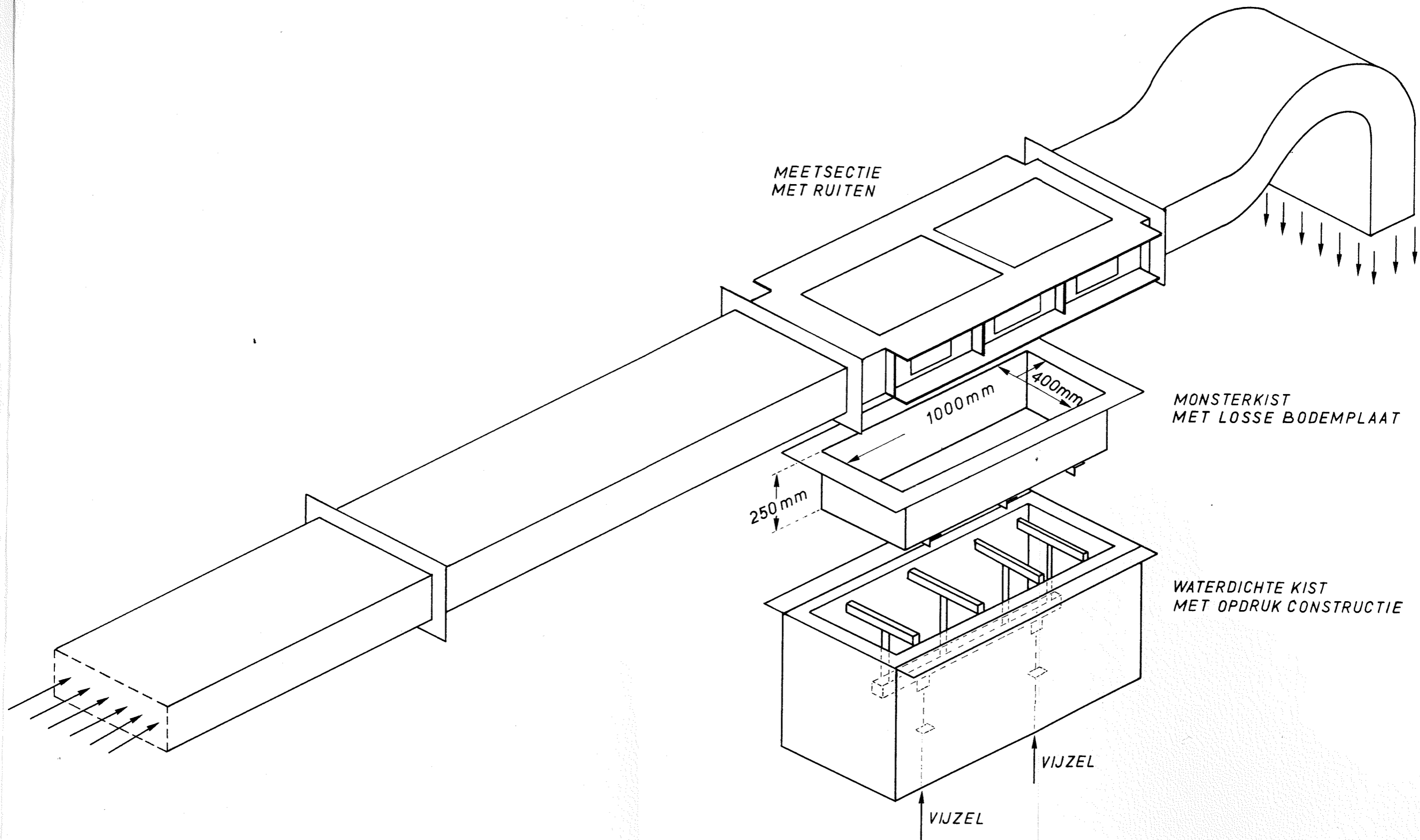
BOVENAANZICHT DIJK

OPSTELLING EROSIEPROEF OP DE IJSSELMEERDIJK  
VAN OOSTELIJK FLEVOLAND

	JM
SCHAAL 1:500	A4
R 603-1001	FIG 1

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

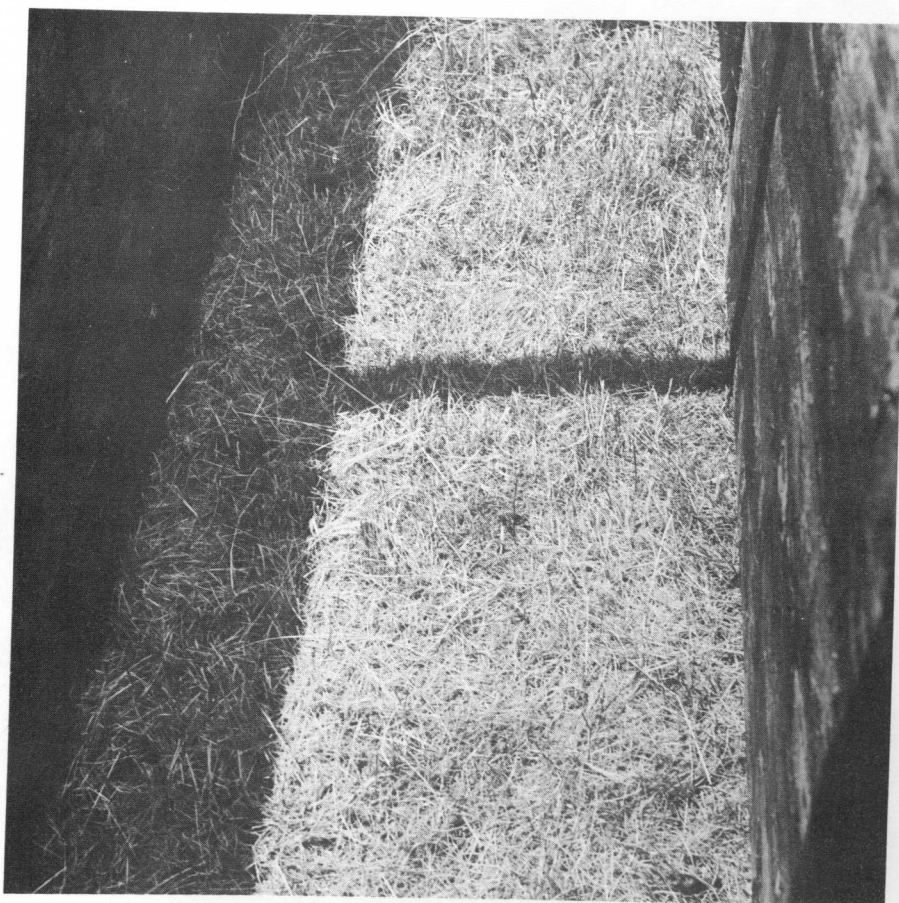




OPSTELLING IN HET LABORATORIUM		JM
	SCHAAL $\approx$ 1:20	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 603-1002	FIG. 2



1. OPSTELLING OP DE DIJK



2. VOOR DE PROEF (T1-T5)



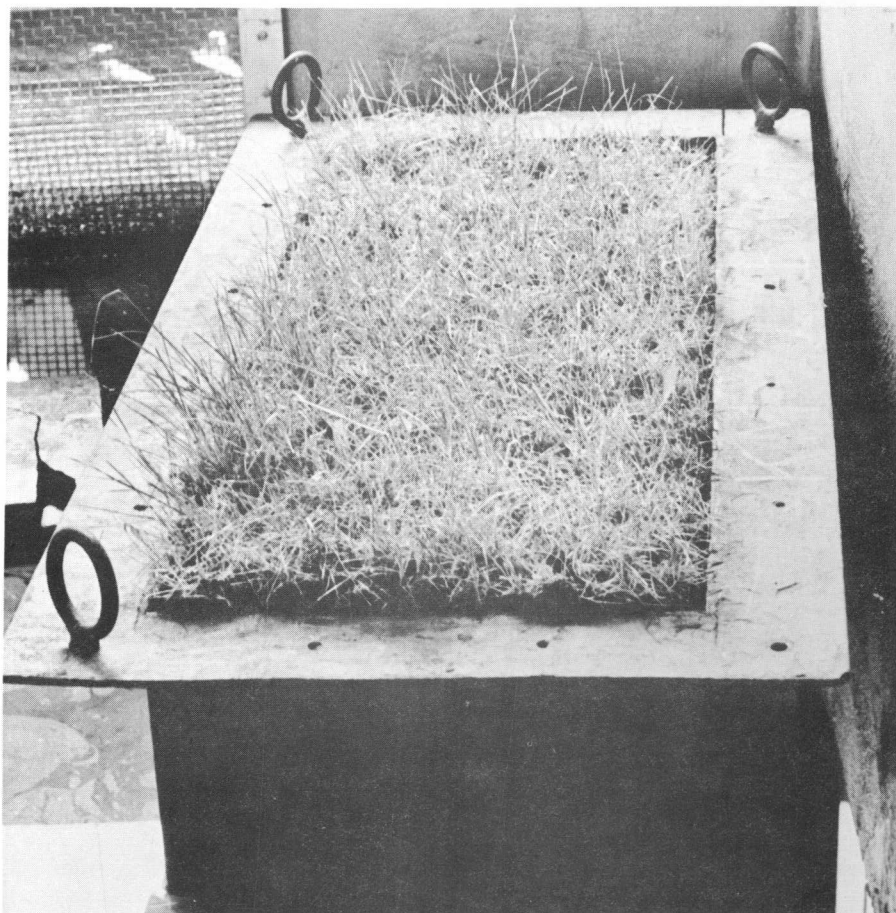
3. NA DE PROEF ( T1 - T5 )



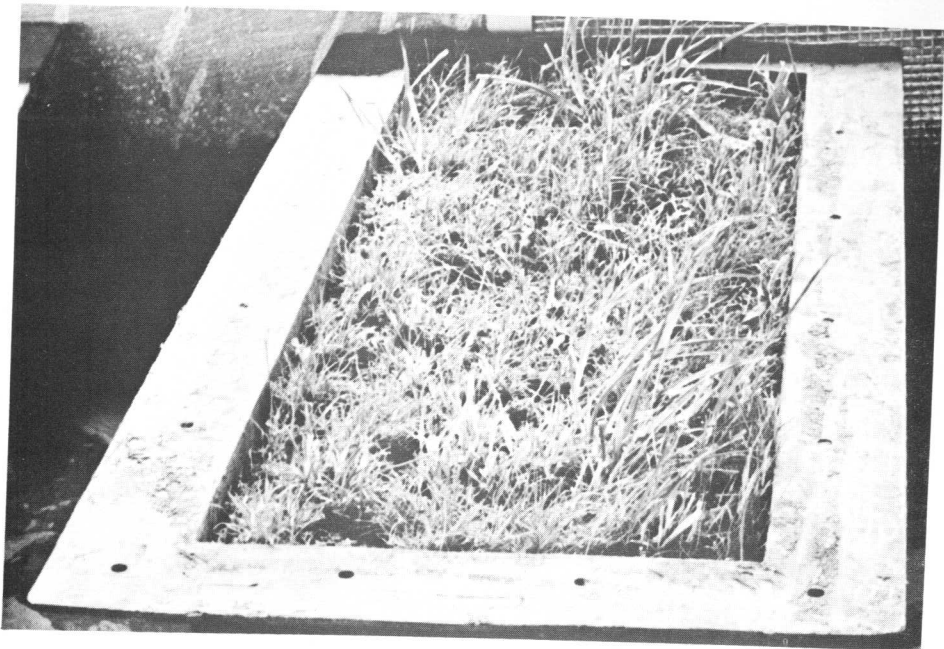
4. VOOR DE PROEF ( T6 )



5. NA PROEF ( T 6 )



6. MONSTER 1 VOOR PROEF I



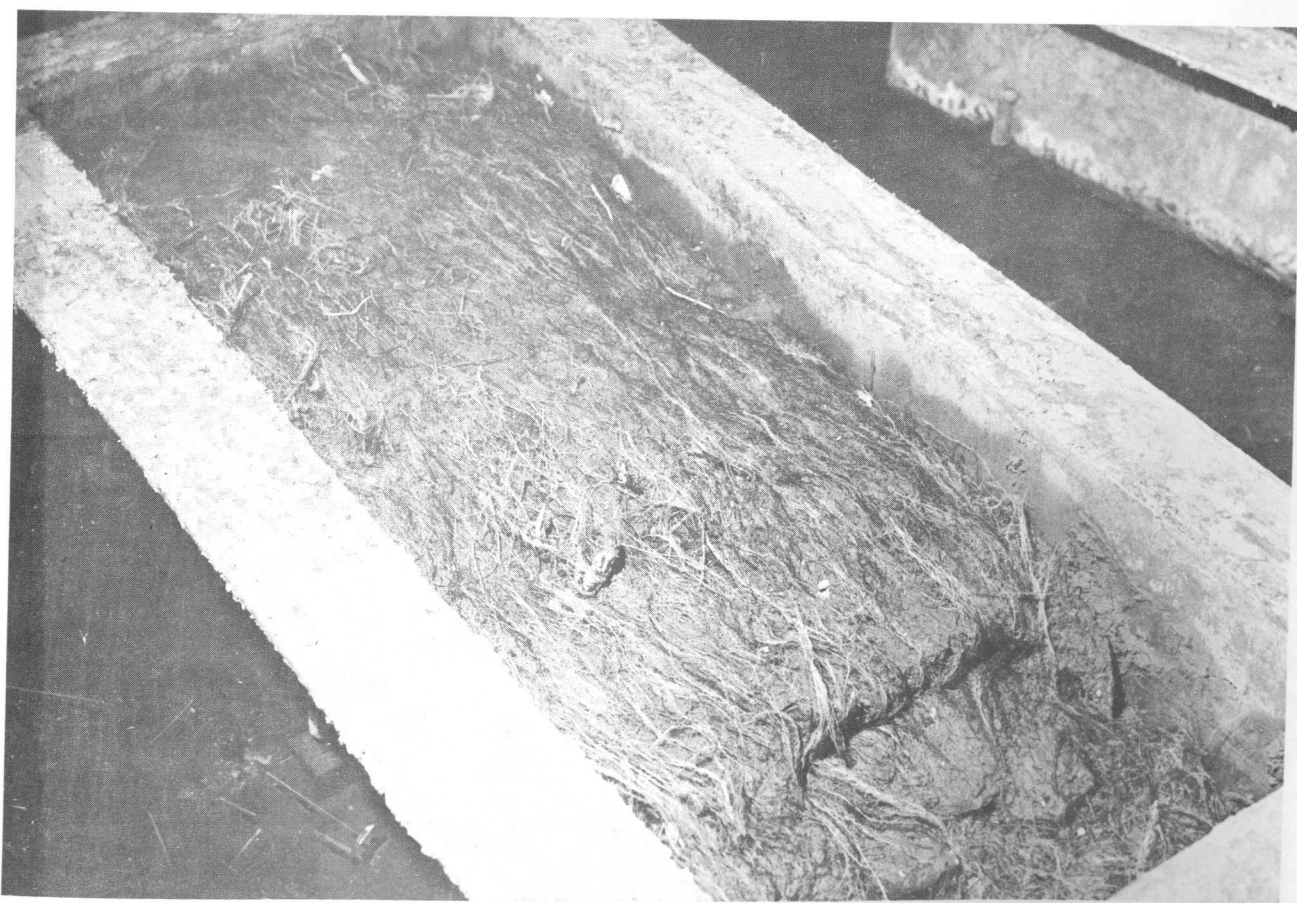
7. MONSTER 3 VOOR PROEF III



8. MONSTER 1 NA PROEF I



9. MONSTER 4 NA PROEF IV



10. MONSTER 3 NA PROEF V