

Onderzoek gras op klei als dijkbe-  
kleding;  
Aanzet voor een onderzoeksprogramma  
S-80.049

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen  
ir. J.J.W. Seijffert  
November 1984

Onderzoek gras op klei als dijkbekleding; Aanzet voor een onderzoeks-  
programma S-80.049

<u>Inhoud</u>	<u>Blz.</u>
1. Inleiding	1
2. Algemene eisen die aan een dijkbekleding gesteld kunnen worden	2
3. Keuze van een soort bekleding	2
4. Belangrijke functies en eigenschappen van gras op klei als dijkbekleding.	3
4.1. Nuttige eigenschappen van een grasmat	3
4.2. Enkele nadelige eigenschappen van een grasmat	3
4.3. Speciale eisen en beperkingen die een grasmat oplegt.	4
4.4. Enkele criteria voor onderzoek naar gras op klei	4
5. Algemene vraagstelling voor het onderzoek "gras op klei"	6
5.1. Te beschouwen bezwijkmechanisme	7
5.2. Enkele beschouwingen bij de genoemde bezwijkmechanismen	8
5.3. Een volgorde van prioriteiten	9
6. De aanpak van het onderzoek naar de erosiebestendigheid van gras op klei	10
6.1. De belasting	10
6.2. De sterkte van een grasmat waarvan op een gegeven moment alle sterkte-parameters vastliggen.	13
6.3. De invloed van uitwendige factoren op de sterkte	14
6.4. Erosiebestendigheid bij overgangen	15

## 1. Inleiding

Gras op klei is het meest voorkomende type dijkbekleding. Om na te gaan waar onderzoek naar dit type bekleding zich op moet richten moet worden uitgegaan van de algemeen geldende functies van een dijkbekleding. Vervolgens moet rekening worden gehouden met de noodzaak in veel gevallen een afweging en een keuze te maken tussen typen dijkbekleding. Deze keuze zal op zichzelf buiten de te presenteren aanpak van het onderzoek worden gehouden. Dit zowel omdat het te ver gaat de financiële aspecten van deze keuze hierin te betrekken als wel omdat de keuze van een bekledingstype (doorlatend-niet doorlatend, wel of geen dikke kleibekleding) zo sterk samenhangt met het ontwerp van een compleet dwarsprofiel dat dit veel te ver zou voeren.

Doordat gras op een dijk altijd een innige combinatie vormt met klei bevat dit onderzoek onvermijdelijk overlappingsen met elders aan de gang zijnde onderzoek naar klei voor toepassing in dijken. Ook dat is echter een zo groot onderzoeksgebied dat niet gezocht is naar een integrale aanpak. Een regelmatig contact tussen de personen die het klei-onderzoek uitvoeren met degenen die het grasonderzoek doen lijkt de beste methode om dubbel werk te vermijden en om snel resultaten te kunnen uitwisselen.

Nadat een groot aantal voor een grasbekleding min of meer van belang zijnde aspecten, voordelige en nadelige, zijn opgesomd worden aan de hand van een aantal bezwijkmechanismen enkele onderzoeksaspecten geselecteerd. Deze worden in een prioriteitvolgorde geplaatst en één ervan, de erosiebestendigheid van gras op klei, wordt nader uitgewerkt.

Bewust is nog niet naar volledigheid gestreefd en zijn de andere onderzoeksaspecten nog niet verder uitgewerkt. Afhankelijk van de reacties op de gegeven opzet kan dit alsnog gebeuren.

Ook zijn voor de erosiebestendigheid nog geen concrete onderzoeksvoorstellen gedaan, omdat dat in wat algemenere kader te ver leek te gaan. De bedoeling is meer om dit stuk te gebruiken als handleiding om van belang zijnde onderzoeksaspecten op te sporen en om een handzame basis te bieden voor een op te zetten onderzoeksplan voor gras op klei als dijkbekleding.

2. Algemene eisen die aan een dijkbekleding gesteld kunnen worden:

1. Bescherming van het dijklichaam tegen erosie, door golven, stroom en bijzondere belastingen zoals lopend vee, rijdende auto's, gravende dieren en mensen, drijvende voorwerpen en ijs enz.
2. Regelen van de doorlatendheid van de buitenschil van het dijklichaam.

Naast deze twee zijn er nog een groot aantal mogelijke functies van de dijkbekleding te bedenken. Deze zijn echter tamelijk gebonden aan de soort bekleding en kunnen daarom beter uitgewerkt worden na de keuze van een soort bekleding.

3. Keuze van een soort bekleding

In het algemeen wordt voor dijkbekledingen die zich voor een groot deel van de tijd boven water bevinden, de volgende indeling aangehouden:

1. Bekledingen van gezette elementen, meestal van beton of natuursteen (open constructies).
2. Bekleding van asfaltbeton (dichte constructies, behalve bij open steenasfalt).
3. Bekleding van gras op klei.

Voor een goede keuze tussen deze drie is een gedegen kennis van de eigenschappen van elk der drie soorten nodig. Het nog uit te voeren onderzoek heeft dan ook mede ten doel een betere keuze te kunnen maken.

Het doen van een keuze vermengt zich echter zo sterk met totale ontwerp van het dwarsprofiel voor de dijk dat het nu te ver voert alle relevante aspecten van deze afweging mee te nemen. In het navolgende zal ervan worden uitgegaan dat een keuze voor gras op klei gemaakt is. Als bijzondere vorm hiervan worden doorgroeistenen of graskeien mee in beschouwing genomen.

Bij de opzet van onderzoek aan gras op klei moet er echter rekening mee worden gehouden dat het kunnen maken van een goede keuze tussen soorten bekledingen een belangrijke toepassing van het onderzoeksresultaat zal zijn.

#### 4. Belangrijke functies en eigenschappen van gras op klei als dijk-bekleding

De belangrijkste functies van gras op klei die de veiligheid betreffen:

- bescherming tegen erosie en
- regelen van de doorlatendheid

zijn al genoemd. Alvorens deze aspecten verder uit te werken verdienen een groot aantal eigenschappen van gras op klei de aandacht die vooral samenhangen met het feit dat gras een levend materiaal is. Soms zijn deze eigenschappen van gras op klei mede van invloed op de veiligheidsaspecten, soms niet.

##### 4.1. Nuttige eigenschappen van een grasmat

- gras legt, afhankelijk van de snelheid en de wijze van groeien, het dijkmateriaal vast tegen verstuiven door wind en tegen wegspoelen door regen.
- gras heeft een zekere ruwheid die de golfoploop en -overslag reduceert.
- gras is bruikbaar als voer voor vee, in de vorm van hooiland of weiland.
- een grasmat is een tehuis voor wilde planten en sommige dieren. Vooral in combinatie met steile taluds wordt dit soms zeer gewaardeerd.
- een grasmat wordt veelal gewaardeerd als element in het landschap.
- gras biedt mogelijkheden voor recreatieve activiteiten.
- gras is (tot op zekere hoogte) zelf herstellend en een bekleding van gras op klei heeft daardoor nagenoeg geen last van zettingen van de ondergrond.
- gras beperkt de breedte van oppervlakkige krimp-scheuren in een krimp-gevoelige kleilaag.

##### 4.2. Enkele nadelige eigenschappen van een grasmat

Daar staan ook enkele nadelige eigenschappen tegenover:

- een grasmat trekt dieren aan die zich er mee willen voeden en er vervolgens in gaan graven of het stuk lopen (groot vee, konijnen, mollen, muizen, muskusratten).
- een grasmat vormt een groeiplaats voor opschietende struiken en bomen.
- beweiding vraagt om afrasteringen die een plaatselijke verzwakking veroorzaken.
- gras op dijken is een uitwijkplaats voor het dumpen van mest overschotten.

- grasgroei onttrekt krimp-scheuren in de onderliggende klei aan het zicht.
- gras is kwetsbaar voor extreme klimatologische verschijnselen: teveel zout door stuivend zeewater, langdurig onder water staan, droogte, vorst (en opdooi).
- gras is kwetsbaar voor mechanische beschadigingen, afdekking door aangespoeld materiaal en voor sommige verontreinigingen. Met voertuigen rijden over gras is slechts in zeer beperkte mate mogelijk of toelaatbaar.
- de doorlatendheid van de bovenste, met gras begroeide laag klei kan dit talud kwetsbaar maken voor instabiliteit bij infiltrerend water (b.v. door golfoverslag).

#### 4.3. Speciale eisen en beperkingen die een grasmat oplegt.

Voor een goede conditie stelt gras een aantal eisen en legt het enige beperkingen op aan het onderliggende talud, zowel bij aanleg als bij onderhoud:

- gras vereist regelmatig onderhoud of door beweiden òf door maaien.
- gras vereist een ondergrond met voldoende vochthoudend vermogen en goede structuur (porositeit en kruimelstructuur).
- gras vraagt een grondsoort (klei) die in samenhang met het gras weerstand aan uitwendige belastingen biedt.
- gras vraagt een goede voedingsbodem, eventueel aan te vullen door bemesting.
- inzaai van gras stelt eisen aan de bewerking van de bovenste laag klei.
- de "structuur" van deze bovenlaag geeft deze bovenlaag altijd een zekere doorlatendheid. Een geheel dichte bekledingslaag is niet mogelijk of moet dieper aangebracht worden.
- in het algemeen werken zeer steile taluds versterkend op de zwakke eigenschappen en werken ze nadelig op de nuttige eigenschappen.

#### 4.4. Enkele criteria voor onderzoek naar gras op klei

Of de vorenstaande eigenschappen van gras op klei onderwerp van studie moeten zijn hangt van de volgende criteria af:

- 1<sup>e</sup> Heeft onzekerheid over de genoemde eigenschap belangrijke gevolgen voor te maken keuzen in het ontwerp, de onderhoudsmethode of het beheer?

- 2<sup>e</sup> Hebben die gevolgen belangrijke consequenties voor kosten van aanleg, onderhoud of voor de veiligheid?
- 3<sup>e</sup> Kan verwacht worden dat door onderzoek de onzekerheid verminderd kan worden.
- 4<sup>e</sup> Staat de te verrichten onderzoeksinspanning in redelijke verhouding tot de te verwachten verbetering?

5. Algemene vraagstelling voor het onderzoek "gras op klei"

Voor wat betreft de aanleg en het onderhoud van de eigenlijke grasmat zijn al veel van de genoemde eigenschappen behandeld in het rapport: "Aanleg, beheer en onderhoud van de grasmat op rivierdijken".

Ook dit rapport geeft echter nog geen antwoord op de cruciale vragen betreffende belasting en sterkte: wat is een goede grasmat en aan welke sterkte-eisen moet deze voldoen om een gegeven belasting te weerstaan; in hoeverre moet worden voldaan aan de genoemde eisen die een grasmat stelt en in hoeverre zijn de genoemde nadelige eigenschappen acceptabel?

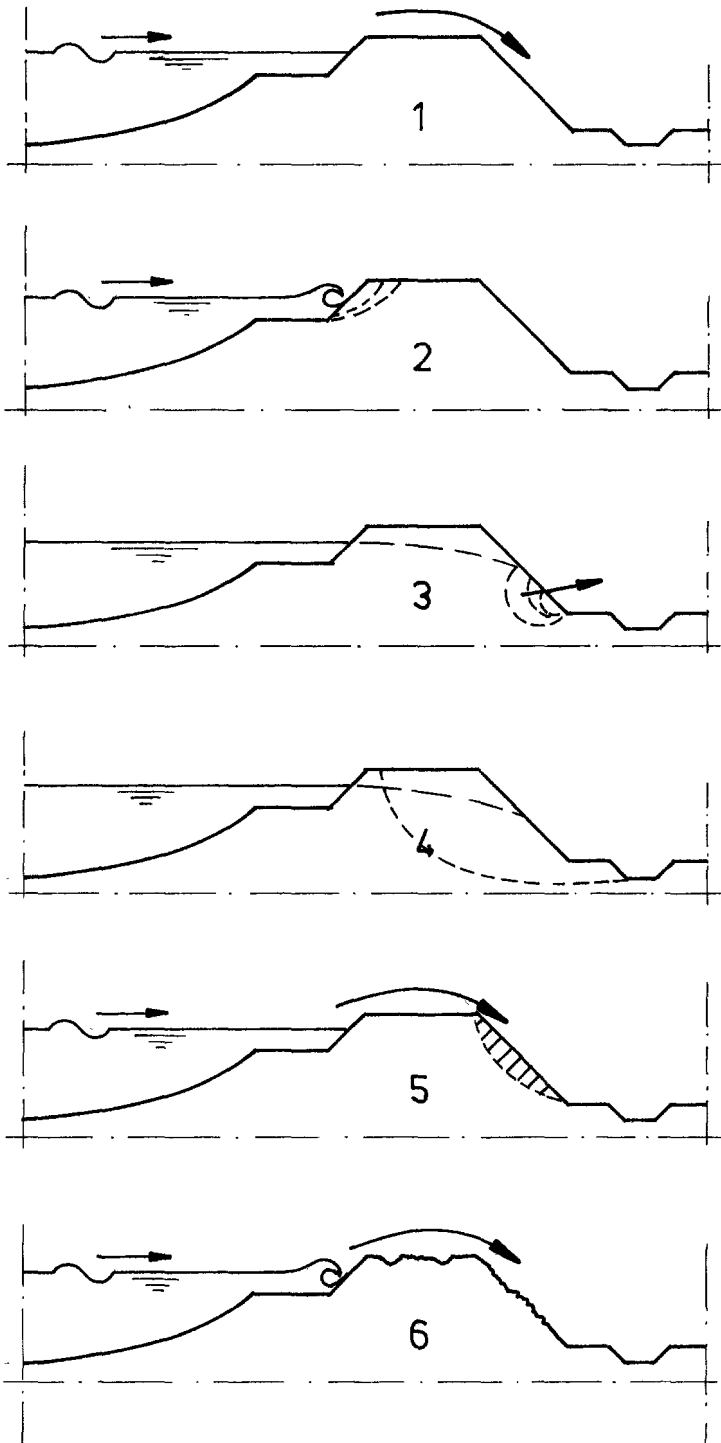
Dit leidt terug naar de in het begin genoemde belangrijkste functies van de grasmat op klei:

De vraag of de grasmat voldoende bescherming biedt tegen erosie door golven, stroom en andere uitwendige krachten en de vraag of de doorlatendheid van de bekleding geen aanleiding kan geven tot instabiliteiten.

Om deze vragen systematisch uit te splitsen kan gebruik worden gemaakt van enige schetsjes die mogelijke bezwijkmechanismen aangeven:



5.1. Te beschouwen bezwijkmechanisme



Erosie kruin en binnentalud door golfoverslag en regen.

Erosie buitentalud door brekende en oplopende golven en door stroming.

Uitspoelen/stabiliteit binnentalud bij kwel door de dijk.

Stabiliteit kruin en binnentalud (hoge freatische lijn als gevolg van doorlatend buitentalud).

Stabiliteit binnentalud door golfoverslag en regen.

Gevoeligheid van buitentalud, kruin en binnentalud voor vergrote erosie als gevolg van mechanische beschadigingen of incidentele slechte conditie van het gras.

Herleiding van de bezwijkmechanismen tot te onderzoeken aspecten.

5.1.1.: Erosie bij overstroming in één richting door water in een gegeven laagdikte en snelheid; horizontaal en afstromend van een talud.

Rekening te houden met turbulentie achter obstakels.

5.1.2.: Erosie als gevolg van drukvariaties, turbulentie en alternerende waterbeweging t.g.v. brekende golven tegen een talud, bij gegeven golfparameters.

5.1.3.: Uitspoeling van gronddeeltjes tussen de graswortels bij kwel uit een talud.

5.1.4.: Invloed van de grasmatten op de doorlatendheid van een kleilaag.

5.1.5.: Stabiliteitsverlies door infiltratie van oppervlakkig gescheurde of anderszins doorlatende grasmatten op een minder doorlatende onderlaag. ("Edelman-mechanisme").

5.1.6.: Bij gedeeltelijke beschadiging of afwezigheid van de grasmatten wordt de sterkte tegen erosie minder. In het extreme geval is de grasmatten afwezig en heeft men te maken met de sterkte van kale klei. Vele tussen-stadia zijn echter denkbaar en omdat een geheel ideale grasmatten nooit voorkomt lijkt het testen van deze tussenvormen erg belangrijk.

## 5.2. Enkele beschouwingen bij de genoemde bezwijkmechanismen

Bij 1: Dit aspect is onderwerp van onderzoek geweest bij de proeven omstreeks 1970. De erosiebestendigheid van gras is daarbij zo groot gebleken dat erosie van gras alleen aan de orde is bij grote hoeveelheden overstromend water. Daardoor lijkt dit mechanisme alleen van belang bij overslagdijken, waarbij bewust ontworpen wordt op grote hoeveelheden golfoverslag.

Bij 2: Dit lijkt het meest actuele onderwerp van onderzoek. Een afzonderlijke nadere uitwerking, waar de resultaten van de in 1983 uitgevoerde onderzoeken in betrokken worden, lijkt op z'n plaats.

Bij 3: Deze situatie speelt alleen bij zeer zandige gronden en dan wordt de situatie ook al vanwege het mogelijke verwekings-effect gevaarlijk geacht.

Voorkomen van deze situatie lijkt de eerst aangewezen weg. Nadere uitwerking lijkt op z'n plaats.

Bij 4: Tot op dit moment is zeer weinig bekend van het doorlatendheids-gedrag van een kale kleilaag t.g.v. scheurvorming. Het lijkt dan ook prematuur om de invloed van gras hierop te gaan onderzoeken zolang zo weinig bekend is over het gedrag van kale klei.

Bij 5: Dit is nog steeds een belangrijke openstaande vraag.

Door de complexiteit van het probleem wordt de kans op succes bij dit onderzoek op afzienbare termijn nog steeds slecht ingeschat. Niettemin zou een evaluatie van de in de laatste jaren op dit punt verworven mogelijkheden op z'n plaats zijn.

Bij 6: Vooral bij erosieonderzoek, maar ook bij onderzoek naar uitspoeling van gronddeeltjes bij uittredend water zou dit aspect mee in beschouwing genomen moeten worden.

### 5.3. Een volgorde van prioriteiten

Uit de voorgaande beschouwing volgt een prioriteiten volgorde voor de aanpak van verschillende denkbare onderzoeksaspecten.

1. Erosiebestendigheid van gras op klei.
2. De doorlatendheid van klei (met grasbegroeiing), met speciale aandacht voor de variatie van de doorlatendheid afhankelijk van de diepte t.o.v. het maaiveld en van de tijd.
3. Stabiliteit van een klei-talud met gras onder invloed van infiltrerend water.
4. Gevoeligheid voor uitspoelen bij uittredend water.

Hierna zal om te beginnen alleen de aanpak van het onderzoek naar de erosiebestendigheid verder worden uitgewerkt.

## 6. De aanpak van het onderzoek naar de erosiebestendigheid van gras op klei

In zijn algemeenheid zijn voor het onderzoek verschillende technieken beschikbaar:

- literatuurstudie naar in het verleden verricht onderzoek.
- inventarisatie van praktijkervaringen.
- het opzetten van theoretische modellen, gebaseerd op bekende wetmatigheden uit hydraulica, grondmechanica, fysica en chemie van klei en de bodemkunde.
- laboratorium proeven
- onderzoek in het veld

Op voorhand wordt hieruit nog geen keuze gemaakt.

Om het bezwijkgedrag van gras op klei te beschrijven kan een splitsing gemaakt worden tussen:

- de belasting en
- de sterkte.

Vanwege de natuurlijke oorsprong van gras lijkt het nuttig de sterkteaspecten te splitsen in:

- de sterkte van een grasmat op klei waarvan alle relevante parameters die de sterkte kunnen beïnvloeden op een gegeven moment bekend worden verondersteld.
- de beïnvloeding van de hiervoor bedoelde parameters door uitwendige factoren zoals klimaat, lokatie, methode van aanleg, beheer en onderhoud.

Op deze wijze valt het onderzoek te verdelen in drie categorieën, waarvan achtereenvolgens zal worden nagegaan wat globaal de huidige stand van zaken is. Per categorie zal een suggestie gedaan worden voor de aanpak van het onderzoek.

### 6.1. De belasting

De belasting komt vooral voort uit de werking van stromend water (langstromend, soms afstromend), windgolven en scheepsgolven. Ook is belasting door mechanische inwerking van harde voorwerpen mogelijk. Om de

moeilijke grijpbaarheid van de vele mogelijkheden te omzeilen lijkt het in eerste instantie het eenvoudigst om een gedefinieerde beschadiging aan te brengen en deze als sterkte-aspect in beschouwing te nemen.

De belasting door stroom en golven vindt plaats door stroming, turbulentie, door hierdoor veroorzaakte wrijvingskrachten en drukvariaties. Tevens zijn van belang fysische/chemische eigenschappen van het water zoals temperatuur, zoutgehalte en mogelijk nog andere. Naarmate de belasting sterker geschematiseerd wordt, b.v. tot een stroomsnelheid en/of een schuifweerstand, wordt het simpeler om modellen en experimenten op te zetten en systematisch uit te voeren. Het is tot nu toe echter nog niet mogelijk om de belasting door brekende golven op deze wijze te schematiseren. Om kwantitatieve uitspraken te doen op grond van experimenten zal het dus nodig zijn de brekende golven volledig te reproduceren.

Zodra het gaat om de beschrijving van de erosie van gras en klei is het daarbij niet mogelijk om op verkleinde schaal te werken.

Tot nu toe is het mogelijk gebleken golven tot 2 à 2,5 m hoogte in proefopstellingen te reproduceren, inclusief breking op een talud. Voorzover het de snelheden en laagdikten betreft van de oplopende tong boven het taludgedeelte waar de golf breekt, is een realistische nabootsing mogelijk tot golfhoogten van 3 à 4 m.

In de tot nu toe uitgevoerde experimenten bleek, ook in het gebied van de brekende golven, de stroomsnelheid evenwijdig aan het talud de meest relevante parameter. Deze experimenten zijn echter nog niet uitgevoerd op een steiler talud dan 1:8, en het is niet zeker of dit resultaat ook voor hellingen 1:3 à 1:5 geldt.

Essentieel is ook de alternerende beweging door oploop en terugstroming door de zwaartekracht, tenminste voor de erosie van de bovengrondse delen van de grasmat.

Behalve de intensiteit is de duur van de belasting van groot belang (van enkele tot tientallen uren). Dit geldt voor zeedijken onder omstandigheden van zware storm, maar in nog sterkere mate voor rivierdijken. Daar is de intensiteit van de belasting meestal vrij gering, maar de duur veel langer dan bij zeedijken (meerdere dagen).

Het onderzoek van gras tussen doorgroeienden lijkt voor wat betreft de te reproduceren belasting geen wezenlijk andere eisen te stellen dan gras op klei.

Bij het onderzoek van gras op klei bij de overgang naar een harde bekleding lijkt het van groot belang de ruwheid van de harde bekleding juist te kiezen omdat de grenslaag-stroming juist boven het gras mogelijk een grote rol speelt bij de hier versterkt optredende erosie.

Omdat er nog geen bruikbare theoretische modellen bestaan en omdat voor onderzoek in de natuur de beschikbare randvoorwaarden veelal ontbreken zullen fysische modelproeven een belangrijke rol in het onderzoek spelen. Omdat erosieproeven destructief zijn en realistische opstellingen grote afmetingen moeten hebben is het uitvoeren van zulke proeven omslachtig en kostbaar.

Dit noopt er toe te zoeken naar (deel-) onderzoeken die mogelijk zijn in kleinere opstellingen met kleine monsters.

Eén van de problemen daarbij is de erosiebestendigheid van randen en de daardoor optredende randeffecten op de hydraulische belasting. Het is in de uitgevoerde experimenten mogelijk gebleken om redelijk werkende randconstructies te bouwen die niet te grote invloed hadden op de proefresultaten. Ze vragen toch echter nog wel enige ruimte (enkele decimeters).

Een andere vereenvoudiging is mogelijk gebleken doordat, bij de beproefde grasmatten, bleek dat voor de totale erosiebestendigheid de bovengrondse grassdelen van ondergeschikt belang zijn.

Dit geeft de mogelijkheid om het onderzoek specifiek te richten op het kleiwortelpakket van de bovenste kleilaag. Dit is gedaan door heel kleine van dergelijke pakketjes (cilinders met  $\emptyset = 66$  mm en hoogte 50 mm) te beproeven in een voor kleimonsters ontwikkeld erosietoestel. De belasting is hierbij gereduceerd tot een circulerende watercilinder die het water in één richting met constante snelheid langs de klei doet stromen. Door de specifieke eigenschappen van het toestel en van de proefopstelling zijn de resultaten nog niet in absolute zin overdraagbaar naar een werkelijke belastings-situatie. Voor vergelijkend onderzoek naar de invloed van diverse parameters lijkt dit toestel echter geschikt. Voor een toepassing in meer absolute zin lijkt het nodig om de reproduceerbaarheid van de met dit toestel verkregen resultaten te verbeteren en zal gezocht moeten worden naar de hydraulische wetmatigheden om de proefresultaten te vertalen naar de stroming langs een reëel talud.

6.2. De sterkte van een grasmat waarvan op een gegeven moment alle sterkte-parameters vastliggen.

Het is in de uitgevoerde experimenten mogelijk gebleken om van een gegeven grasmat bij een bepaalde gegeven belasting een kwantitatief oordeel over de sterkte te geven. Dit in termen van erosie-snelheid in millimeters dikte-verlies per tijdseenheid en van de tijdsduur waarover de grasmat stand weet te houden als bescherming van de onderliggende kleilaag. Bij de in Lith uitgevoerde proeven bleek de reproduceerbaarheid van de proeven ook redelijk te zijn. Het vaststellen van een sterkte van een gegeven grasmat is dus geen fundamenteel probleem meer.

Het probleem is dat niet bekend is welke de relevante sterkte-bepalende parameters van de grasmat zijn. Voeg daarbij dat vrijwel elke grasmat anders is van samenstelling (soorten gras en andere planten, soort klei) en een andere historie heeft (plaats, weersomstandigheden, ouderdom, onderhoudswijze, gebruik enz. enz.). Dit heeft tot gevolg dat proefresultaten niet overdraagbaar zijn zonder inzicht in die relevante parameters en dat bijvoorbeeld voorspelling van de toekomstige sterkte van een nog aan te leggen grasmat niet mogelijk is.

Een sterkte-oordeel van bestaande grasmatten zou in principe mogelijk zijn (mits minstens 5 à 10 jaar oud) indien het uitsteken van een proefstuk geen onoverkomelijke beschadiging van de dijk ten gevolge zou hebben en mits de onderzoekskosten aanvaardbaar zouden zijn. Hierbij moet in de Lith-opstelling toch rekening worden gehouden met kosten in de orde van grootte van f 50.000,- à f 100.000,- per proefstuk en in de opstelling in de Deltagoot in de Noord-Oostpolder van een bedrag dat per proefstuk 5x zo groot is.

Dit levert zulke grote praktische bezwaren op dat het voor vordering in het onderzoek van primair belang is om te komen tot een vaststelling van relevante sterkte bepalende parameters.

Bij de uitgevoerde proeven bleek de sterkte voor het grootste deel te worden bepaald door de bovenste laag klei met graswortels, in mindere mate door de bovengrondse delen en ook duidelijk minder door de diepere, weinig doorwortelde klei. Het vermoeden bestaat echter dat dit laatste, de sterkte van de kale klei, in andere situaties wèl een groot of zelfs overheersend aandeel in de sterkte kan hebben. Het onderzoek zal zich dan ook op deze elementen moeten richten en vanwege de sterke interactie tussen gras en ondergrond vraagt dit

om een samenvoegen van deskundigheid betreffende klei (grondmechanisch), bodemkunde en graslandkunde.

Uit zuiver praktisch oogpunt lijkt het voor de hand te liggen om te beginnen met onderzoek aan de hand van methoden waarbij kleine monsters snel en eenvoudig kunnen worden beproefd, zoals het beschreven erosietoestel. Ook als de resultaten nog geen absolute uitspraken over sterkte toelaten betekent iedere bruikbare hypothese betreffende de relevante sterkte-bepalende parameters een belangrijke reductie in het nog nauwelijks te overziene brede onderzoeksveld.

### 6.3. De invloed van uitwendige factoren op de sterkte

In de vorige paragraaf is al uiteengezet dat de sterkte van een grasmat op klei een allerm minst eenduidig begrip is. Daarbij werd echter nog uitgegaan van een grasmat in een gegeven, in de tijd als onveranderlijk te beschouwen, toestand. In werkelijkheid kan een grasmat in de loop der tijd grote sterkte-variati es ondergaan. Deze variatie kan door een veelheid van oorzaken ontstaan. Enkele sterk op de voorgrond tredende oorzaken zijn echter:

ouderdom (een jonge grasmat moet zijn sterkte nog ontwikkelen, daar is 5 à 10 jaar voor nodig), seizoens-wisselingen, onderhoudsmethoden en het optreden van beschadigingen gevolgd door een herstelperiode. Gezien de vermoedelijk soms overheersende invloed op de totale sterkte is inzicht in deze factoren op de sterkte-bepalende parameters van essentieel belang voor een goed oordeel over de blijvend te verwachten sterkte van gras op klei.

Kwalitatief is op dit gebied al veel gedaan (zie o.a. "Aanleg, beheer en onderhoud van de grasmat op rivierdijken) maar kwantitatieve gegevens ontbreken vrijwel geheel.

Kwantitatief onderzoek op dit gebied zal echter pas goed op gang kunnen komen als er bruikbare hypothesen bestaan over de parameters die de sterkte bepalen.

Als het eenmaal zover is lijkt dit deel van het onderzoek zich het best te lenen voor veld-studies.



#### 6.4. Erosiebestendigheid bij overgangen

Hoewel het onderzoek naar de erosiebestendigheid bij overgangen geen wezenlijk andere onderzoeks-aanpak vraagt veroorzaken deze overgangen met harde bekleding (of wegen of andere harde elementen) in de praktijk zoveel problemen dat ze afzonderlijk onderzocht zullen moeten worden. Dit zal vooral aan de uitvoering van het onderzoek aanvullende eisen stellen.

In het verlengde hiervan ligt het onderzoek naar het effect van doorgroeistenen op de erosiebestendigheid van gras op klei.

In dit stadium wordt dit onderwerp nog niet verder uitgewerkt.