

**PROJECT STUDIE**  
**BOUW OEVERBESCHERMING DISTRIKT COMMEWIJNE**

Pieter G.E.F. Augustinus



September 2004

## Inhoudsopgave

<b>SAMENVATTING</b>	3
<b>1. INLEIDING</b>	7
<b>2. DYNAMIEK SURINAME RIVIER EN COMMEWIJNE</b>	9
2.1 GEOMORFOLOGIE VAN DE RIVIEREN	9
2.2 STROMING EN BOCHTWERKING	9
2.3 INVLOED VAN HET GETIJ	11
2.4 INVLOED VAN GOLFWERKING	16
2.5 INVLOED VAN GEBEURTENISSEN IN HET MONDINGS- GEBIED EN DE AANGRENZENDE KUSTZONE	17
<b>3. SEDIMENTTRANSPORT EN SEDIMENTATIE</b>	19
3.1 SEDIMENTTRANSPORT EN SEDIMENTATIE IN DE RIVIER	19
3.2 OEVERWALLEN	20
<b>4. IMPLICATIES VAN NATUURLIJKE OEVERBESCHERMING IN     COMMEWIJNE</b>	22
4.1 MANGROVE IN SURINAME EN HUN AANPASSINGEN AAN HET MILIEU	22
4.2 VOORWAARDEN VOOR DE VESTIGING VAN RIVIER- BEGELEIDENDE MANGRO-BOSSEN	24
4.3 FUNCTIES VAN MANGRO-BOSSEN	25
4.4 DE MENSELIJKE INVLOED IN COMMEWIJNE	26
<b>5. OEVEREROSIE EN OVERBESCHERMING IN COMMEWIJNE</b>	30
5.1 OEVEREROSIE	30
5.2 OEVERBESCHERMING	32
5.3 EROSIEVERTRAGING DOOR HULPBEPLANTING	33
<b>6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	35
<b>7. DANKWOORD</b>	38
<b>8. LITERATUUR</b>	39
<b>BIJLAGEN</b>	
Bijlage 1: INTERNE NOTA: Natuurlijke en kunstmatige oeverbescherming District Commewijne (van Jachtlust tot Mon Trésort) door Pieter A. Teunissen, 28 juli 2004	

Foto omslag: Een detail van de Landsat 5 'false colour' opname van 13/09-1992, met de benedenloop van de Suriname rivier en de Commewijne.

## Samenvatting

In dit rapport zijn de geomorfologische en de met de mangrovebegroeiing samenhangende aspecten behandeld, die betrekking hebben op de oevererosie van de Suriname rivier en de Commewijne in hun benedenlopen, met name in het getijde-bereik. De uitkomsten geven aanleiding tot een aantal conclusies en aanbevelingen. In het licht van de voorgenomen oeverbescherming zijn de volgende daarvan relevant.

### Conclusies

- De oevererosie in Commewijne wordt in belangrijke mate bepaald door natuurlijke geomorfologische processen en factoren. De belangrijkste daarvan zijn de buitenwaarts gerichte erosie in rivierbochten en de invloed van het getij, waardoor lage oeverwallen ontstaan, die bij (extreem) hoge waterstanden rond springvloed kunnen overstromen. De laaggelegen (oude) plantagegronden langs de rivieren lopen daardoor het risico van regelmatige wateroverlast.
- Het natuurlijk karakter van bovengenoemde processen en factoren maakt dat er bij de huidige stand van kennis op zich weinig tegen is te doen. De mate waarin oevererosie op een aantal plaatsen optreedt, noodzaakt daarom tot een structurele ingreep ter bescherming van die oevers tegen erosie. Daardoor wordt de veiligheid van mens en dier gewaarborgd, alsmede het behoud van economisch belangrijke zaken. Om dat te bereiken kan een dijk worden gebouwd die, afgezien van technische aspecten, aan twee voorwaarden moet voldoen.
  1. De bekleding van de dijk moet aan de rivierzijde tot in de stroomgeul doorlopen en zodanig zijn samengesteld dat de geulwand niet ondermijnd kan worden.
  2. De dijk moet ten minste hoog genoeg zijn om het water te keren bij de hoogste springvloed. Volgens de huidige kennis betekent dat langs de Suriname rivier een hoogte van minimaal 202 cm NSP. Daarbij is nog geen rekening gehouden met extra beveiliging om het risico zo veel mogelijk in te perken. Er zijn geen precieze waterstandgegevens van de Commewijne rivier bekend. Gezien haar geringere jaarlijkse afvoer, in vergelijking met de Suriname rivier, mag verondersteld worden dat de waterstanden in de regenperioden enigszins vergelijkbaar zijn.
- Het gedrag van de benedenlopen van de Suriname rivier en de Commewijne kan op langere termijn grote invloed ondervinden van gebeurtenissen aan de kust. Over een jaar of 10 zal de zeer omvangrijke modderbank, die nu nog circa 15 kilometer ten oosten van Braamspunt ligt daar zijn aangekomen. Er moet rekening mee worden gehouden dat Braamspunt zich onder die omstandigheden sterk naar het westen zou kunnen uitbreiden. Dat zal grote consequenties hebben voor de bevaarbaarheid van de monding. Onderzoek van deze grootschalige geomorfologische processen is nodig om de ontwikkeling van de kust van Commewijne, maar vooral ook van het Suriname estuarium op langere termijn goed te kunnen inschatten.
- De natuurlijke begroeiing langs de oevers heeft een beschermende functie. Rivierbegeleidende Mangro-bossen worden, vanwege het dichte netwerk van bovengrondse wortels, takken en stammen, in hydraulische

termen beschouwd als een verhoogde bodemruwheid. Als gevolg daarvan worden binnenlopende golven (uit)gedempt en stroming afgeremd. Daarnaast verstevigen ze door het bindend effect van hun (ondergrondse) wortels de bodem, waardoor deze enige extra weerstand kan bieden tegen erosie en ondiepe afglijding. De aanwezigheid van vitale Mangro-bossen langs de rivieren is daarom van groot belang. Het verstoren er van leidt onherroepelijk tot een verhoogde kans op oeveraantasting.

- In het verleden is langs de benedenlopen van de Suriname rivier en de Commewijne lokaal verhoogde oevererosie opgetreden als gevolg van de aanleg van plantages. Dit heeft geleid tot verstoring van de natuurlijke Mangro-vegetatie langs de oevers, met name waar aanlegsteigers (e.d.) werden gebouwd. Daarnaast is door het agrarisch gebruik (bijvoorbeeld als gevolg van ontwatering) de bodem ingeklonken en gerijpt, waardoor die bij overstroming gevoeliger is voor erosie.
- De oevererosie in Commewijne is de laatste decennia toegenomen omdat mensen in toenemende mate langs de rivieren gaan wonen en de langs de oevers groeiende Mangro-bomen weggakken voor uitzicht of meer wind (= minder muskieten en mampieren).
- Het aanplanten van Mangro-bomen in daarvoor geschikte situaties kan een bijdrage leveren aan het herstel van geërodeerde oevers.
- Om te voorkomen dat de natuurlijke oeverbescherming in Suriname door menselijk handelen wordt tenietgedaan, zoals in verleden is gebeurd en ook thans nog geschiedt, is een wetgeving noodzakelijk, die voorkomt dat door de mens schade aan het mangrovebos wordt toegebracht. Te denken valt aan de status van "schermbos" of "speciaal beschermd bos", zoals omschreven in het mogelijk gemaakt door de Wet Bosbeheer (Staatsbesluit 1992, No 80).  
In afwachting van bedoelde (nieuwe) wetgeving kan de overheid reeds nu het menselijk handelen in de relatief smalle zone met rivierbegeleidende Mangro-begroeiing "vergunningsplichtig" maken, teneinde meer controle te krijgen over de activiteiten in deze gevoelige strook land.
- Om de bewoners van Suriname te overtuigen van de belangrijke functies van het mangrovebos is voorlichting noodzakelijk. Deze zou zich in eerste instantie moeten richten op volwassenen, maar tegelijkertijd verankerd moeten worden in het basisonderwijs en vervolgens op verschillende hogere onderwijsniveaus moeten terugkeren.

### **Aanbevelingen**

- Vanuit geomorfologisch oogpunt is de aanleg van een rivierdijk langs de buitenbochten van de benedenlopen van de Suriname rivier en de Commewijne ten eerste aan te bevelen. Grofweg komt dat neer op de trajecten Lust en Rust – Voorburg en Zorgvliet – Mon Trésort.
- Langs alle overige delen van de rivieroevers, die erosie ondergaan, zou de nadruk gelegd kunnen worden op het optimaliseren van de natuurlijke beschermingsfunctie van mangroven en zouden, waar mogelijk, herbepantingsexperimenten kunnen worden opgestart.
- Ten behoeve van een goede inschatting van het gedrag van de benedenlopen van de Suriname rivier en de Commewijne op langere termijn, en ter bevordering van de oeverbeschermings-functie van Mangro-bos, wordt aanbevolen onderzoek te (laten) doen naar:

- de relatie tussen de (over circa 10 jaar) verwachte westwaartse uitbreiding van Braampunt (met inbegrip van de oorzaken daarvan) en de bevaarbaarheid van het Suriname estuarium;
- de mate van stromingsremming en golfdemping in Mangro-bos, ten einde de breedte van de Mangro-zone, die nodig is voor bescherming van de oever, nauwkeurig te kunnen bepalen.
- Ten einde menselijke activiteiten in de gevoelige oeverzone te kunnen beperken dan wel verbieden, wordt aanbevolen daartoe strekkende wetgeving te vervaardigen of de bestaande wetgeving aan te passen. In afwachting hiervan zouden alle activiteiten in dit kwetsbare gebied 'vergunningplichtig' kunnen worden gemaakt.
- Voorlichting aan mensen, die langs rivieroeveren in de kustvlakte wonen of daar belangen hebben, is ten eerste aan te bevelen. Het kweekt meer begrip voor de kwetsbaarheid van het rivieroever-milieu als woongebied en vormt, mede daardoor, een belangrijk wapen tegen schadelijke menselijke activiteiten langs de rivieroeveren.
- Hoewel geen onderdeel van deze studie wordt aanbevolen een haalbaarheidsonderzoek te doen van de voorgestelde rivierdijk, met inachtneming van economische en milieutechnische aspecten.



Het projectgebied omvat de rechteroever van de Suriname rivier tussen Meerzorg en Nieuw Amsterdam en de linkeroever van de Commewijne rivier tussen Nieuw Amsterdam en Mon Trésor. Over de trajecten Belwaarde - Voorburg (Suriname rivier) en Zorgvliet - Mon Trésort (Commewijne rivier) manifesteert de oevererosie zich het sterkst. Voor de precieze ligging van de genoemde (vroegere) plantages wordt verwezen naar Figuur 1.

## 2. DYNAMIEK SURINAME RIVIER EN COMMEWIJNE

### 2.1 GEOMORFOLOGIE VAN DE RIVIEREN

In afzettingsgebieden als de Surinaamse kustvlakte, worden vorm en grootte van een rivier(bedding) vooral bepaald door het debiet en de variaties die daarin optreden: het regime. De (gemiddelde) waterafvoer is maatgevend voor de breedte en diepte van de rivier, het regime heeft vooral invloed op het type rivier: vlechtend, meanderend of anastomoserend.

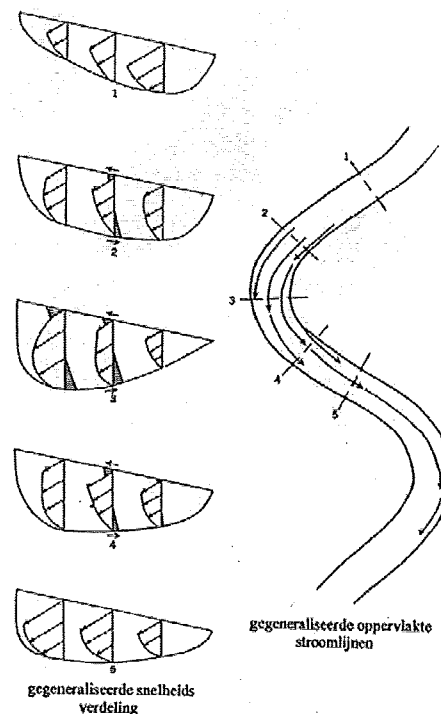
Ook de aard van het sediment en de oeverbegroeiing spelen een belangrijke rol. Een klei-ondergrond geeft doorgaans aanleiding tot steilere hellingen in het dwarsprofiel van de bedding. Kleiïge, goed doorwortelde oevers bieden daarenboven langer weerstand tegen erosie, ook in perioden met grote waterafvoer en hoge waterstanden (Pannekoek & Van Straaten, 1982).

De Suriname rivier en de Commewijne gedragen zich in hun benedenlopen als vrij meanderende rivieren. Nabij de monding komen ze onder invloed van het getij (Zonneveld, 1950) en verandert de morfologie van de rivier. De rivierbreedte wordt in de bochten aanzienlijk geringer dan in de meer rechte rivierdelen (Figuur 1) en de waterdiepte neemt er toe. Dit komt doordat dezelfde hoeveelheid water zowel het nauwe als het bredere stuk moet passeren en het natte doorstroomoppervlak van de rivier praktisch constant is. Er is aldus een relatie tussen de breedte en de diepte van een rivier.

### 2.2 STROMING EN BOCHTWERKING

In rivierbochten van meanderende rivieren wordt het stromende water, als gevolg van zijn traagheid, naar de buitenbocht gestuwd. De overdruk, die daardoor ontstaat, is aanleiding tot een compensatiestroom langs de bodem, van de buitenbocht naar de binnenbocht. Omdat het water zich gelijktijdig stroomafwaarts beweegt ontstaat een spiraalvormige stroming, die aangeduid wordt als helicoïdale stroming. In Figuur 2 is de stroming door een bocht schematisch aangegeven.

Figuur 2. Stroming in een meander. Rechts: Gegeneraliseerde stroomlijnen aan het wateroppervlak. Links de stroming in vijf dwarsprofielen. Open parabolen met pijlen representeren de stroomafwaartse snelheidsvectoren. De laterale component van de snelheid is aangeduid met gearceerde vlakken.

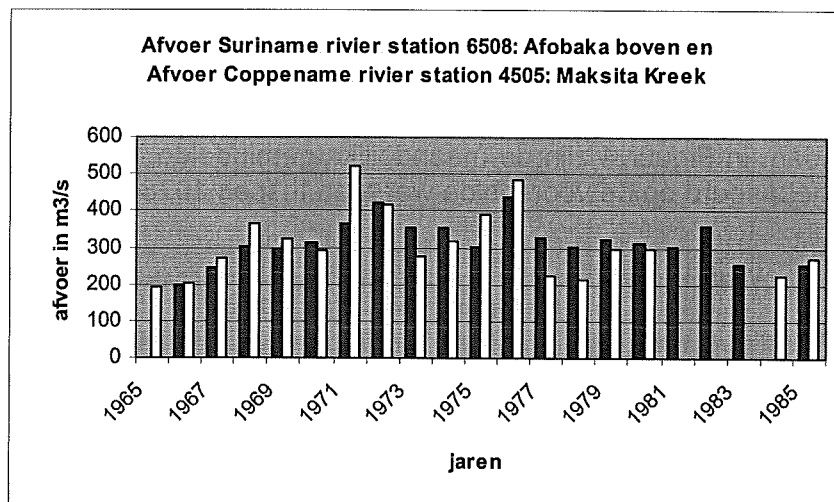




De helicoïdale stroming veroorzaakt vooral aan de stroomafwaartse zijde van de buitenbocht erosie. De hoge stroomsnelheden aan het wateroppervlak in de buitenbocht zetten zich van daar, als gevolg van de neerwaarts gerichte spiraalstroming, onder het oppervlak voort en tasten daarbij de oever aan. Door ontgronding van de bedding en/of van het lagere deel van de geulwand kan de oever instabiel worden en verzakken of afglijden. Als gevolg van dit mechanisme verlegt een buitenbocht zich in stroomafwaartse richting steeds verder naar buiten.

Aan de binnenbocht gebeurt het omgekeerde. Daar zijn de stroomsnelheden gering en vindt aan de stroomafwaartse kant van de bocht sedimentatie plaats. Als gevolg van het bovenbeschreven gedrag van de buiten- en de binnenbocht, verlegt een meander zich in stroomafwaartse richting naar buiten. Daarbij kunnen bochten elkaar afsnijden waardoor hoefijzermereen ontstaan. Een afgesneden meander van de Commewijne is te zien in Figuur 1, in de rechter benedenhoek, nabij plantage Lustrijk. (In Figuur 10 is dezelfde, inmiddels begroeide geraakte, afgesneden meander te herkennen.)

In het kustnabije deel van de benedenloop van de Suriname rivier en de Commewijne gaat echter ook het getij een duidelijke rol spelen. Voor de Suriname rivier is dat effect nog versterkt door de bouw van de dam bij Afobaka. Als gevolg daarvan is het regime van de rivier sedert 1965 duidelijk afgevlakt (Figuur 3). De afvoerpieken zijn sterk in omvang afgenomen. De gemiddelde afvoer, zoals gemeten bij Afobaka, is circa 300 m<sup>3</sup>/s. De stromingssituatie in de benedenloop van de Suriname rivier wordt daardoor thans vrijwel geheel bepaald door het getijverschil.



Figuur 3. De afvoer van de Suriname rivier (in bruin) na de constructie van de dam bij Afobaka. Ter vergelijking is over dezelfde periode de afvoer van de Coppename (in geel) gegeven. In natte jaren is de afvoer van de Suriname rivier kleiner dan van de Coppename. Voor droge jaren geldt het omgekeerde.

## 2.3 INVLOED VAN HET GETIJ

### *Invloed van het getij in het estuarium*

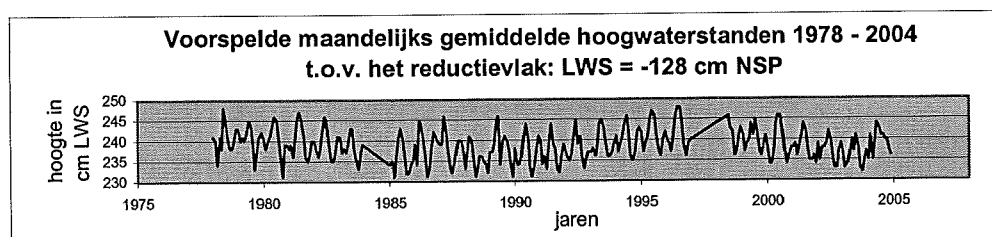
Suriname kent een vrijwel synchroon dubbeldaags getij met een gemiddeld getijverschil van 1.80 m. De gemiddelde range bij springvloed is 2.80 m en bij doodtij 1.00 m (Nededco, 1968). De getijdegolf nadert Suriname vanuit het noorden, uit een richting vrijwel loodrecht op de kust.

In het estuarium veroorzaakt de vloedstroom tweemaal daags een omkering van de stroomrichting. De vloedstroom is met andere woorden sterker dan de rivierafvoer. De snelheid waarmee het water tijdens vloed landinwaarts stroomt is afhankelijk van de positie in de getijdecyclus en van de rivierafvoer ter plaatse. De snelheid neemt in stroomopwaartse richting duidelijk af. Nedeco (1968) vermeldt (met betrekking tot de Suriname rivier) dat onder vergelijkbare condities gedurende springtij, de maximale stroomsnelheid tijdens vloed bij Jachtlust (km 48) en bij Laarwijk (km 72,2) opliep tot 1,5 m/s, bij Gelderland ( km 84) nog 1,1 m/s bedroeg en bij Bergen op Zoom (km 103) was afgenomen tot 0,9 m/s. Tijdens eb zijn de snelheden 10 – 20% lager, maar de eb duurt wat langer dan de vloed (Nedeco, 1968). Waarnemingen van Van Heuvel (1983) wijzen op een tijdsverschil van ongeveer een half uur. Door de toevoer van rivierwater van bovenstrooms is de totale naar zee afgevoerde hoeveelheid water groter dan de bij vloed stroomopwaarts getransporteerde hoeveelheid.

### *Waterstanden onder invloed van het getij*

In het estuarium van de Suriname rivier en de Commewijne dringt tweemaal daags de vloed binnen. Daardoor wordt het rivierwater opgestuwd. De waterstanden in de Suriname rivier worden geregistreerd door middel van een peilschaal bij de steiger van de Maritieme Autoriteit Suriname (MAS).

In het kader van deze studie is vooral aandacht besteed aan de hoogste waterstanden. In Figuur 4 zijn de maandelijks gemiddelde hoogwaterstanden uitgezet, gebaseerd op de voorspelde waarden tussen 1978 en 2004.

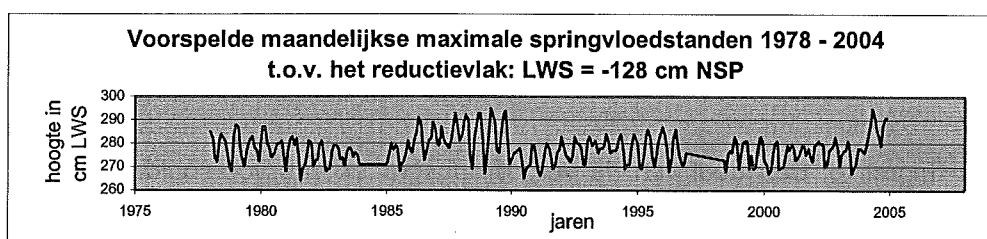


Figuur 4. Het verloop van de voorspelde maandelijks gemiddelde hoogwaterstanden tussen 1978 en 2004. Van 1984 zijn de voorspellingen niet voor Paramaribo gemaakt. Van 1997 en de maanden januari–mei 1998 ontbreken de gegevens. In 1978 en 1996 zijn de hoogste waterstanden voorspeld, hetgeen past in de 18,6 jarige getijde-cyclus.

Vastgesteld kan worden dat de 18,6 jarige cyclus in het getij, die door Wells & Coleman (1981) reeds was aangetoond voor de periode 1959-1978, aansluitend daarop duidelijk is te herkennen. In juni 1978 en juni en juli 1996 werd de hoogste maandelijks gemiddelde waterstand uit deze periode

gemeten, te weten 248 cm ten opzichte van Laag-Water-Springtij. Dat niveau ligt bij Paramaribo 150 cm onder de Midden Stand (MS) en 128 cm onder Normaal Surinaams Peil (NSP). De laagste maandelijks gemiddelde (voorspelde) hoogwaterstanden zijn te vinden in de jaren 1986 en 1988. Ze bedragen 231 cm ten opzichte van LWS.

In de loop van 18,6 jaar is er dus een verloop van 17 cm in de voorspelde maandelijks gemiddelde hoogwaterstanden. Voor de voorspelde maximale hoogwaterstanden is dat verschil aanzienlijk groter (Figuur 5). Het verschil tussen de hoogste voorspelling (in 1989 en 2004) en de laagste (in 1981), respectievelijk 295 cm en 264 cm ten opzichte van LWS, bedraagt 31 cm.

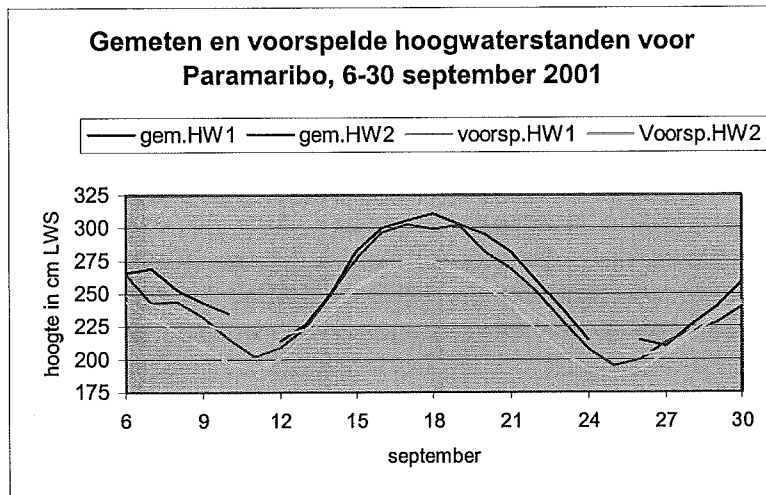


Figuur 5. Het verloop van de voorspelde maandelijks maximale hoogwaterstanden tussen 1978 en 2004. Van 1984 zijn de voorspellingen niet voor Paramaribo gemaakt. Van 1997 en de maanden januari–mei 1998 ontbreken de gegevens. In 1989 en 2004 zijn de hoogste waterstanden voorspeld (295 cm LWS) en in 1981 de laagste (264 cm LWS).

De waterstanden worden geregistreerd bij de steiger van de MAS in Paramaribo. De voorspelde waterstanden kunnen derhalve vergeleken worden met de gemeten waarden. Sedert midden jaren tachtig van de vorige eeuw blijken de gemeten waarden rond springvloed in toenemende mate positief af te wijken van de voorspelde waarden (mondelijke mededeling Alwin Sastropawiro, Hoofd Afdeling Hydrografie en Vaargeulonderhoud van de Mariene Autoriteit Suriname, 8 juli 2004). Een deel van de door Alwin Sastropawiro bijgehouden grafiek, waarin de voorspelde en gemeten vloedstanden zijn weergegeven, is weergegeven in Figuur 6. Op 18 september 2001 bedroeg het verschil tussen de voorspelde en de gemeten waterstand tijdens springvloed circa 35 cm. Tijdens doortij liggen de voorspelde en gemeten waarden dicht bij elkaar.

Het verschil kan veroorzaakt zijn door zeespiegelstijging, ingrepen of natuurlijke veranderingen in de morfologie, waaraan de voorspelling nog niet is aangepast. Ook is het mogelijk dat er een fout in de metingen is geslopen of dat bepaalde componenten van het getij niet in de berekeningen zijn meegenomen. Tenslotte kan ook een veranderde bovenafvoer oorzaak zijn van dit soort veranderingen (Mededeling L. Dekker, RWS Directie Zeeland, 23 juli 2004).

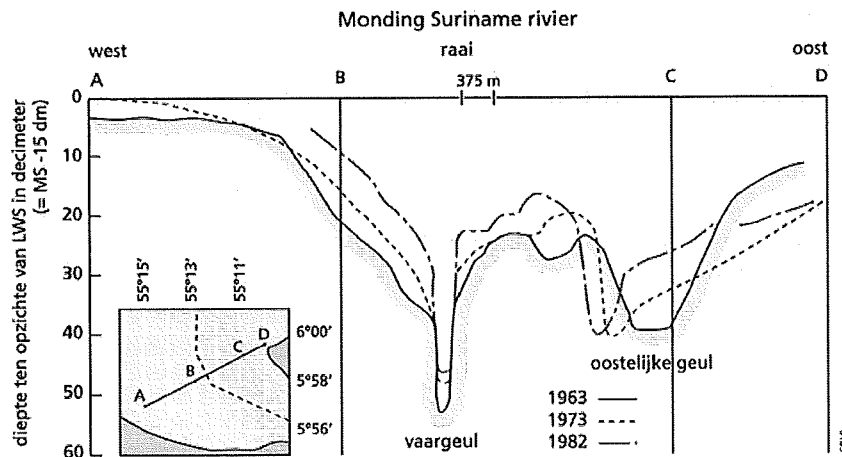
Van de bovengemelde gemelde mogelijkheden lijkt de laatste een zeer reële. Naar vermelding in de getijtafels (MAS, 2003) berusten de tafels voor Paramaribo op 60 getij-constanten, berekend uit registraties over 1 jaar (1965) van een peilschaal bij de steiger van de MAS. Dat jaar (1965) valt dus precies in de tijd dat de stuwdam bij Afobaka in werking trad.



Figuur 6. Een deel van de vergelijkingsgrafiek van voorspelde en gemeten getidestanden, zoals vele jaren bijgehouden door Alwin Sastropawiro. Enkel de dagelijkse hoogwaterstanden zijn getoond. Opvallend is het verschil tussen de gemeten en de voorspelde waterstand tijdens springvloed. De laagwaterstanden leveren een gelijksoortig beeld.

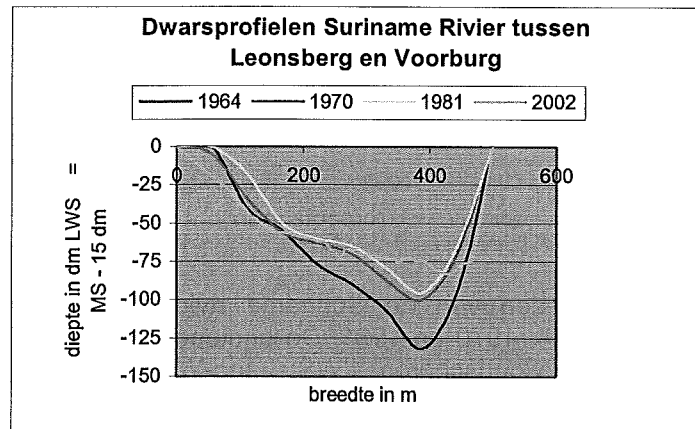
### Stroming en geulontwikkeling

Bij opkomend tij stroomt het zeewater via een ondiepe geul langs de oostkant van het estuarium (Figuur 7) naar binnen. Onder deze omstandigheden zijn door Van Heuvel (1983) in de vloedschaar stroomsnelheden van rond 1 m/s waargenomen. De maximale stroomsnelheid in de westelijk gelegen vaargeul (Figuur 7) bedraagt dan circa 0,85 m/s.



Figuur 7. Dwarsdoorsnede over de vaargeul in de monding van de Suriname rivier in de jaren 1963, 1973 en 1982 (Naar Van Heuvel, 1983).

Het opstuwende vloedwater heeft de neiging zoveel als mogelijk rechtdoor te stromen. Meer stroomopwaarts, ter hoogte van Resolutie, zijn tijdens vloed stroomsnelheden gemeten tot boven 1 m/s. Verder stroomopwaarts verdeelt de vloedstroom zich over de Commewijne en de Suriname rivier. De vloodschaar heeft dan inmiddels opgehouden te bestaan. In het smalle doorstroomprofiel tussen Leonsberg en Voorburg is slechts één geul te zien (Figuur 8). De gemeten stroomsnelheden lopen daar op tot boven de 1,5 m/s (Van Heuvel, 1983).

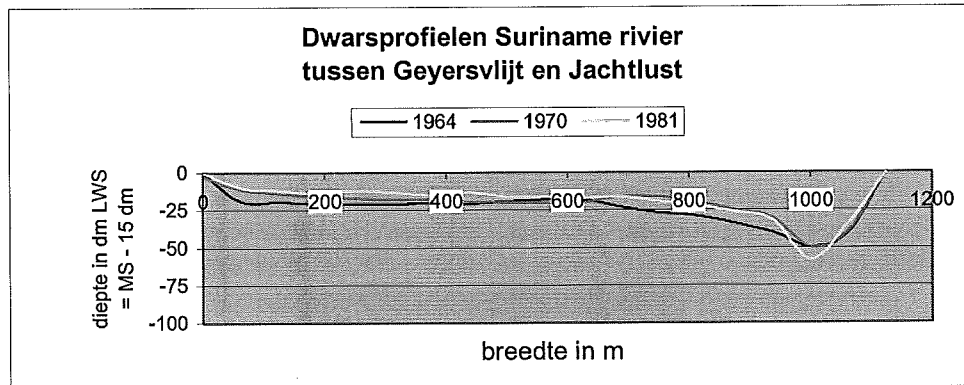


Figuur 8. Dwars profielen van de Suriname rivier tussen Leonsberg en Voorburg in de jaren 1964, 1970, 1981 en 2002. Duidelijk is de verondieping te zien na de constructie van de dam bij Afobaka (1965). De kleine verdiepingen in het profiel van 2002 zijn waarschijnlijk stroomgeulen die horen bij een lagere waterstand. LWS: Laag-Water-Spring; MS: Midden Stand.

Tijdens eb stroomt het water meer langs de westkant van het estuarium terug naar zee. De diepe, westelijke geul (Figuur 7), de vaargeul, fungeert nu als ebgeul. Er zijn stroomsnelheden in gemeten van 1 m/s (Van Heuvel, 1983). Van de Commewijne rivier ontbreken gegevens met betrekking tot debieten en stroomsnelheden. Niettemin kan uit de kleurverschillen van het uitstromende water vastgesteld worden dat de afvoer van de Suriname rivier tijdens eb, ondanks de regulerende werking van het stuwmeer bij Afobaka, veel groter is dan die van de Commewijne (Van Heuvel, 1983).

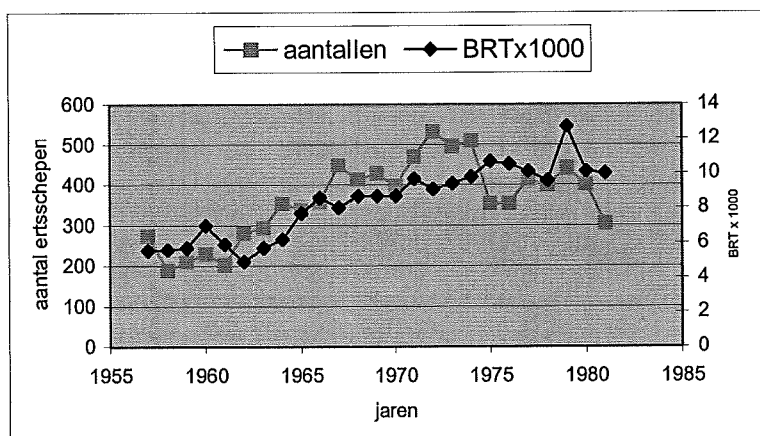
In de smalle doorgang tussen Leonsberg en Voorburg is het repeterende spel van afstromend zoet rivierwater en het in- en uitstromen van zout getijdewater geconcentreerd langs de buitenbocht. In tegenstelling tot vrije meanders hebben rivierbochten in het kustnabije deel van de benedenloop te maken met stroming uit twee tegengestelde richtingen. De erosie vindt daardoor afwisselend over het stroomopwaartse en stroomafwaartse deel van de buitenbocht plaats. Met name in gedeelten waar de tegengestelde stroomsnelheden van vergelijkbare grootte zijn zal een buitenbocht zich, min of meer parallel aan zich zelf, steeds verder achterwaarts insnijden. Omdat in de beginfase van de vloed het binnendringende zoute water in de diepe (eb)geul sterke tegendruk ondervindt van het (nog) uitstromende rivierwater, zal de vloedstroom opnieuw scharen ontwikkelen. De rivier wordt daardoor weer breder. In Figuur 9 zijn in dwarsdoorsneden van de Suriname

rivier tussen Geyersvlijt en Jachtlust depressies met diepten in de orde van 40 cm te herkennen, die mogelijk als vloedscharen functioneren. Voor een gemakkelijke onderlinge vergelijking zijn de horizontale en verticale schaal van de figuren 5 en 6 gelijk gehouden.



Figuur 9. Dwarsdoorsneden van de Suriname rivier tussen Geyersvlijt en Jachtlust in de jaren 1964, 1970 en 1981. De ondiepe depressies links van de stroomgeul zijn mogelijk vloedscharen. LWS: Laag-Water-Spring; MS: Midden Stand.

Zoals blijkt uit de dwarsprofielen in Figuur 7, 8 en 9 is de bedding van de Suriname rivier sedert de constructie van de dam bij Afobaka enkele meters opgeslibd. Enkele jaren na de constructie van de dam was dat proces reeds aangetoond door Bles en De Hartog (1968). Het gedrag van de stroomgeul is niet eenduidig. In het relatief ondiepe traject tussen Geyersvlijt en Jachtlust blijkt de geul in 1981 dieper te zijn geworden. Dat kan verklaard worden door de toename in intensiteit waarmee diepgeladen ertsschepen tussen 1960 en 1973 door de geul voeren in combinatie met de toename in grootte van de schepen (tot 1979). In Figuur 10 is het verloop van het aantal ertsschepen naar Suriname en de grootte ervan aangegeven voor de periode 1957-1981. De laatste twee decennia is de intensiteit van de zeevaart eerder verder afgenomen dan opnieuw toegenomen.

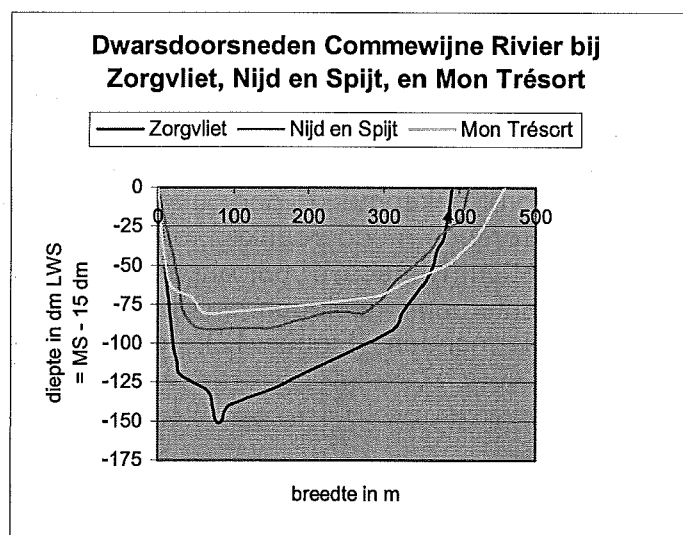


Figuur 10. Verloop van het aantal en de grootte van de ertsschepen naar Suriname (Naar Van Heuvel, 1983).

Tussen Leonsberg en Voorburg is de in oorsprong diepe geul juist al maar ondieper geworden en is hij in recente jaren nog dichterbij de oever opgeschoven. Naarmate de geul dichterbij de oever komt te liggen, zal deze sterker ondermijnd worden, waardoor de helling er van zal versteilen. De oever verliest stabiliteit en zal uiteindelijk afschuiven. Langs de oever tussen Nieuw Amsterdam en Belwaarde zijn daarvan verschillende voorbeelden te zien.

De Commewijne rivier kent geen constructies in het achterland waardoor het regime wordt beïnvloed. Er zullen derhalve, vergeleken met de Suriname rivier, relatief grotere verschillen zijn tussen de piekafvoer in natte seizoenen en de dalafvoer in droge seizoenen. Er zijn echter geen debiet metingen bekend.

De geomorfologie van de Commewijne is vergelijkbaar met die van de Suriname rivier. In de bochten is de rivier smaller en dieper, in meer rechte delen breder en minder diep. In Figuur 11 zijn drie dwarsdoorsneden van de Commewijne te zien, bij Zorgvliet, Nijd en Spijt en Mon Trésort. Duidelijk is te zien dat in deze buitenbocht de stroomgeul dicht onder de concave oever ligt, en het diepste deel (bij Zorgvliet) even stroomafwaarts van de bocht.



Figuur 11. Dwarsdoorsneden van de Commewijne rivier bij Zorgvliet, Nijd en Spijt en Mon Trésort, op basis van dieptemetingen, in 2002 uitgevoerd door de Maritieme Autoriteit Suriname (MAS). De diepten zijn in dm ten opzichte van LWS (=MS-15 dm).

#### 2.4 DE INVLOED VAN GOLFWERKING.

De golven voor de Surinaamse kust worden opgewekt door de Noordoost Passaat. Ze naderen de kust op diep water uit een richting tussen noordoost en oost-noordoost. Door refractie draaien ze bij, zodat ze dichtbij de kust uiteindelijk vrijwel loodrecht binnenlopen. Ze hebben dan, met name in de sedimentatiegebieden veelal het karakter van solitaire golven (Wells & Coleman, 1981).

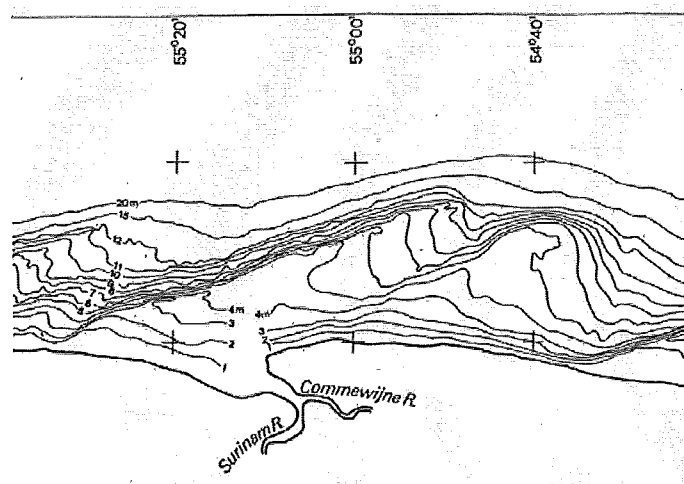
Golven die het estuarium van de Suriname rivier binnenlopen, worden nog verder gereflecteerd rond Braamspunt, de naar het westen uitstekende oost-oever van de riviermonding. Aantasting van de rivieroeveren door windgolven speelt om die reden geen grote rol. Daar komt nog bij dat de golfwerking vanwege het verticale getij de oever op steeds wisselende plaatsen treft, waardoor de invloed er van nog minder zal zijn.

Voor het opwekken van lokale golven van enige importantie in het estuarium is de strijklengte veelal te kort. Een uitzondering is mogelijk de Commewijne rivier stroomafwaarts van Mon Trésort. Over circa 5 kilometers ligt de rivier daar in de strekking van de wind waardoor, met name in de kleine droge tijd, als de wind wat krachtiger doorstaat, golven van ~40 cm hoogte kunnen worden opgewekt. Ook daarvan lijkt het effect echter gering. Steile klifjes langs de bovenkant van de oever als gevolg van golfslag zijn dan ook weinig waargenomen.

Een zelfde conclusie kan getrokken worden voor de scheepsgolven. De invloed van primaire scheepsgolven, opgewekt door de regelmatig via de relatief smalle vaargeul naar binnen en naar buiten geloodste zeeschepen is, gelet op de grote breedte van de rivier, te verwaarlozen. Kleinere snelle boten worden slechts incidenteel gesignaleerd en hebben daarom (nog) weinig invloed.

## 2.5 INVLOED VAN GEBEURTENISSEN IN HET MONDINGSGBIED EN DE AANGRENZENDE KUSTZONE

De kust van Suriname wordt gekenmerkt door uitgestrekte, in westwaartse richting langs de kust migrerende modderbanken, die zich onder water tot de 20 meter dieptelijn voortzetten (Nedeco, 1968, Augustinus, 1978). Ze zijn van elkaar gescheiden door interbank gebieden. In hun westwaartse migratie passeren ze ook de riviermonden (Figuur 12), met alle hinder voor de scheepvaart van dien.



Figuur 12. Detail uit een dieptelijnenkaart van Suriname. Naar gegevens van de Hydrografische Afdeling van de Koninklijke Nederlandse Marine. Fair Sheets H. Nl. M. S. Snellius and Luymes, 1966-1968). Voor de monding van de Suriname rivier zijn de contouren van een modderbank duidelijk te herkennen. De dieptelijnen zijn in m.



Aangroei en afslag van de kust zijn gekoppeld aan het systeem van de langs de kust migrerende modderbanken en interbank gebieden (Augustinus, 1978, 1980). Modderbanken karakteriseren gebieden waar de kust aangroeit. In interbank gebieden vindt overwegend erosie plaats, al kunnen zich daar soms, onder bijzondere omstandigheden, ook omvangrijke zandstranden of schoorwallen ontwikkelen. De migratie van de banken is er oorzaak van dat deze afwisseling van sedimentatie en erosie zich met een snelheid van 1 à 1½ km/jaar in westwaartse richting langs de kust verplaatst.

Naast de bovenbeschreven ontwikkeling die zich in dwarse richting op de kust voltrekt, is er in de mondingen van de estuaria een tweede mechanisme van kustaangroei actief, dat in kustlangse richting uitwerkt. In de loop van de jong geologische geschiedenis blijkt een aantal oostelijke oevers van estuaria zich namelijk ontwikkeld te hebben tot langgerekte landtongen. Dergelijke 'mudcapes', zoals ze in de internationale literatuur worden aangeduid (Allison et al, 1995) blijken tijdens hun ontwikkeling in staat te zijn geweest in oorsprong zuid-noord verlopende rivieren naar het westen af te buigen. Voorbeelden daarvan in Suriname zijn de Nickerie rivier, de Saramacca, de Commewijne en de Cottica. Dit proces is ook nu nog werkzaam.

Bepalend voor de ontwikkeling van de oostoever van estuaria in de Guyana's tot 'mudcapes' is de aanvoer van sediment langs de kust, met name in de vorm van modderbanken, maar ook de mate waarin het rivierwater in staat is de monding vrij te houden. Bij gelijk blijvende sedimentaanvoer langs de kust zal uitbouw van de oostelijke oever in jaren met grote rivierafvoer minder kans hebben dan in relatief droge jaren. Ook de omvang van de modderbanken lijkt een belangrijke factor.

Sedert 1957 is in het windrijke seizoen (januari-april) een toename in de frequentie van meer oost-noordoostelijke (passaat) winden aantoonbaar. De door dergelijke winden opgewekte golven naderen de Surinaamse kust onder een kleinere hoek en zorgen er voor dat de kustlangse component van de golfenergieflux in belang toeneemt. Modderbanken worden onder die invloed langer (Augustinus, 1986, 2004), wat betekent dat kustaangroei toeneemt. De modderbank, die momenteel Braamspunt nadert is om die reden van zeer grote omvang. De lengte ervan bedraagt meer dan zeventig kilometer. Over circa 10 jaar zal de westflank van de bank Braamspunt hebben bereikt. Vanaf dat moment zal de modderbank vloeibare modder leveren aan Braamspunt. Omdat de uitstroom van de Suriname rivier als gevolg van de constructie van de dam bij Afobaka is gereguleerd, ontbreken de piekafvoeren om het estuarium 'schoon te spoelen'. De kans bestaat dat Braamspunt zich daardoor als 'mudcape' gaat ontwikkelen, waardoor de riviermonding meer westwaarts zal worden verlegd. Dit zal grote consequenties hebben voor de bevaarbaarheid van de Suriname monding. Harde gegevens over de hierboven geschetste middenlange termijn ontwikkeling van Braamspunt ontbreken echter. Nader onderzoek is gewenst, maar valt buiten het kader van deze studie.

### 3. SEDIMENTTRANSPORT EN SEDIMENTATIE

#### 3.1 SEDIMENTTRANSPORT EN SEDIMENTATIE IN DE RIVIER

Gegevens over de aanvoer van sediment, afkomstig van het bovenstrooms gelegen drainage bekken zijn niet voorradig. Vóór de bouw van de stuwdam bij Afobaka bedroeg de schatting voor de Suriname rivier  $0,25 \times 10^6$  ton/jaar en voor de Commewijne  $0,06 \times 10^6$  ton/jaar (Nedeco, 1968). Voor die lage sedimentaanvoer zijn twee argumenten aan te voeren.

- de Suriname rivier en de Commewijne draineren een gedeelte van het Guyana schild, een oud vervlakt gebergte (ouder dan 500.000 jaar) waar harde gesteenten dagzomen en de hellingen over het algemeen flauw zijn.
- het drainage gebied is voor een groot deel begroeid met een tropisch regenwoud, waardoor de bodem goed beschermd is tegen erosie. De sedimentproductie zal derhalve laag zijn.

Aangenomen mag worden dat na de bouw van de stuwdam al het bovenstrooms door de Suriname rivier aangevoerde sediment in het stuwmeer zal bezinken.

In het kustnabije deel van de benedenloop van de Suriname rivier en de Commewijne wordt de sedimentaanvoer vrijwel geheel door het getij bepaald. De bedding bestaat voornamelijk uit silt en klei, afkomstig van de Amazone. Langs de kust westwaarts getransporteerd slib wordt met de vloedstroom het estuarium ingevoerd. Tijdens eb wordt het weer naar zee afgevoerd. Vanwege de aard van het sediment vindt het transport vooral in suspensie plaats. Lokaal kan de slibconcentratie zo groot worden dat vloeibare modder ontstaat (dichtheid  $1100 - 1200 \text{ kg/m}^3$ ). Deze zal zich verzamelen in de lagere delen van de bedding, onder andere in de stroomgeul (=vaargeul). Ook de zeescheepvaart draagt daar aan bij. De grotere (erts)schepen zullen bij geringe 'keel clearance' (de afstand tussen de kiel van een schip en de bodem van de vaargeul), vooral door de schroefstraalwerking, veel beddingsediment in suspensie brengen. De mate waarin dit geschiedt is afhankelijk van het type schip, de vaarsnelheid en de precieze diepgang (Van Heuvel, 1983). Ook kan erosie en vorming van vloeibare modder optreden als een schip, bijvoorbeeld door een dwarsstroom of sterke zijwind, uit de as van de vaargeul loopt en de geulflank raakt en beschadigd.

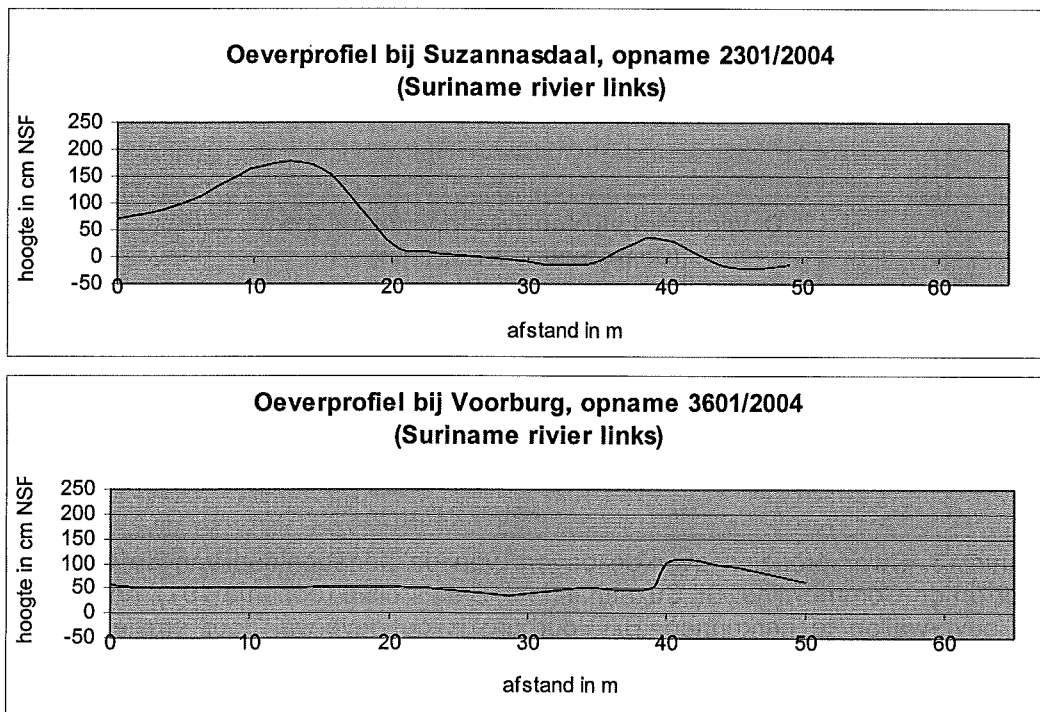
Door Nedeco (1968) zijn in het verleden boringen uitgevoerd het estuarium. De bevindingen zijn dat onder de lokaal voorkomende vloeibare modder, geconsolideerde klei wordt aangetroffen met dichtheden van  $1400 \text{ kg/m}^3$  aan het oppervlak, oplopend tot  $1500 \text{ kg/m}^3$  op een diepte van 1 à 2 m. Op enkele plaatsen bevat de klei zand en/of schelpgruis. Dat komt voor bij Braamspunt, waar het direct afkomstig lijkt te zijn van het zand- en schelptransport langs de kust. Ook op plaatsen waar de rivier een oude rits aansnijdt kan zand aan het beddingsediment worden toegevoegd.

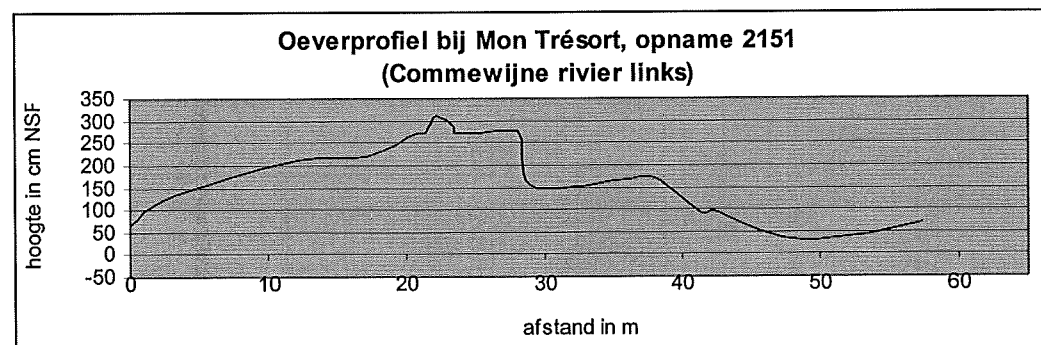
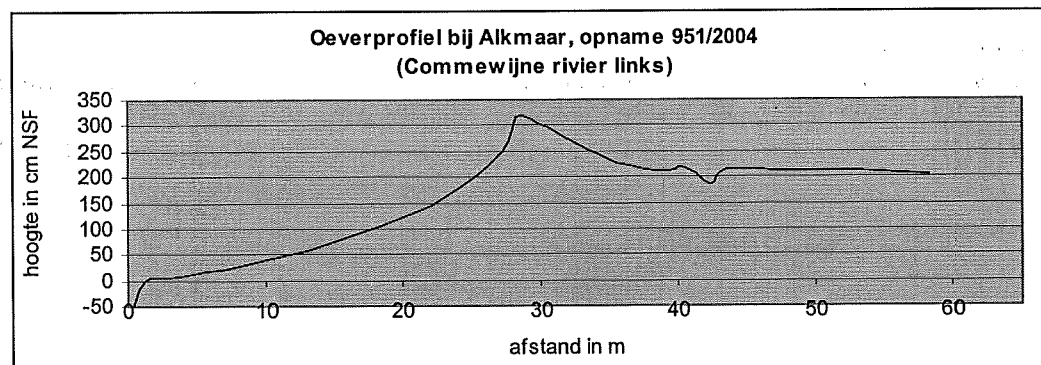
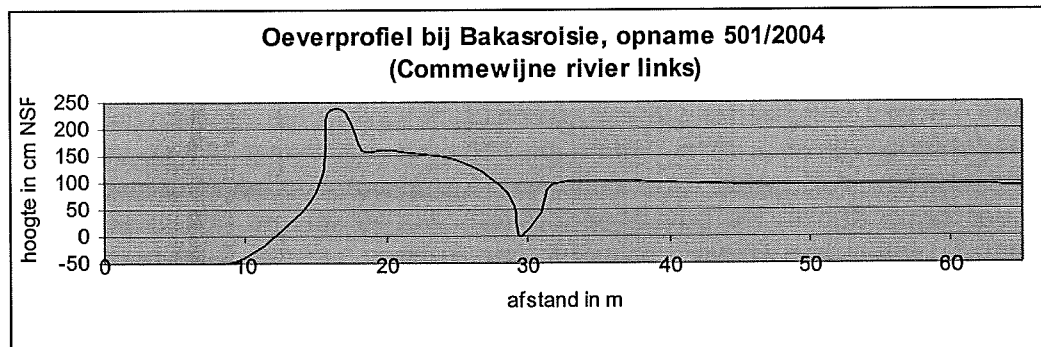
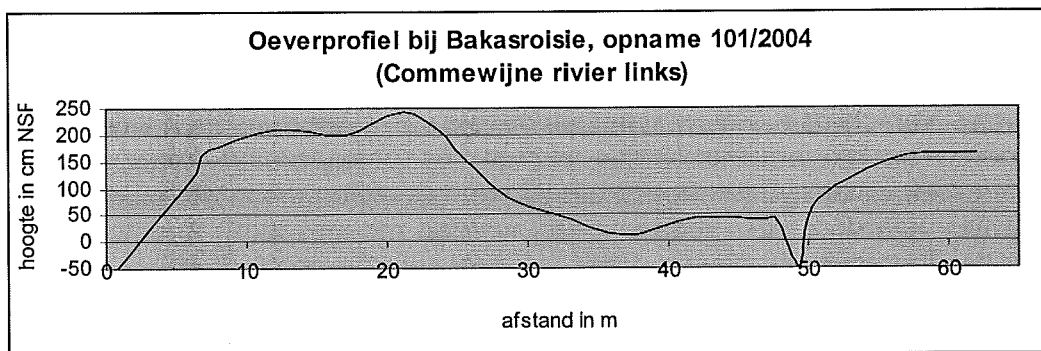
### 3.2 OEVERWALLEN

In sedimentatiegebieden zijn oeverwallen langs meanderende rivieren een normaal verschijnsel. Ze ontstaan als gevolg van overstromingen tijdens hoge afvoeren uit het bovenstroomse gebied. Bij overstroming treedt de rivier buiten haar oevers. De stroomsnelheid van het water, die in de bedding hoog was (en waardoor veel sediment kon worden meegevoerd), neemt sterk af, met sedimentatie als gevolg. Door laterale selectie ontstaat direct naast de bedding een zandige oeverwal, die naar boven toe verfijnt (verticale selectie), terwijl het fijnere sediment ver van de rivier pas tot bezinking komt. Dergelijke oeverwallen fungeren, als ze hoog zijn opgewerkt, als een natuurlijke waterkering, die enkel bij zeer hoge waterstanden nog kan worden overschreden.

Onder invloed van het getij vinden overstromingen in het lagere deel van de benedenloop van een rivier vooral plaats door opstuwing tijdens maximale vloedstanden, met name rond kentering. De stroomsnelheden zijn daardoor minder hoog dan in de bovenbeschreven situatie en het buiten de oevers tredende water zal weinig sediment mee kunnen voeren. Daarbij komt dat noch de Suriname rivier, noch de Commewijne zand transporteert. Bij overstroming zal er daarom slechts slib buiten de oevers worden gebracht. De 'oeverwallen' die daarbij ontstaan zijn kleiig en laag en hebben nauwelijks een waterkerende functie.

In het kader van deze studie zijn profielen over de oevers van de bedreigde rivierdelen ingemeten. In Figuur 13 zijn enkele van die profielen in beeld gebracht.





Figuur 13. Dwarsprofielen over de oevers van de benedenloop van de Suriname rivier en de Commewijne. Bij Suzannasdaal, Bakasroisie (opname 101), en Alkmaar zijn oeverwallen te herkennen. Bij Voorburg is de oeverwal door erosie verloren gegaan. Bij Bakasroisie (501) en Mon Trésort zijn kades aangebracht.

De oevers zijn langs de Commewijne gemiddeld genomen beduidend hoger dan langs de Suriname rivier. Tussen Alkmaar en Mon Trésort bedraagt de gemiddelde hoogte 288 cm NSP, bij Bakasroisie 221 cm NPS en tussen Lust en Rust en Nieuw Amsterdam 173 cm NSP.

#### 4. IMPLICATIES VAN NATUURLIJKE OEVERBESCHERMING IN COMMEWIJNE

De oevers van de getijdenrivieren in de kustvlakte van Suriname zijn overwegend begroeid met mangroven.

Mangroven hebben vele functies, waaronder die van natuurlijke beschermers van de oevers van estuaria en getijdenrivieren, hetgeen in het kader van dit rapport van belang is. Omdat dit onderwerp in de interactiesfeer ligt van de biotische en de abiotische wereld, is het vanuit beide gezichtshoeken bekeken. Het onderstaande is voor een groot gedeelte gebaseerd op de interne nota 'Natuurlijke en kunstmatige oeverbescherming District Commewijne (van Jachtlust tot Mon Trésort)' van marien bioloog Pieter A. Teunissen. Voor meer gedetailleerde gegevens en ondersteunende foto's wordt verwezen naar de volledige Nota, die als Bijlage 1 aan dit rapport is toegevoegd.

##### 4.1 MANGROVEN IN SURINAME EN HUN AANPASSINGEN AAN HET MILIEU

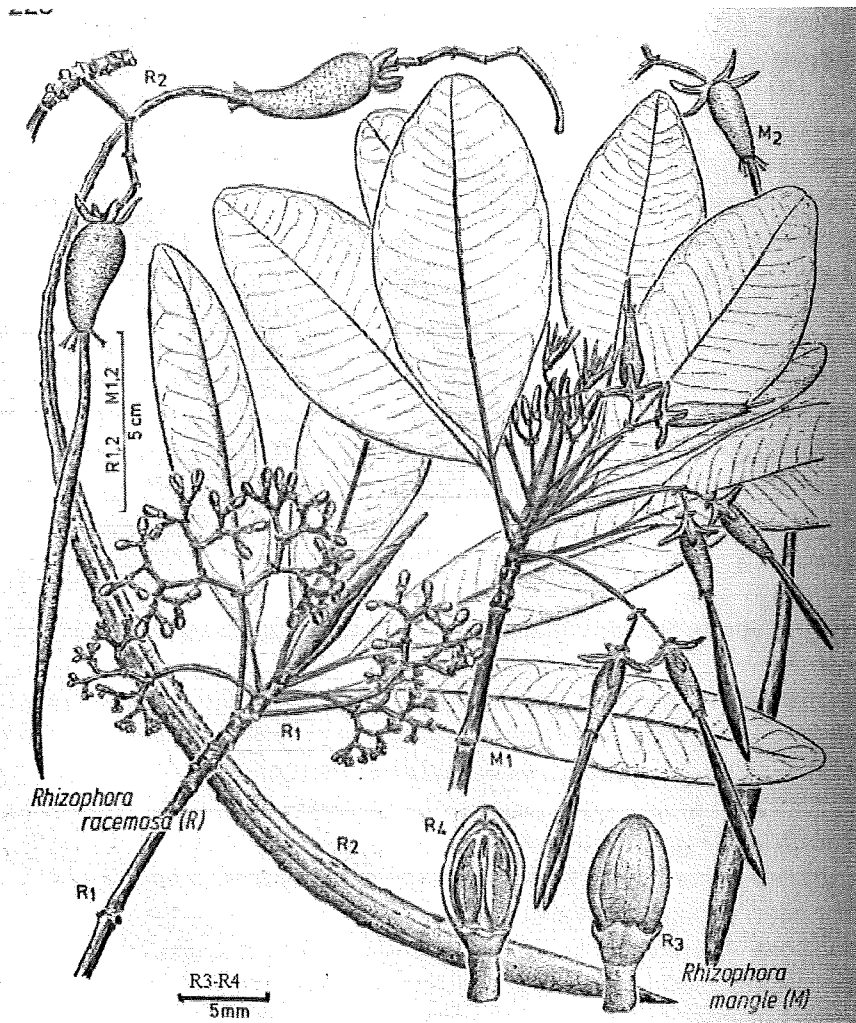
De Surinaamse rivieren en estuaria worden op hun oevers begeleid door mangroven. De meest voorkomende soorten behoren tot de *Rizophora*'s (Mangro's). Er worden drie soorten onderscheiden:

- *Rhizophora mangle*, die vooral te vinden is in de zoute tot brakke riviermonden (Figuur 14),
- *Rhizophora racemosa*, die tot ver stroomopwaarts groeit in brakke tot zoet water milieu's (Figuur 14), en
- *Rhizophora harrisonii*, in gebieden waar *Rh. mangle* en *Rh. racemosa* elkaar overlappen. Deze soort staat wat kenmerken betreft in tussen de twee eerder genoemde soorten. Mogelijk betreft het een kruising ertussen.

Aan de landzijde, waar de oevers hoger zijn opgeslibd en de modder al wat steviger is, komt naast de Mangro's een vierde soort voor: *Avicennia germinans* (Parwa). Behoudens in deze habitat komen Parwa's dominant voor langs de kust. Plaatselijk, veelal langs de waterlijn, kan een vijfde mangrove soort groeien: *Laguncularia racemosa*, een klein boompje, in Suriname bekend als 'Akira'.

Het bijzondere van mangroven is dat ze zich hebben kunnen aanpassen aan standplaatsen met een slappe, volledig met water verzadigde bodem en een brak tot zout milieu. De meest opvallende aanpassing is het wortelstelsel.

De *Rhizophora* soorten hebben een uitgebreid stelsel van stelwortels, die zorgen voor stevigheid (Figuur 15). Tevens zijn ze uitgerust met speciale cellen, die lucht (+ zuurstof) doorgeven naar de wortels. In het geval van *Avicennia germinans* rijzen vanuit een stervormig ondergronds wortelstelsel verticale ademwortels (pneumatophoren) omhoog, tot boven de bodemlaag. *Laguncularia racemosa* heeft ook pneumatophoren, maar die zijn veel korter en onregelmatiger dan bij de Parwa.



Figuur 14. Rechts: *Rhizophora mangle* (M): Tak met bloeiwijze (M1); Vrucht met hypocotyl (M2). Links: *Rhizophora racemosa* (R): Tak met bloeiwijze (R1). Vruchten met hypocotyl (R2); Bloemknop en doorsnede (R3-4). (Uit: Lindeman en Mennega, 1963).

Een andere aanpassing is de tolerantie met betrekking tot zout. Mangroven kunnen groeien in milieus met een breed scala aan zoutgehalten, variërend van 0 tot 90 ‰. *Avicennia germinans* beschikt over bladklieren die zo nodig zout uitscheiden. Deze soort is het meest zouttolerant. Mangro-wortels laten geen zout toe. Elk van de drie Mangrosoorten prefereert een eigen range van zoutgehalten in het milieu. Overigens gedijen mangroven ook goed in een zoet water milieu. Ze worden daar echter met succes weggeconcurrerd door andere hogere planten, die sneller groeien (Chapman, 1976).



Figuur 15. Mangro-bos langs de Commewijne rivier (links). Het netwerk van steltwortels in de bosrand is duidelijk zichtbaar (rechts).

Mangro-bomen vertonen het verschijnsel van vivipari (letterlijk: levendbarendheid): de zaden kiemen reeds in de vrucht tot kiemplanten. Daarbij groeit het stengelstuk, dat bij kiemplanten normaal gesproken onder ("hypo") de kiemlobben ("cotylen") gevonden wordt (het zogeheten "hypocotyl), uit tot een knots- of torpedovormig stengelstuk, dat zich door de top van de vrucht naar buiten boort (Figuur 14). De kiemlobben (cotylen) zijn klein en gedraaid en blijven het langst met de vrucht verbonden. Totdat de kiemplant van de moederboom loslaat.

#### 4.2 VOORWAARDEN VOOR VESTIGING VAN RIVIERBEGELEIDENDE MANGRO-BOSSEN

Als modderbanken in riviermondingen en langs benedenrivieren zijn opgeslibd tot het niveau tussen Gemiddeld Laagwater (GLW) en Gemiddeld Hoog Water, kan een Mangro-kiemplant zich vestigen.

Mangro-bomen bloeien het gehele jaar door en produceren het gehele jaar door vruchten. De kiemplanten (torpedo's) die van de vrucht loslaten, kunnen onder de moederbomen in de zacht modder priemen en er uitgroeien tot een nieuwe mangro-boom. De meeste kiemplanten vallen echter in het water en worden drijvend door getijdestromingen verspreid (Figuur 16). Ze worden zowel naar zee getransporteerd, en via de zee tot in de mondingen van andere rivieren, alsook landinwaarts de rivier op, zover de stroming tijdens springvloed reikt, dus ook tot in riviergedeelten met altijd-zoet water.

Doordat Mangro-kiemplanten al in de vrucht tot ontwikkeling komen en zich als uitgegroeide kiemplanten verspreiden zijn ze minder kwetsbaar voor de steeds wisselende milieumomstandigheden in het brakwater-getijdegebied. Die kwetsbaarheid neemt verder af naarmate de planten uitgroeien tot jonge boompjes.





Figuur 16. Ontboste oever van de Commewijne rivier bij de plantage Visserszorg met aangespoelde Mangro-kiemplanten. Ze ouden geplant kunnen worden door ze in de modder te steken.

#### 4.3 FUNCTIES VAN MANGRO-BOSSEN

Mangro-bossen hebben vele functies. Zo bieden ze bijvoorbeeld voedsel en beschutting aan allerlei soorten organismen. Daarnaast vervullen ze een kraamkamerfunctie voor verschillende soorten zee- en rivierissen en garnalen. Mangro-bossen bieden aldus mogelijkheden voor commerciële visserij langs de rivieroeveren in de benedenrivieren en in de riviermondingen. Behalve vis, garnalen en jachtwild levert Mangro-bos brandhout en houtskool en wordt (werd) de bast van de Mangro-bomen (die 20-25% looistoffen bevat) gebruikt voor het tanen van visnetten voor de zwampvisserij ("trapun-srepi"). In het kader van deze studie is het echter vooral van belang te wijzen op de rol die mangro-bossen spelen voor de oeverbescherming in de estuaria en langs de benedenrivieren. Als de kleiige oevers hoog genoeg zijn opgeslibd vestigt zich Mangro-bos, in hoofdzaak uit *Rhizophora* soorten bestaande. Om in de slappe oever sedimenten te kunnen groeien vinden de Mangro-bomen (letterlijk) ondersteuning van een uitgebreid stelsel van steltwortels, dat zich (ook bij eb) tot onder de waterlijn voortzet. Mangro-bossen beschermen de oevers op twee manieren:

In het dichte netwerk van bovengrondse stelt- en ademwortels, takken en stammen wordt stroming afgeremd en worden golven uitgedempt, waardoor de kans op erosie wordt verkleind en opslibbing wordt bevorderd. Exacte gegevens hieromtrent zijn echter nog weinig talrijk. Metingen van Scoffin (1970) in de Bimini Lagune (Bahamas) laten zien dat een stroomsnelheid van 40 cm/s over een afstand van 1 m tot nul werd gereduceerd als gevolg van steltwortels van *Rhizophora* op een onderlinge afstand van 15 cm. De weinige andere onderzoeken geven vergelijkbare resultaten, echter, bij andere mangrovesoorten (bijvoorbeeld Van Santen et al., in press). Hetzelfde geldt voor de golfdempingsfunctie, alhoewel die in het onderhavige geval voor de rivieroeverbescherming minder belangrijk is (Zie paragraaf 2.3). Naast de opslibbing van de oevers ten gevolge van de bovengenoemde factoren treedt enige bodemverhoging op, als gevolg van secundaire diktegroei in de



wortelmasse van het Mangro-bos, waardoor het bodemmateriaal in opwaartse richting wordt verplaatst. In het verlengde van de hier beschreven functies leidt het verwijderen van (een deel van) de mangrovebegroeiing langs de oevers vrijwel onherroepelijk tot versterkte erosie.

Een wortelstelsel, ook dat van mangrovebomen, geeft extra stevigheid aan de grond. Bij een onderzoek in een Nederlandse kwelder bleek dat de mate waarin wortels bodemdeeltjes kunnen vasthouden, afhankelijk is van het type, de diameter en de dichtheid van de wortels (Van Eerd, 1985). Langs meanderende rivieren, waarvan de oevers, bijvoorbeeld in de buitenbocht, worden ondermijnd en onder water afglijden, blijken mangroven echter veelal niet in staat het proces te stoppen. Dat komt omdat de basis van de afglijding beneden het wortelsysteem ligt.

Het bovenstaande wordt weerspiegeld door de natuurlijke oevervegetatie van de Suriname rivier en de Commewijne in het kustnabije deel van beide rivieren. In Figuur 17 is een deel van het stroomgebied van de Commewijne te zien op een Landsat 5 'false colour' beeld. Vanuit het oosten (= rechts) voegt de Cottica zich bij de Commewijne. Door de combinatie van band 2, 3 en 4 kleurt bladgroen (chlorophyl) op dit satellietbeeld rood. Een donkere kleur rood, te zien langs de binnenbochten en rechte delen van de rivieren, geeft de aanwezigheid aan van oude (Mangro-)bossen. Het zijn de oevers, waarlangs sedimentatie door het aanwezige Mangro-bos wordt bevorderd. De in paragraaf 2.2 genoemde afgesneden meander van de Commewijne, nabij plantage Lustrijk, is eveneens met dicht (Mangro-)bos begroeid. Langs de buitenbochten is de vegetatie duidelijk minder dicht vanwege de hier optredende oeverafkalving.

Oeverafschuiving gaat vaak gepaard met het ontwortelen en omvallen van Mangro-bomen, die vervolgens tijdelijk nog als barrière voor stroming en golven kunnen fungeren. Het zal duidelijk zijn dat oevererosie door de aanwezigheid van Mangro-bossen aanzienlijk vertraagd wordt. Diepe erosie, dieper dan de wortelzone, vergezeld van oeverafschuiving, kunnen ze echter niet voorkomen.

Het spreekt voor zich dat het verstoren van de Mangro-vegetatie niet enkel de kraamkamer- en productiefunctie zal aantasten, maar ook de oevererosie zal doen toenemen. Om dat te voorkomen zouden Mangro-bossen, vanwege hun belangrijke productie- en oeverbeschermingsfunctie een beschermd status moeten krijgen en wel de status van "schermbos" of "speciaal beschermd bos" zoals omschreven in en mogelijk gemaakt door de Wet Bosbeheer (Staatsbesluit 1992, No 80).

#### **4.4 DE MENSELIJKE INVLOED IN COMMEWIJNE**

##### *De invloed van de plantages langs de rivier.*

Sedert de zeventiende eeuw zijn langs de Suriname rivier en de Commewijne plantages aangelegd, waar koffie, suiker, tabak en cacao werd verbouwd. Later kwam daar op de dicht bij zee gelegen plantages katoen nog als belangrijk gewas bij. Om die plantages aan te leggen werd de natuurlijke vegetatie gekapt. Langs de oevers en over de lage kleiïge 'oeverwallen' was

dat vooral Mangro-bos, dat verder landinwaarts overging in brakwater en zoetwater zwampvegetaties. Ook werden sloten gegraven om de gronden te kunnen ontwateren. Aan de rivierzijde van de 'oeverwal' bleef een smalle strook Mangro-bos gespaard, met uitzondering van de plaatsen waar steigers werden gebouwd.



Figuur 17. Detail van een Landsat 5 'false colour' beeld met daarop de samenvloeiing van de Commewijne rivier en de Cottica. De diepte van de rode kleur geeft de dichtheid van de vegetatie aan. In de buitenbochten van de meanders is de begroeiing minder dicht dan in de binnenbochten en langs de min of meer recht verlopende delen. Centraal in de figuur is een dicht begroeid geraakte, afgesneden meander van de Commewijne te zien.

Als gevolg van het aanleggen van de plantages en de daarop volgende agrarische activiteiten is de bodem gedaald. Daarvoor zijn de volgende twee hoofdoorzaken te noemen:

- Het inklinken van de bodem.

Diverse processen zijn er oorzaak van dat de bodem in de plantagepercelen inklinkt. Onder invloed van het eigen gewicht van het kleiïge sediment treedt compactie op, die nog enigszins versterkt wordt door het belopen en berijden van de akkers (zetting). De grootste component van de klink komt echter voor rekening van de ontwatering, waardoor de bodem fysisch rijpt en zich een bodemstructuur begint te ontwikkelen. Als de bodem veel organisch materiaal bevat, levert ook de oxydatie een bijdrage. In totaal wordt de bodemdaling in verlaten plantages, sedert hun in gebruik name, geschat op 60cm (Gonggrijp, 1948). Ten tijde van oevererosie en/of hoge waterstanden lopen de langs de rivier

liggende (oude) plantagepercelen als gevolg van hun lage ligging snel onder water.

- Het graven van sloten.

Om de gronden geschikt te maken voor agrarisch gebruik moesten ze ontwaterd worden. Daartoe is een netwerk van trenched gegraven. Tijdens (latere) erosieve perioden kan het rivierwater via deze watergangen binnendringen, waardoor de erosie verder wordt bevorderd.

Het bezwaar van de laaggelegen plantage gronden is dat in geval van oever erosie en/of hoge waterstanden de betreffende gebieden onder water kunnen geraken. De aanwezigheid van een natuurlijke oeverbegroeiing, bestaande uit Mangro-bos, kan dat risico tot op zekere hoogte indammen.

*In stand houden of kappen van rivierbegeleidend Mangro-bos.*

De betekenis van Mangro als oeverbeschermer wordt begrepen door lokale vissers die met behulp van eenvoudige loopplanken door de smalle strook rivierbegeleidend Mangro-bos hun boten bereiken. Dat is bijvoorbeeld te zien bij Bakasroisi (Figuur 18), Jonkermanskreek-Pomona, maar ook elders in het land als in Saramacca (Hildesheim), Coppenamepunt en langs de beneden Nickerie-rivier.



Figuur 18. Commewijne-rivier - Visserijsteiger in mangro-bos te Bakasroisi

Het kappen van Mangro-bos gebeurde oorspronkelijk slechts op weinig plaatsen. Mangro werd niet op grote schaal geëxploiteerd zoals voor de winning van looistoffen elders in de wereld.

De laatste decennia is de kap van Mangro-bos echter sterk toegenomen. Daarvoor zijn vele oorzaken aan te wijzen, die elk voor zich geen grote ingreep vertegenwoordigen. Maar bij elkaar opgeteld kan het totale effect toch ingrijpend zijn.

In Suriname werd en wordt Mangro-bos verwijderd om:

- uitzicht te krijgen op de riviermonding of de rivier,

- meer wind te vangen en daaraan gekoppeld om minder last te hebben van muskieten en mampieren (bijvoorbeeld langs de Anton Dragtenweg en Cornelis Jonbawstraat; bij woningen langs de Commewijne rivier bijvoorbeeld te Bakasroisi (Figuur 19) en te Katwijk (Figuur 20).
- landaanwinningsprojecten te kunnen uitvoeren, met name in de binnenbochten van rivieren,
- losplaatsen, havens, steigers en botenhuisen te kunnen realiseren, zowel voor de commerciële scheepvaart als voor de watersport.



Figuur 19. Commewijne-rivier - Bakasroisi, woonhuis met uitzicht en botenhuis



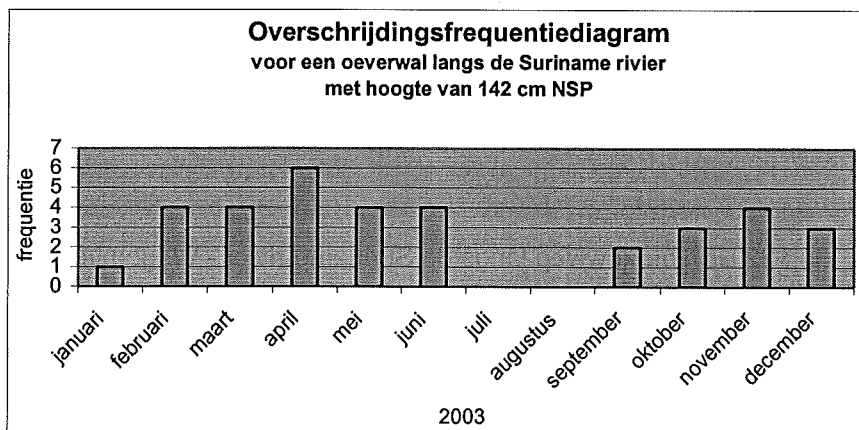
Figuur 20. Commewijne-rivier - Plantage Katwijk. Rechts: oeverbescherming door oorspronkelijk mangro-bos; links: kale oever, ontbost voor uitzicht, wind en minder last van muskieten en mampieren.

## 5. OEVEREROSIE EN OEVERBESCHERMING

### 5.1 OEVER EROSIE

Uit het voorgaande is gebleken dat oevererosie in de benedenloop van de Suriname rivier en de Commewijne voor wat betreft de oorzaken in drie categorieën kan worden gesplitst.

1. Oevererosie als natuurlijk proces in buitenbochten van meanderende rivieren. De erosie wordt veroorzaakt door stroming, die in een buitenbocht dicht onder de concave oever het sterkst is en vanwege de helicoïdale stroming naar beneden is gericht. Hoe dichter de stroomgeul de concave oever nadert, des te meer zal zij die kunnen ondermijnen, met afglijding van (delen van) de oever als gevolg. Vooralnog is dit proces niet te beïnvloeden.
2. Oevererosie als natuurlijk proces ten gevolge van het overstromen van de oevers. Hoge waterstanden komen in het estuarium van de Suriname/Commewijne rivier met name voor rond springvloed. Oeverwallen zijn in het getijde-bereik kleiig en laag. Om de kans op overstroming te kunnen inschatten zijn overschrijdingsdiagrammen een hulpmiddel. In Figuur 21 is zo'n diagram gemaakt voor een oeverwal met een hoogte van 142 cm NSP, gebruikmakend van de voorspelde waterstanden voor Paramaribo in 2003. Van de door de MAS ingemeten oeverprofielen tussen Lust en Rust en Nieuw Amsterdam blijkt meer dan 15% lager te zijn dan 142 cm NSP. Rekening houdend met de geconstateerde afwijking tussen de voorspelde en gemeten waterstanden rond springvloed zal de overstromingskans in de praktijk aanzienlijk hoger zijn.



Figuur 21. De maandelijkse overschrijdingsfrequentie van een oeverwal langs de Suriname rivier met hoogte 142 cm NSP in 2003. Uitgaande van voorspelde waterstanden hebben dergelijke oeverwallen (en lagere) dus vrijwel in alle maanden te maken met overstroming. In april 2003 zelfs zes keer.

Het effect van de onder 1 en 2 genoemde natuurlijke oorzaken kan versterkt worden door golfwerking, zowel afkomstig van wind golven als door de scheepvaart opgewekte golven. Zoals paragraaf 2.4

uiteengezet wordt de bijdrage aan oevererosie door golfwerking niet hoog ingeschat. Dat geldt des te sterker voor oevers, waarlangs de Mangro-begroeiing nog ongestoord is.

3. Oevererosie als direct of indirect gevolg van menselijk handelen. Prominent daarbij is het verstoren van de oeverbegroeiing, veelal bestaande uit Mangro-bos. Daarnaast zijn er een groot aantal erosie bevorderende factoren te noemen, variërend van scheepvaart dicht onder de oever tot het met puin uitbreiden van oevers en het bouwen van steigers, botenhuizen etc., die elk op zich weinig effect sorteren, maar bij elkaar opgeteld op de duur toch een bijdrage kunnen leveren. Het kappen van het Mangro-bos is juist daarom zo schadelijk, omdat:
  - deze bomen door het bindend vermogen van hun wortels tot op zekere diepte stevigheid aan de ondergrond verlenen, en
  - door het dichte netwerk van stelt- en ademwortels, stammen en takken een dempend effect op golven hebben en een remmend effect op stroming.

De oevererosie is thans op een aantal plaatsen zo ver voortgeschreden (Figuur 22 en 23) dat een serieuze oeverbescherming noodzakelijk is.

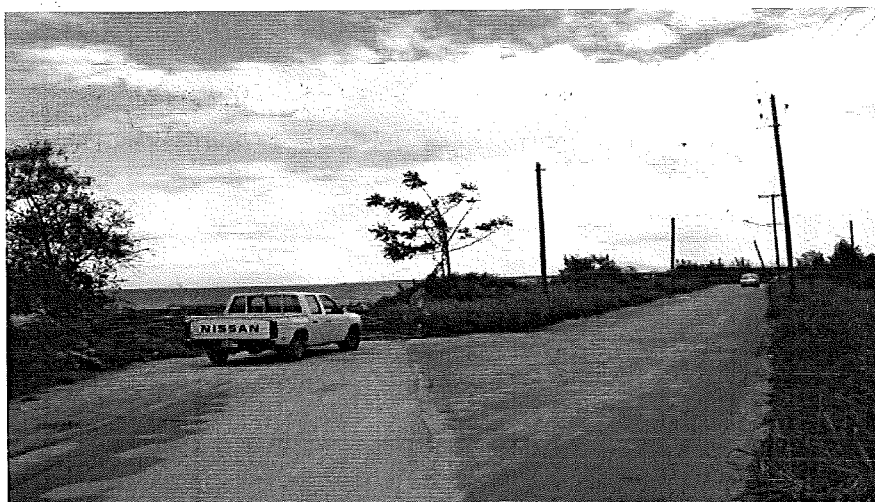


Fig.: 22 De Thurkowweg langs de Suriname-rivier - Wegomlegging wegens oeverafslag.



Fig.: 23 Commewijne-rivier - Mon Tresor. Doordoorbraak.  
Tot nu toe is het niet gelukt het gat in de dijk te dichten.

## 5.2 OEVERBESCHERMING IN COMMEWIJNE

### *In het verleden*

In het verleden is op verschillende plaatsen langs de Suriname rivier en de Commewijne een lokale oeverbescherming aangelegd. Dit gebeurde met name op plaatsen waar de altijd-voortschrijdende natuurlijke erosie in buitenbochten doordrong tot voorheen of recent in cultuur gebracht achterland (plantages). Zonder oeverbescherming zou het onmogelijk zijn geweest om de agrarische activiteiten te kunnen voortzetten.

De oeververdediging bestond soms uit stenen beschoeiingen, zoals te Fort Nieuw Amsterdam en in de jaren zeventig van de vorige eeuw tussen Alkmaar en Mon Tresor, en soms uit houten beschoeiingen, kribben en dijkjes.

Door onvoldoende onderhoud hebben zich zowel langs de Suriname rivier als langs de Commewijne rivier de laatste jaren verscheidene dijkdoorbraken voorgedaan. Dit is te zien in de buitenbochten bij Suzannasdaal, Nijd en Spijt, en Mon Trésort, en op vele plaatsen langs de rechteroever van de Commewijne, zoals te Guadeloupe en Mon Souci.



### *Actuele oeververdediging*

Om aan de in paragraaf 5.1 kort besproken categorieën van oevererosie het hoofd te kunnen bieden is een vorm van bescherming nodig, die rekening houdt met:

- het natuurlijke proces van oevererosie in buitenbochten.  
Een aan te brengen beschoeiing zal moeten doorlopen tot onder in de stroomgeul en zodanig zijn samengesteld dat hij zich niet laat ondermijnen. Het verleggen van de stroomgeul, zodat de oever niet langer ondermijnd kan worden, is geen realistische optie. De nodige voorzieningen betreffen het diepste deel van de rivier, wat extreem hoge kosten met zich mee brengt. Dat geldt evenzeer voor het onderhoud.
- de hoogte van de oevers in relatie tot waterstand bij springvloed.  
Een aan te leggen dijk zal, rekening houden met een voorspelde maximale springvloedhoogte van 295 cm LWS (1989, 2004) tenminste een hoogte moeten hebben van (omgerekend) 167 cm NSP. Daarboven moet rekening gehouden worden met het aangetoonde verschil tussen de voorspelde en gemeten waterstanden rond springvloed. Dat betekent, dat bij de genoemde hoogte nog eens 35 cm moet worden opgeteld. De minimale hoogte, waaraan een waterkerende dijk langs de Suriname rivier zou moeten voldoen komt daarmee op 202 cm NSP.
- de rivierbegeleidende Mangro-begroeiing.  
Een gezonde Mangro-vegetatie is in staat oevererosie af te remmen. Elke mangrove soort doet dat op eigen wijze, maar daaraan is nog weinig onderzoek verricht. Duidelijk is wel dat het stimuleren van Mangro-bos een positieve bijdrage kan leveren aan de oeververdediging van de Suriname rivier en de Commewijne. Daartoe zijn echter (aanvullende) beschermende maatregelen nodig om de menselijke activiteiten in dat gebied zoveel mogelijk te beperken. In paragraaf 4.3 is reeds aangegeven dat de Wet Bosbeheer daartoe mogelijkheden biedt.

### **5.3 EROSIEVERTRAGING DOOR HULPBEPLANTING**

Zoals reeds eerder aangegeven kunnen Mangro-bossen de aangroei van de oever in binnenbochten bevorderen en oevererosie in buitenbochten vertragen. In dit hoofdstuk worden ook andere planten behandeld die erosie van rivieroeveren kunnen vertragen.

In Suriname zijn incidenteel rivieroeveren wel buitendijks beplant met Mangro en ook is dijkbeplanting toegepast. Dergelijke beplanting is echter nooit systematisch onderzocht op effectiviteit.

#### *Vastleggen natte oevers met Mangro*

In de buitenbocht Alkmaar-Mon Tresor heeft mangro zich spontaan buitendijks gevestigd en is de stenen oeverbeschoeiing uit de jaren zeventig (daardoor) nog in tact. Op een ontboste oever stroomafwaarts van de nieuwe steiger van Visserszorg werden aangespoelde mangro-kiemplanten waargenomen (Figuur 16). De modderige oever ter plaatse heeft hetzelfde niveau verder stroomopwaarts, waar ze begroeid is met volwassen mangro-bomen. Het lijkt aannemelijk dat de aangespoelde kiemplanten eerder zullen



wortelen als ze handmatig in de modder gepriemd worden. Deze waarnemingen hebben geleid tot onderstaande suggesties.

- Mangro kan vermoedelijk geplant worden:
  - op beschadigde/ontboste rivieroever met een hoogte tussen het niveau van Gemiddeld Laagwater (GLW) en dat van Gemiddeld Hoogwater (GHW);
  - in bepaalde milieus langs rivieren die moeilijk door drijvende Mangro-kiemplanten bereikt kunnen worden of waar de waterhuishouding niet geschikt lijkt voor het wortelschieten van kiemplanten. In zulke gevallen kan geprobeerd worden kiemplanten of verder uitgegroeide boompjes te planten.
  
- Mangro kan vermoedelijk niet geplant worden in gebieden beneden het niveau van Gemiddeld Laagwater (GLW) en boven het niveau van Gemiddeld Hoogwater (GHW). Aanplanten heeft evenmin zin bij oevers in afslag met oeverbeschoeiingen.

#### *Dijkbescherming*

Ten behoeve van de doorworteling worden dijken veelal beplant. In Suriname worden drie methoden toegepast, met cocospalm, met motgras en met bamboe.

- Cocospalm  
Te Bakasroisi en Mon Tresor (en Frederiksdorp aan de rechteroever van de Commewijne rivier) hebben de plaatselijke bewoners cocospalmen op de rivierdijken geplant omdat uit ervaring is gebleken dat de dichte wortelmat van de cocospalm de klei bijeen houdt en afslag tegengaat. Op Bakasroisi werden bij dijkonderhoud de cocospalmen door de aannemer verwijderd. Volgens de bewoners wordt de nieuwe dijk daardoor sneller geërodeerd. Te Mon Tresor hebben de lokale bewoners de nieuwe dijk reeds met jonge cocospalmen beplant.
- Motgras  
Motgras of "Akar wangi" (Maleis voor "geurende wortel") met als wetenschappelijke naam *Vetivera zizanioides*, groeit in pollen. Het is op twee plaatsen waargenomen: op de dijk langs de Commewijne tussen Magrita en Frederiksdorp (rechteroever) en op de steile kleioever van de Nederlandse Ambassade aan de Sommelsdijckse Kreek in Paramaribo. Het wordt geplant om met haar dikke wortelmat de klei bijeen te houden.
- Bamboe  
Bamboe wordt vaak gezien op wat hogere rivieroever en lantagedijken. Door hun diepe wortels lijken ze met name in buitenbochten ze geschikt om de oevers vast te leggen.

Dergelijke beplanting lijkt een positief effect te sorteren. Er is echter, zeker in Suriname, nog weinig onderzoek aan verricht.

## 6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit rapport zijn de geomorfologische en de met de mangrovebegroeiing samenhangende aspecten behandeld, die betrekking hebben op de oevererosie van de Suriname rivier en de Commewijne in hun benedenlopen, met name in het getijde-bereik. De uitkomsten geven aanleiding tot een aantal conclusies en aanbevelingen. In het licht van de voorgenomen oeverbescherming zijn de volgende daarvan relevant.

### **Conclusies**

- De oevererosie in Commewijne wordt in belangrijke mate bepaald door natuurlijke geomorfologische processen en factoren. De belangrijkste daarvan zijn de buitenwaarts gerichte erosie in rivierbochten en de invloed van het getij, waardoor lage oeverwallen ontstaan, die bij (extreem) hoge waterstanden rond springvloed kunnen overstromen. De laaggelegen (oude) plantagegronden langs de rivieren lopen daardoor het risico van regelmatige wateroverlast.
- Het natuurlijk karakter van bovengenoemde processen en factoren maakt dat er bij de huidige stand van kennis op zich weinig tegen is te doen. De mate waarin oevererosie op een aantal plaatsen optreedt, noodzaakt daarom tot een structurele ingreep ter bescherming van die oevers tegen erosie. Daardoor wordt de veiligheid van mens en dier gewaarborgd, alsmede het behoud van economisch belangrijke zaken.  
Om dat te bereiken kan een dijk worden gebouwd die, afgezien van technische aspecten, aan twee voorwaarden moet voldoen.
  3. De bekleding van de dijk moet aan de rivierzijde tot in de stroomgeul doorlopen en zodanig zijn samengesteld dat de geulwand niet ondermijnd kan worden.
  4. De dijk moet ten minste hoog genoeg zijn om het water te keren bij de hoogste springvloed. Volgens de huidige kennis betekent dat langs de Suriname rivier een hoogte van minimaal 202 cm NSP. Daarbij is nog geen rekening gehouden met extra beveiliging om het risico zo veel mogelijk in te perken. Er zijn geen precieze waterstandgegevens van de Commewijne rivier bekend. Gezien haar geringere jaarlijkse afvoer, in vergelijking met de Suriname rivier, mag verondersteld worden dat de waterstanden in de regenperioden enigszins vergelijkbaar zijn.
- Het gedrag van de benedenlopen van de Suriname rivier en de Commewijne kan op langere termijn grote invloed ondervinden van gebeurtenissen aan de kust. Over een jaar of 10 zal de zeer omvangrijke modderbank, die nu nog circa 15 kilometer ten oosten van Braamspunt ligt daar zijn aangekomen. Er moet rekening mee worden gehouden dat Braamspunt zich onder die omstandigheden sterk naar het westen zou kunnen uitbreiden. Dat zal grote consequenties hebben voor de bevaarbaarheid van de monding. Onderzoek van deze grootschalige geomorfologische processen is nodig om de ontwikkeling van de kust van Commewijne, maar vooral ook van het Suriname estuarium op langere termijn goed te kunnen inschatten.
- De natuurlijke begroeiing langs de oevers heeft een beschermende functie. Rivierbegeleidende Mangro-bossen worden, vanwege het dichte netwerk van bovengrondse wortels, takken en stammen, in hydraulische

termen beschouwd als een verhoogde bodemruwheid. Als gevolg daarvan worden binnenlopende golven (uit)gedempt en stroming afgeremd. Daarnaast verstevigen ze door het bindend effect van hun (ondergrondse) wortels de bodem, waardoor deze enige extra weerstand kan bieden tegen erosie en ondiepe afglijding. De aanwezigheid van vitale Mangrobossen langs de rivieren is daarom van groot belang. Het verstoren er van leidt onherroepelijk tot een verhoogde kans op oeveraantasting.

- In het verleden is langs de benedenlopen van de Suriname rivier en de Commewijne lokaal verhoogde oevererosie opgetreden als gevolg van de aanleg van plantages. Dit heeft geleid tot verstoring van de natuurlijke Mangro-vegetatie langs de oevers, met name waar aanlegsteigers (e.d.) werden gebouwd. Daarnaast is door het agrarisch gebruik (bijvoorbeeld als gevolg van ontwatering) de bodem ingeklonken en gerijpt, waardoor die bij overstroming gevoeliger is voor erosie.
- De oevererosie in Commewijne is de laatste decennia toegenomen omdat mensen in toenemende mate langs de rivieren gaan wonen en de langs de oevers groeiende Mangro-bomen weggappen voor uitzicht of meer wind (= minder muskieten en mampieren).
- Het aanplanten van Mangro-bomen in daarvoor geschikte situaties kan een bijdrage leveren aan het herstel van geërodeerde oevers.
- Om te voorkomen dat de natuurlijke oeverbescherming in Suriname door menselijk handelen wordt tenietgedaan, zoals in verleden is gebeurd en ook thans nog geschiedt, is een wetgeving noodzakelijk, die voorkomt dat door de mens schade aan het mangrovebos wordt toegebracht. Te denken valt aan de status van "schermbos" of "speciaal beschermd bos", zoals omschreven in en mogelijk gemaakt door de Wet Bosbeheer (Staatsbesluit 1992, No 80).

In afwachting van bedoelde (nieuwe) wetgeving kan de overheid reeds nu het menselijk handelen in de relatief smalle zone met rivierbegeleidende Mangro-begroeiing "vergunningsplichtig" maken, teneinde meer controle te krijgen over de activiteiten in deze gevoelige strook land.

- Om de bewoners van Suriname te overtuigen van de belangrijke functies van het mangrovebos is voorlichting noodzakelijk. Deze zou zich in eerste instantie moeten richten op volwassenen, maar tegelijkertijd verankerd moeten worden in het basisonderwijs en vervolgens op verschillende hogere onderwijsniveaus moeten terugkeren.

### **Aanbevelingen**

- Vanuit geomorfologisch oogpunt is de aanleg van een rivierdijk langs de buitenbochten van de benedenlopen van de Suriname rivier en de Commewijne ten zeerste aan te bevelen. Grofweg komt dat neer op de trajecten Lust en Rust – Voorburg en Zorgvliet – Mon Trésort.
- Langs alle overige delen van de rivieroevers, die erosie ondergaan, zou de nadruk gelegd kunnen worden op het optimaliseren van de natuurlijke beschermingsfunctie van mangroven en zouden, waar mogelijk, herbepantingsexperimenten kunnen worden opgestart.
- Ten behoeve van een goede inschatting van het gedrag van de benedenlopen van de Suriname rivier en de Commewijne op langere termijn, en ter bevordering van de oeverbeschermingsfunctie van Mangro-bos, wordt aanbevolen onderzoek te (laten) doen naar:

- de relatie tussen de (over circa 10 jaar) verwachte westwaartse uitbreiding van Braamspunt (met inbegrip van de oorzaken daarvan) en de bevaarbaarheid van het Suriname estuarium;
- de mate van stromingsremming en golfdemping in Mangro-bos, ten einde de breedte van de Mangro-zone, die nodig is voor bescherming van de oever, nauwkeurig te kunnen bepalen.
- Ten einde menselijke activiteiten in de gevoelige oeverzone te kunnen beperken dan wel verbieden, wordt aanbevolen daartoe strekkende wetgeving te vervaardigen of de bestaande wetgeving aan te passen. In afwachting hiervan zouden alle activiteiten in dit kwetsbare gebied 'vergunningplichtig' kunnen worden gemaakt.
- Voorlichting aan mensen, die langs rivieroeveren in de kustvlakte wonen of daar belangen hebben, is ten eerste aan te bevelen. Het kweekt meer begrip voor de kwetsbaarheid van het rivieroever-milieu als woongebied en vormt, mede daardoor, een belangrijk wapen tegen schadelijke menselijke activiteiten langs de rivieroeveren.
- Hoewel geen onderdeel van deze studie wordt aanbevolen een haalbaarheidsonderzoek te doen van de voorgestelde rivierdijk, met inachtneming van economische en milieutechnische aspecten.

## 7. DANKWOORD

Een woord van dank aan allen die op enigerlei wijze aan de totstandkoming van dit rapport hebben bijgedragen is op zijn plaats. Een paar mensen en instellingen wil ik daarenboven apart vernoemen. Dat zijn uiteraard marien bioloog Pieter Teunissen en dijkontwerper Leo Philipse, met wie de oevers van de Suriname rivier en de Commewijne (opnieuw) zijn verkend, maar die ook door de vele discussies hun bijdrage hebben geleverd. Daarenboven heeft de 'Interne Nota' van Pieter Teunissen (Bijlage 1) belangrijk bijgedragen aan hoofdstuk 4. De gesprekken met de counterpart-groep van het Ministerie van Openbare Werken zijn zeer op prijs gesteld, evenals de discussies met Alwin Sastropawiro, Hoofd Afdeling Hydrografie en Vaargeulonderhoud van de MAS. Ronnie Blufpand en Jerry Koornaar van Sunecon worden bedankt voor hun inzet om het werken mogelijk te maken.

Dank is ook verschuldigd aan collega's van de Faculteit Geowetenschappen van de Universiteit Utrecht. In het bijzonder geldt dat Pim van Santen voor de assistentie bij diverse figuren en Aart Kroon voor het kritisch doorlezen en bediscussiëren van gedeelten van de tekst.

## 8. Literatuur

- Allison, M.A., Nittrouer, C.A. & Faria, L.E.C.jr., 1995. Rates and mechanisms of shoreface progradation and retreat downdrift of the Amazon river mouth. In: Nittrouer, C.A. & Kuehl, S.A. (Eds.), Geological significance of sediment transport and accumulation of the Amazon continental shelf, *Marine Geology* 125 (Special Issue), p. 373-392
- Augustinus, P.G.E.F., 1978. The changing shoreline of Surinam (South America). Ph.D. Thesis, Utrecht University, 232 pp. (Ook als: Uitgave Natuurwetenschappelijke Studiekring voor Suriname en de Nederlandse Antillen, Utrecht, nr. 95, 232 pp.
- Augustinus, P.G.E.F., 1980. Actual development of the chenier coast of Suriname (South America). *Sedimentary Geology* 26, p. 91-113.
- Augustinus, P.G.E.F., 1986. The geomorphic development of the coast of Guyana between the Corentyne River and the Essequibo River. In: V. Gardiner (Ed.), *International Geomorphology, Proceedings of the First International Conference on Geomorphology, Manchester, 1985*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, U.K., Part 1, p. 1281-1292.
- Augustinus, P.G.E.F., 2004. BOUW ZEEDIJK CORONIE. Morfologische aspecten en natuurlijke kustbescherming. Rapport onder contract met SUNECON, Paramaribo, Suriname, 44 pp. + Appendices.
- Bles, A.M., & De Hartog, A.H., 1968. Nota betreffende de verondieping van de benedenloop van de Suriname Rivier. *Waterloopk. Afd. Paramaribo*, P 68-3, 5 pp.
- Chapman, V.J., 1976. *Coastal Vegetation*. Oxford, 292 pp.
- Gonggrijp, H., 1948. De Surinaamse plantagepolders en het water. *Landbouw. Orgaan van de Surinaamse Landbouwvereniging* 1 (1).
- Leopold, L.B., 1962. Rivers. *American Scientist* 50 (4), p. 511-537.
- Lindeman, J.C. & Mennega, A.M.W., 1963. *Bomenboek voor Suriname*. Dienst 's-Lands Bosbeheer (LBB), Paramaribo, 312 pp. + 112 Platen. (Ook als: Mededeling van het Botanisch Museum en Herbarium van de Rijksuniversiteit Utrecht 200.)
- MAS, 2003. *Getijtafels voor Suriname*, Maritieme Autoriteit Suriname, Paramaribo, 160 pp.
- Nedeco, 1968. *Surinam Transportation Study. Report on hydraulic investigation*. The Hague, 293 pp.
- Pannekoek, A.J. & van Straaten, L.M.J.U., (eds.), 1982. *Algemene Geologie*. Wolters-Noordhoff, Groningen, 598 pp.
- Van Eerdt, M., 1985. The influence of vegetation on erosion and accretion in salt marshes of the Oosterschelde, The Netherlands. *Vegetatio* 62, p. 267-273.
- Van Heuvel, T., 1983. *Studie naar het gedrag van slib in en rond het estuarium van de Suriname rivier, in verband met de bevaarbaarheid van de toegangseul vanuit zee naar Paramaribo*. Afstudeerwerk Technische Hogeschool Delft, vakgroep Kustwaterbouwkunde. Eindstudie, 123 pp. + Bijlagen.
- Van Santen, P., Augustinus, P.G.E.F., Janssen-Stelder, B.M., Quartel, S. & Tri, N.H., (in press). Sedimentation in an estuarine mangrove system. *Journal of South East Asian Earth Sciences, Special Issue*.

- Wells, J.T. & Coleman, J.M., 1981. Physical processes and fine-grained sediment dynamics, coast of Surinam, South America. *Journal of Sedimentary Petrology* 51(4), p.1053-1068.
- Zonneveld, J.I.S., 1950. Riviervormen in de kustvlakte van Suriname. *Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap*, Deel 67 (5), p. 605-616.

**PROJECT STUDIES BOUW OEVER-BESCHERMING  
DISTRICT COMMEWIJNE**

**INTERNE NOTA**

**NATUURLIJKE EN KUNSTMATIGE OEVERBESCHERMING DISTRICT  
COMMEWIJNE (VAN JACHTLUST TOT MON TRESOR)**

Door Pieter Teunissen  
Paramaribo, 28 juli 2004.