

*B*egroeiing van *A*sfaltbekledingen



November 1997

Ing. J.Y. Frissel

Drs. J.T.C.M. Sprangers

Geïntegreerde inrichting en beheer van infrastructuur en groene ruimte

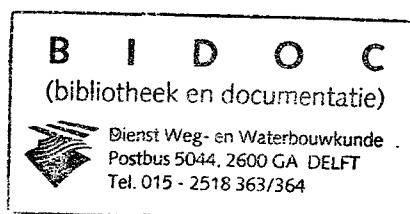
Onder auspiciën van Oranjewoud B.V.

B I D O C
(bibliotheek en documentatie)



Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015 - 2518 363/364

Begroeiing van Asfaltbekledingen



Onderzoek uitgevoerd in opdracht van
Rijkswaterstaat
Dienst Weg en Waterbouwkunde
Onder auspiciën van Oranjewoud B.V.

November 1997

Ing. J.Y. Frissel
Drs. J.T.C.M. Sprangers
Geïntegreerde inrichting en beheer van infrastructuur en groene ruimte

Omslag foto: Krib in de Rijn ter hoogte van de Blaauwe kamer,
Wageningen

Fotografie: Joep Frissel, Hans Sprangers

Inhoud

Voorwoord	2
Samenvatting	3
1. Inleiding	5
2. Asfaltbekledingen	11
• 2.1 Inleiding	11
• 2.2 Harde bekledingen	13
• 2.3 Asfaltbeton	15
• 2.4 Gietasfalt penetratie	17
• 2.5 Open steenasfalt	19
• 2.6 Zandasfalt	22
3. Toepassingsgebieden	25
• 3.1 Inleiding	25
• 3.2 Zeedijken, meerdijken en dammen	25
• 3.3 Rivierdijken en oevers	26
• 3.4 Vooroevers	26
4. Begroeiing van asfaltbekledingen	31
• 4.1 Inleiding	31
• 4.2 Voorbeelden van asfaltbegroeiingen op zeedijken, meerdijken en dammen	31
• 4.3 Voorbeelden van asfaltbegroeiingen op rivierdijken en oevers	34
• 4.4 Voorbeelden van asfaltbegroeiingen op vooroevers	37
• 4.5 Schade door begroeiing	38
5. Evaluatie & Discussie	41
6. Conclusies & Aanbevelingen	45
Literatuur	49
Bijlagen	53

Voorwoord

Voor U ligt het verslag van het onderzoek naar de begroeiingsmogelijkheden van asfaltbekledingen op waterkeringen. Het bespreekt de resultaten van een inventariserend literatuuronderzoek, aangevuld met een beschrijving van een aantal veldwaarnemingen op locaties op zee- en rivierdijken en kanaaloevers. De studie geeft een globaal overzicht en is in die zin beperkt. Getracht wordt de meest voorkomende omstandigheden en kansen voor begroeiing inzichtelijk te maken.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Afdeling waterkeren (ten behoeve van de projectgroep A4 "asfalttoepassingen"), onder auspiciën van "Oranjewoud" B.V., Landelijke Afdeling Ruimte & Milieu. Het onderzoek is begeleid door Kees Montauban vanuit DWW. Wij willen hem graag bedanken voor zijn intensieve begeleiding, zijn kritische bespreking van het conceptrapport, en zijn aangename gezelschap tijdens velddagen. Geri van Ittersum en H. Roos danken we voor opmerkingen en aanvullingen op het conceptrapport.

Joep Frissel
Hans Sprangers

Samenvatting

Tot circa twintig jaar geleden werd er alles aan gedaan om begroeiing van "harde" dijkbekledingen tegen te gaan. Daar is nu verandering in gekomen. Tegenwoordig wordt natuurvriendelijkheid, en daarmee de mogelijke begroeibaarheid van "harde" dijkbekledingen, meegenomen als criterium voor aanleg en onderhoud van waterkeringen.

Er is nog weinig bekend over de begroeiing op "harde" dijkbekledingsmaterialen zoals, natuursteen, beton en asfalt. Deze studie richt zich specifiek op bekledingen waar asfalt is toegepast: asfaltbeton, basalt, open steenasfalt en zandasfalt. Een inventariserend literatuuronderzoek is verricht naar de begroeiingsmogelijkheden. Daarnaast zijn een aantal veldwaarnemingen op locaties op zee- en rivierdijken en kanaaloevers uitgevoerd.

Begroeiing van asfaltbekledingen is afhankelijk van locatie- en constructiegebonden factoren. Locatiegebonden factoren zoals expositie, aanwezigheid van voorland, mate en aard van sedimentatie, belasting, aanwezigheid van zaadbronnen en depositie van veek, zijn vooral bepalend voor de aard en type van de begroeiing. Constructiegebonden factoren zoals ruwheid en watervasthoudend vermogen van het materiaal, hoeveelheid spleten en holle ruimten bepalen vooral of er begroeiing mogelijk is.

Voor de begroeiing van algen en wieren in de getijdezone zijn ruwheid en watervasthoudend vermogen van het materiaal van belang voor de aanhechting, voor de fauna in deze zone spelen de aanwezigheid van holle ruimten en spleten een rol voor het verkrijgen van specifieke habitat eigenschappen. In de zone hierboven, en in het rivieren gebied zijn voor de begroeiing van hogere planten de aanwezigheid en verdeling over het oppervlak van holten en spleten, en het contact met de ondergrond bepalend.

Mits de locatiegebonden factoren gunstig zijn, kunnen in de getijdezone breuksteen met gietasfalt penetratie en open steenasfaltbekledingen begroeid raken met algen en wieren (asfaltbeton en zandasfalt komen in deze zone niet voor). In de zone boven gemiddeld hoog water, en in het rivierengebied biedt open steenasfalt de beste begroeiingsmogelijkheden, vooral op plekken met een lage belasting. Er is dan weinig verschil met andere materialen zoals bijvoorbeeld betonzuilen.

asfaltbegroeiingen

1. Inleiding

Achtergrond

In de jaren dertig is asfalt voor het eerst als waterkerend materiaal gebruikt. Sindsdien wordt het algemeen toegepast in de waterbouw bij zowel zee- en rivierdijken als bij oevers van kanalen en vaarten. Doorgaans is het niet de bedoeling dat asfaltbekledingen begroeid raken. Daarbij is niet zozeer de aard van het materiaal in het geding, maar de manier waarop het materiaal is toegepast. Begroeiing of aangroei zou de stabiliteit en duurzaamheid van de constructie kunnen verminderen. Tot twintig jaar terug werd er alles aan gedaan om "aantasting" door dierlijke en plantaardige organismen tegen te gaan. Uitgebreide studies zijn destijds verricht door de Werkgroep "Gesloten Dijkbekledingen" om na te gaan hoe aangroei of aantasting voorkomen kon worden (Anonymus, 1961).

In deze houding is de laatste tien jaar verandering opgetreden. Naast stabiliteit, duurzaamheid en kosten wordt tegenwoordig ook natuurvriendelijkheid en multifunctioneel gebruik als criterium voor aanleg en onderhoud van waterkeringen meegenomen. Soms is natuurvriendelijkheid richtinggevend (Elskens et al., 1992). Bij de aanleg van harde bekledingen krijgen tegenwoordig mogelijkheden voor natuurlijke begroeiing en aansluiting van bekleding op begroeiing veel aandacht. Zo is bij de reconstructie van het Julianakanaal in 1993 rekening gehouden met ontwikkeling van landschap- en natuurwaarden (Klatter & Meesen, 1993). Dit past bij een integrale benadering van inrichting van de groene ruimte en de combinatie van meerdere functies bij de renovatie van werkzaamheden van dijken, zoals onder andere beschreven door de commissie Boertien (Anonymus, 1996).

De keuze van een harde bekleding ter plaatse van de overgang water-land gaat vaak ten koste van een ecologische waardevolle oevervegetatie (Adriaanse, 1989). Uit onderzoek is gebleken dat een soortenrijke vegetatie met grassen en kruiden op klei een erosiebestendige bekleding levert met een relatief hoge natuurwaarde (Van der Zee, 1992, Sprangers, 1996). Bij renovatie doet men er goed aan eerst mogelijkheden van een gras-opkleibekleding te onderzoeken. Als is aangetoond dat deze niet voldoet moet naar een ander alternatief worden gezocht (Johanson, 1993).

Deze problematiek speelt momenteel in Zeeland bij de afweging van materiaal-alternatieven ter verbetering van oude ondeugdelijke blokkenbekledingen. Ook een bekleding met asfalt behoort daarbij tot de mogelijkheden. *Begroeibaarheid, veiligheid, kosten, milieuaspecten en gebruiksfuncties* van het materiaal zijn belangrijke keuzecriteria bij de afweging van de alternatieven in het rapport "Afwegingsmethodiek renovatie-alternatieven blokkenbekledingen Zeeland" (DWW-rapport, 1996). Voor de begroeibaarheid zijn onder meer van belang de openheid van het materiaal (grote of kleine openingen), het invangen van sediment, en de standplaatsfactoren (Sprangers & Van Berchum, 1997).

Over de begroeibaarheid van asfaltbekledingen is weinig bekend (Willemse, 1991). Bij de dijktuin op Neeltje Jans waarbij verschillende materialen worden getoetst, wordt geen asfaltbekleding onderzocht (Van Berchum et al., 1995). In de getijdzone is de begroeiing over het algemeen laag (Van Berchum et al., 1995). Boven gemiddeld hoogwater en in het rivierengebied

zijn wel begroeiingen van asfalt bekend, en dan vooral op open bekledingen. (Willemse, 1991, Sprangers & Van Berchum, 1996, Fliervoet, 1991). Onvolledige kennis met betrekking tot begroeiing op asfalt was voor DWW de aanleiding voor het laten uitvoeren van het onderhavige literatuuronderzoek. In het rapport "Afwegingsmethodiek renovatie-alternatieven blokkenbekledingen Zeeland" (DWW-rapport, 1996) wordt gesproken van constructiegebonden en locatiegebonden criteria voor potentiële begroeiing van bekledingen. Hierdoor kan een relatie worden gelegd tussen materiaal-eigen factoren, die in de afweging worden betrokken en omgevingsfactoren, die uiteindelijk de begroeiing bepalen. Om inzicht te krijgen in de begroeiingsmogelijkheden van asfalt wordt ook in deze studie onderscheid gemaakt tussen beide aspecten.

Bij constructiegebonden factoren spelen type asfaltbekleding en manier van verwerking een rol. Constructiegebonden factoren zijn bijvoorbeeld ruwheid, watervasthoudend vermogen en aantal holle ruimten en spleten van het materiaal. Asfalt in de waterbouw wordt bereid uit bitumen en grind. Bitumen is geen milieubelastend product (Coppens 1996). Daarnaast is het type bekleding van belang. Bij open steenasfalt (grind omhuld en aaneen gekit door asfaltmestiek) bijvoorbeeld zal begroeiing wel mogelijk zijn, bij asfaltbeton nauwelijks.

Locatiegebonden factoren zijn vooral bepalend voor aard en type van de potentiële begroeiing. Dit zijn factoren als expositie, aanwezigheid van voorland, mate en aard van sedimentatie, belasting (golfslag, golfoploop, inundatie), aanwezigheid van zaadbronnen en depositie van veek. De constructiegebonden factoren bepalen vooral of er begroeiing mogelijk is, de locatiegebonden factoren welk soort begroeiing.

Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is inzicht te krijgen in de potentiële begroeiing van asfaltbekledingen, door middel van een beschrijving van constructie- en locatiegebonden criteria. Daarbij is het zinvol parameters ook in een breder kader te bezien. Hierover wordt een summier vergelijking gemaakt met andere materialen.

De volgende vragen zijn van belang:

1. Welke constructiegebonden criteria voor begroeibaarheid kunnen worden geformuleerd?
2. Is er duidelijk onderscheid tussen typen asfaltbekledingen?
3. Wat is het effect van een onderlaag (filter) of van een afstrooilaag?
4. In hoeverre wordt de begroeiing bepaald door locatiegebonden factoren (b.v. getijdzone, gemiddeld hoogwaterzone, mate van sedimentatie, belasting).
5. In hoeverre draagt de begroeiing bij aan de duurzaamheid van het materiaal.
6. Wat zijn de begroeiingsmogelijkheden van asfalt in vergelijking met andere dijkbekledingsmaterialen.

Uitgangspunten

In dit onderzoek worden alleen de meest toegepaste typen asfaltbekledingen besproken: asfaltbeton, gietasfalt als penetratiemiddel bij breuksteen, open

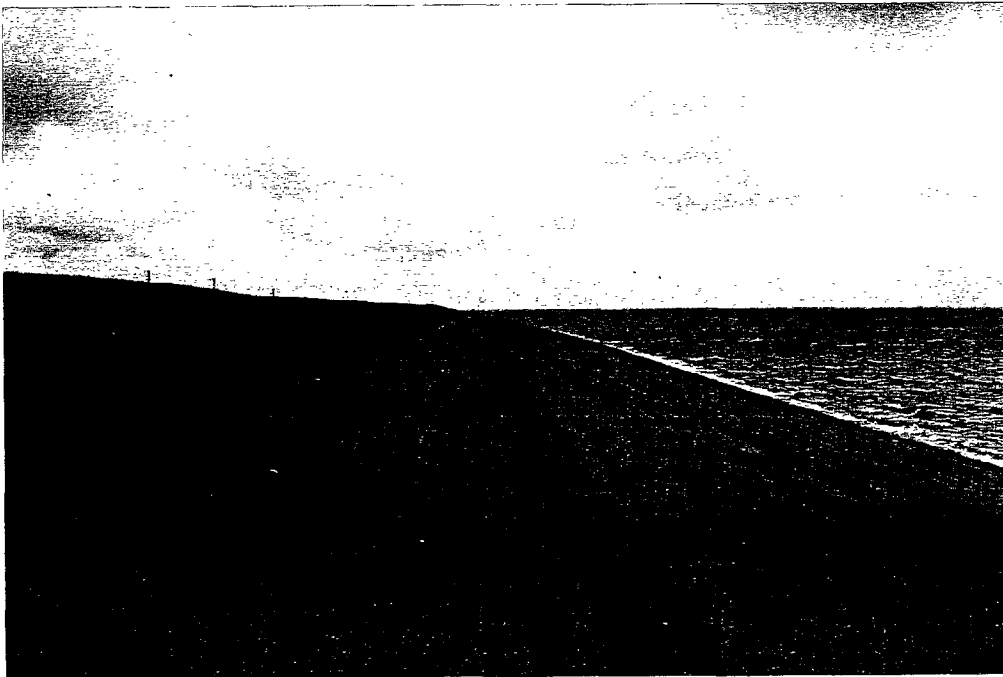
steenafalt, en zandafalt. Diverse aspecten komen aanbod; verwerking, duurzaamheid, belasting en de toepassing van filters. Ook worden enkele andere materialen summier besproken. Vanwege de specifieke verschillen in standplaats (locatiegebonden factoren) wordt een aantal toepassingsgebieden onderscheiden: zeedijken, meerdijken en dammen, rivierdijken en oevers, en vooroevers.

Werkwijze

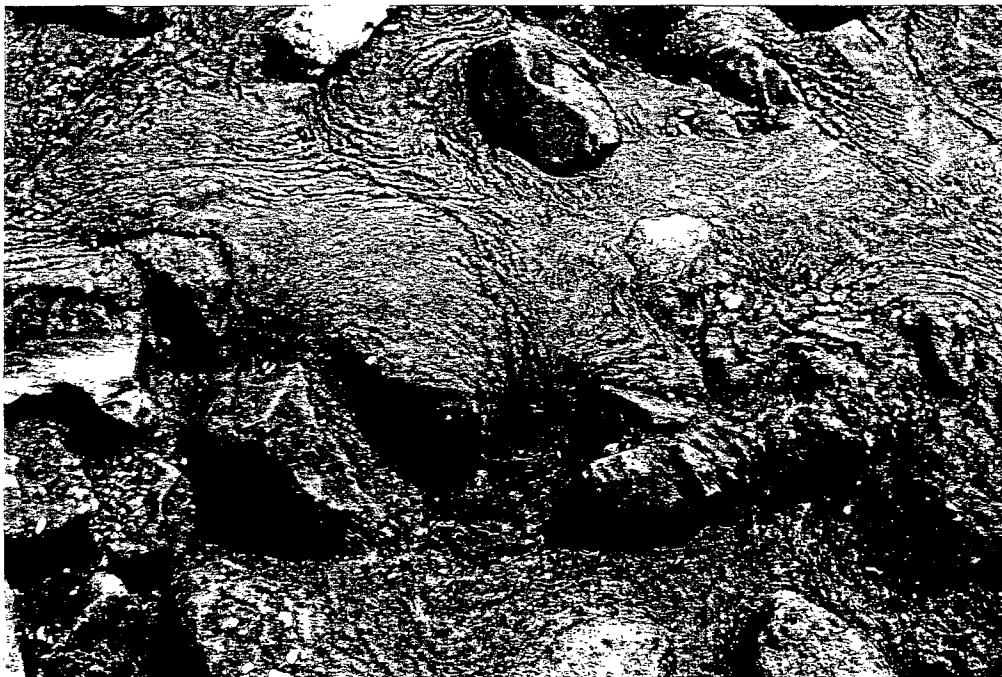
Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) ten behoeve van de projectgroep -A4 "Asfalttoepassingen" van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW). Het betreft in eerste instantie een inventariserend literatuuronderzoek aan de hand waarvan de benodigde informatie is verzameld. Daarnaast zijn diverse locaties met voornamelijk open steenafaltbekleding bezocht. De locaties zijn beschreven, en op enkele plaatsen zijn vegetatie opnamen gemaakt volgens de Braun-Blanquet methode. De veldwaarnemingen zijn vergeleken met gegevens uit de literatuur.

Opzetrapport

In hoofdstuk 2 worden de typen afaltbekledingen en enkele aspecten van het materiaal (o.a. verwerking en duurzaamheid) besproken. Ook wordt kort aangegeven op welke locatie de materialen zijn toegepast. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de locatiegebonden factoren van de toepassingsgebieden. In hoofdstuk 4 worden op basis van literatuurgegevens en eigen veldwaarnemingen begroeiingen op afaltglooiingen geïnventariseerd en wordt het type begroeiing beschreven. Dit gebeurt aan de hand van de onderscheiden toepassingsgebieden. Hoofdstuk 5 bevat een evaluatie van de verzamelde gegevens waarbij constructiegebonden en locatiegebonden criteria met elkaar in verband worden gebracht. In hoofdstuk 6 worden conclusies gegeven en aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.



Asfaltbetonbekleding langs zeedijk in Friesland



Gietasfalt als penetratiemortel over breuksteen



Open steenasfalt

2. Asfaltbekledingen

2.1 Inleiding

Toepassingen van asfaltproducten in de waterbouw zijn niet meer weg te denken. Al eeuwen lang worden ze gebruikt, en er is gebleken dat deze producten onder alle omstandigheden stabiel blijven. Zo zijn er al oeverbekledingen (van natuurasfalt) bekend langs de Tigris van 1300 voor Christus. In de jaren dertig vonden in Nederland de eerste toepassingen van "synthetisch" bitumen plaats (Julianakanaal en strandhoofden Delfland). In de waterbouw kan asfalt als waterkerend of erosie beperkend materiaal dienen. In Nederland bestaat meer dan 30% van de harde zee- en meerdijk-bekledingen uit deze categorie producten. Bij rivieroeveren wordt asfalt minder vaak toegepast.

Door de inertie en geslotenheid van het materiaal bestaat de indruk dat een bekleding van asfalt moeilijk begroeiing toelaat. Asfalt mocht ook niet begroeid raken. Ook de verwerking (met name verdichting) was erop gericht de vegetatie te minimaliseren. Begroeiing werd als bedreigend beschouwd voor de kwaliteit van bekledingen. Uit de literatuur en uit veldwaarnemingen blijkt echter dat, afhankelijk van materiaaltipe en lokale omstandigheden begroeiing op asfaltbekledingen wel degelijk mogelijk is. Er is zelfs een geval bekend waarbij van nature begroeid asfalt voorkomt. Pitch Lake, een van de Bermuda-asfaltmeren bij Trinidad, is bekend om de vegetatie van struiken en bomen op asfalteilandjes (Thijssen, 1976).

Onder invloed van de toegenomen aandacht voor natuurvriendelijk bouwen en gebruik van natuurvriendelijke materialen, zijn asfalttoepassingen ontwikkeld die begroeiing mogelijk maken. Begroeiing van oevers is echter niet altijd gewenst, wanneer bijvoorbeeld een oever of dijk duidelijk zichtbaar moet blijven. Ook zijn niet alle bekledingstypen direct geschikt voor begroeiing. Dit is het geval bij asfaltbeton en met gietasfalt gepenetreerde breuksteen. Begroeiing door de bekleding heen is ongewenst, omdat het hier gaat om waterdichte constructies. Wortels kunnen grote krachten uitoefenen op de bekleding, waardoor er scheuren ontstaan (Thijssen, 1976, De Looff & Van Herpen, 1995). Suppletie van grond op dit soort bekleding ten behoeve van begroeiing is wel mogelijk. Open steenasfalt is geen waterdichte bekleding en juist ontworpen om begroeid te raken. Belangrijk daarbij is of er een afsluitende laag op de ondergrond is aangebracht. Vaak wordt een filter als onderlaag aangelegd. Dit filter kan de doorgroeibaarheid van wortels beïnvloeden (TAW-rapport, 1985). Reitsma, (1991) vermoedt zelfs dat doorboren van een filter door wortels, spruiten of wortelstokken bij een groot aantal plantensoorten zeer waarschijnlijk niet lukt.

Zandasfalt kan eveneens begroeid raken vanwege de open structuur. Soms wordt bij de aanleg graszaad vermengd met het op te brengen materiaal.

Tabel 1: Dijkbekledingsmaterialen.

<i>Materiaal</i>	<i>Asfaltprodukt</i>	<i>besproken</i>
Asfaltbeton	X	X
Asfaltmastiek	X	
Betonblokken met openingen		
Betonblokken zonder openingen		
Betonnen doorgroeistenen		
Betonplaten		
Betonsteen gepenetreerd met asfalt, vol en zat	X	
Betonzuilen polygoonvormig gezet		
Blokkenmatten met geotextiel onderlaag		
Blokkenmatten zonder geotextiel onderlaag		
Breuksteen		
Breuksteen gepenetreerd met asfalt, patroon	X	
Breuksteen gepenetreerd met asfalt, vol en zat	X	X
Breuksteen gepenetr. met cementbeton , patroon		
Breuksteen gepenetr. met cementbeton , vol en zat		
Breuksteen in Korven		
Colloïdaal beton		
Gezette basalt		
Gras gezaaid		
Gras zoden		
Grind bestorting		
Natuursteen		
Natuursteen in korven		
Steenasfalt dicht	X	
Steenasfalt open als matten	X	
Steenasfalt open in situ	X	X
Zandasfalt	X	X

Naar: Leidraad keuzemethodiek dijk-en oeverbekledingen (TAW-rapport, 1987)

2.2 Harde bekledingen

Tot het begin van de 18e eeuw waren dijken bekleed met een grasmat, met een verdedigend paalwerk of palissade ervoor. Rond 1730 kwam daar verandering in, omdat de palissaden binnen korte tijd vrijwel geheel vernield werden door paalwormen. Vanaf die tijd moest men andere methoden gaan toepassen; steenglooingen. De gebruikte natuursteen waren Vilvoordse, Lessinise, Maas en Doornikse steen, graniet, Noorse of Drentse steen en basalt. Een nieuw milieutype was in Nederland geïntroduceerd, de "kunstmatige rotskust" (Kogel, 1983). Vanaf de jaren dertig zijn asfaltbekledingen hieraan toegevoegd, en nemen nu een aanzienlijk deel van de harde bekledingen voor hun rekening.

In Nederland zijn ongeveer 30 soorten dijkbekledingsmaterialen beschikbaar, ca. 10 hiervan zijn asfaltbekledingen. Hiervan worden de meest toegepaste in dit onderzoek nader bekeken (*tabel 1*).

Vilvoordse steen is één van de meest gebruikte toepassingen van natuursteen uit de beginperiode van harde bekledingen. Door de open structuur wordt geen onderdruk onder de bekleding opgebouwd (TAW-rapport, 1987). Deze steensoort biedt zeer goede ontwikkelingsmogelijkheden voor flora en fauna, door de grote hoeveelheid holle ruimten, en de goede aanhechtingsmogelijkheden (zacht kalksteen) (Ruiter, 1996).

Basaltzuilen zijn eveneens in de beginperiode veel toegepast als dijkbekledingsmateriaal. Ook hier betreft het een open constructie.

In 1975 werden langs de oever van de Nieuwe Waterweg voor het eerst zogenaamde zuilen beton toegepast. Nu bekend onder de naam basalton. De achthoekige zuilen hebben als voordeel dat ze machinaal aangebracht konden worden. Bonte (1994) verwacht een hoge leeftijd en een minimale hoeveelheid aan onderhoud voor dit type bekleding.

De ecozuil is ontstaan door de voordelen van Vilvoordse steen (begroeiing) en de gunstige eigenschappen van basalton te integreren (Reitsma & Van Berchum, 1994, De Ruiter, 1996). Uitgegaan is van een basalton-zuil waarop een toplaag van lavasteen is aangebracht.

Een andere veel gebruikte betonblokken toepassing zijn haringmanblokken. Deze rechthoekige blokken vormen een gesloten bekleding.

Asfaltprodukten zijn mengsels van mineraal aggregaten (steen, zand en vulstof) omhuld en gebonden door bitumen. Ze kunnen door variatie in de verhoudingen van de bestanddelen erg van elkaar verschillen, zo kan het materiaal zeer flexibel tot stabiel, en waterdicht of waterdoorlatend zijn. Bitumen is de zwaarste fractie die vrij komt bij destillatie van aardolie, en is eigenlijk een bijproduct van deze industrie. De huidige asfaltprodukten zijn geen milieu gevaarlijke stoffen (Lubbers, 1991). Recent onderzoek heeft aangetoond dat waterbouwasfalt een zeer bestendig en inert materiaal is, en een maximale uitloogbaarheid van 0,2 - 0,3 µg/l voor vers materiaal geeft. Waterbouwasfalt vormt dan ook geen milieuhygiënische belemmering (Coppens, 1996). Volgens het bouwstoffen besluit (1996) mag dit materiaal dan ook onbeperkt worden toegepast als categorie I bouwstof. Asfalt-

Tabel 2: Samenstelling en eigenschappen van asfaltmengsels

Asfaltsoort	Materiaal	massa %	% holle ruimte	Flexibel	Boven water	Onder water	Max. helling
Asfaltbeton	steenslag/grind	47,0	3-6	Ja	Ja	Mogelijk in de getijdzone	1:3
	zand	39,5					
	vulstof****	7,4					
	bitumen***	6,1					
Gietasfalt* penetratie	Grind	30,0	0	Ja	Ja	Ja	1:2
	Asfaltmestiek**	70,0					
Open steenasfalt	Kalksteen	80,0	15-25	Redelijk	Ja	Matten	1:1,5
	Asfaltmestiek**	20,0					
Zandasfalt	Zand	96,0	30-40	Nee	Ja	Ja	1:1,5
	bitumen***	4,0					

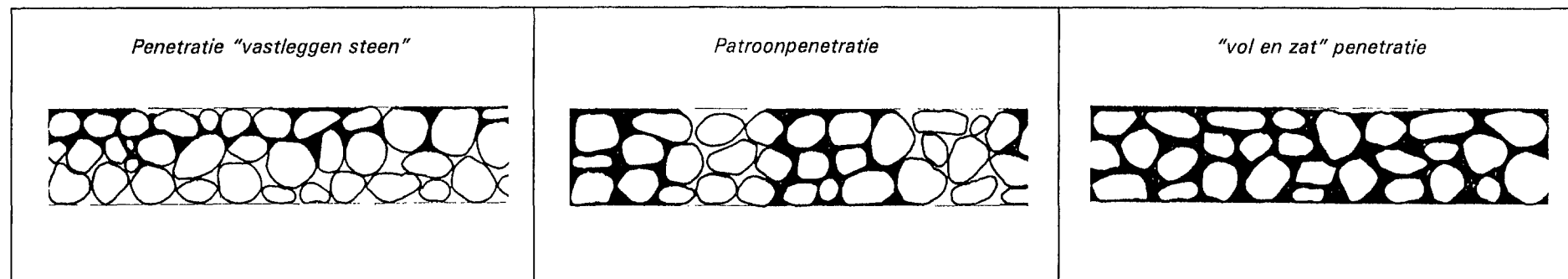
Naar: Toepassing van asfalt bij binnenwateren (De Loeff & Van Herpen, 1995).

* Gietasfalt = mengsel van grind, zand, vulstof en bitumen.

** Asfaltmestiek = mengsel van zand, vulstof en bitumen.

*** Bitumen = bijprodukt van aardolie destillaat.

****Vulstof = bijvoorbeeld kalksteen.



Figuur 3: Penetratie methoden

produkten zijn goed recyclebaar (CUR-rapport 89-01, 1989). In 1989 is dit al voor waterbouwasfaltbeton aangetoond, en geldt voor zowel 100% oud asfalt als voor samengesteld oud asfalt. Bekledingen van asfalt zijn over het algemeen sterk, duurzaam en goed inpasbaar, en kunnen zowel op steile als op flauwe taluds worden toegepast.

Hierna worden vier typen asfalt bekledingen besproken.

2.3 Asfaltbeton

Materiaal

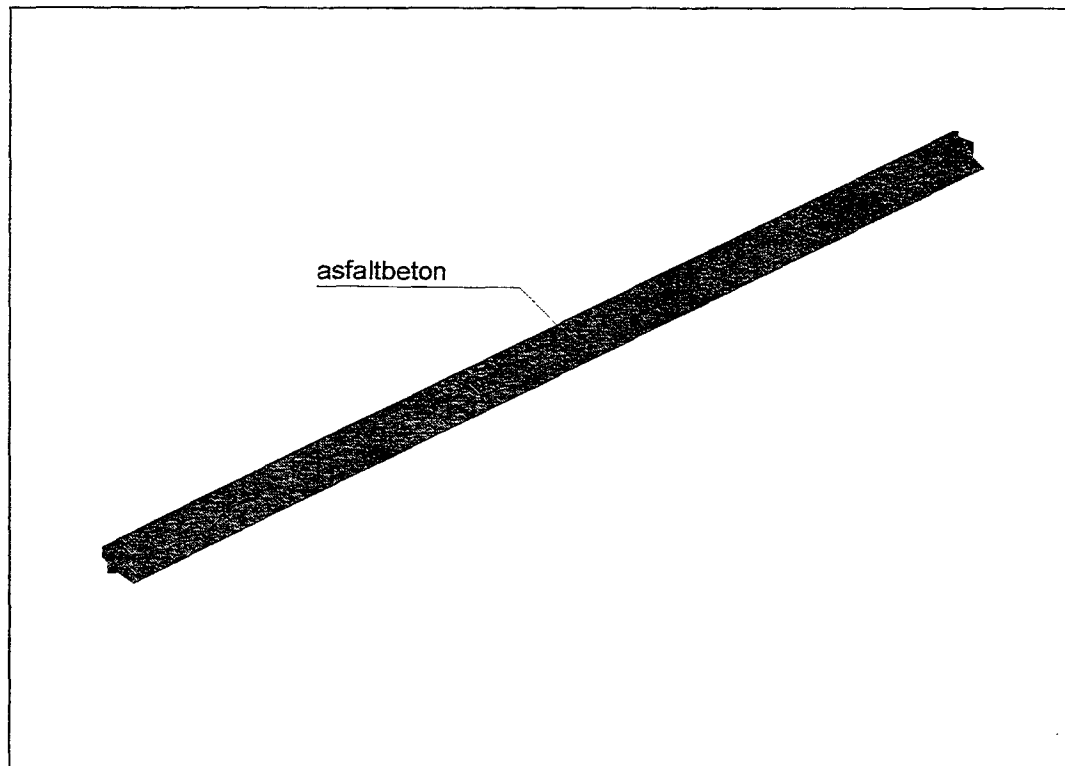
Asfaltbeton is een mengsel van bitumen, vulstof (bv kalksteen), zand, en steenslag (grind) (*figuur 1*). Het bevat slecht 3-6% aan holle ruimten, en wordt daarom tot de vloeistofdichte bekledingen gerekend (*tabel 2*). asfaltbeton kan direct op een zandbed worden opgebracht en moet na aanbrengen worden verdicht. Met asfaltbeton is het mogelijk om de zetting van de ondergrond enigszins te volgen. Bij toepassingen waar de bekleding primair vloeistofdicht moet zijn, mag slechts 3% holle ruimte aanwezig zijn. Is bescherming tegen erosie de primaire functie, dan is 6% holle ruimte toelaatbaar (TAW-rapport, 1984). Het is onderhoudsarm en is toepasbaar tot een taludsteilte van 1:3. Beschadigingen zijn goed te constateren, en gemakkelijk te herstellen (TAW-rapport, 1984). Door de dichte constructie is asfaltbeton moeilijk begroeibaar.

Verwerking

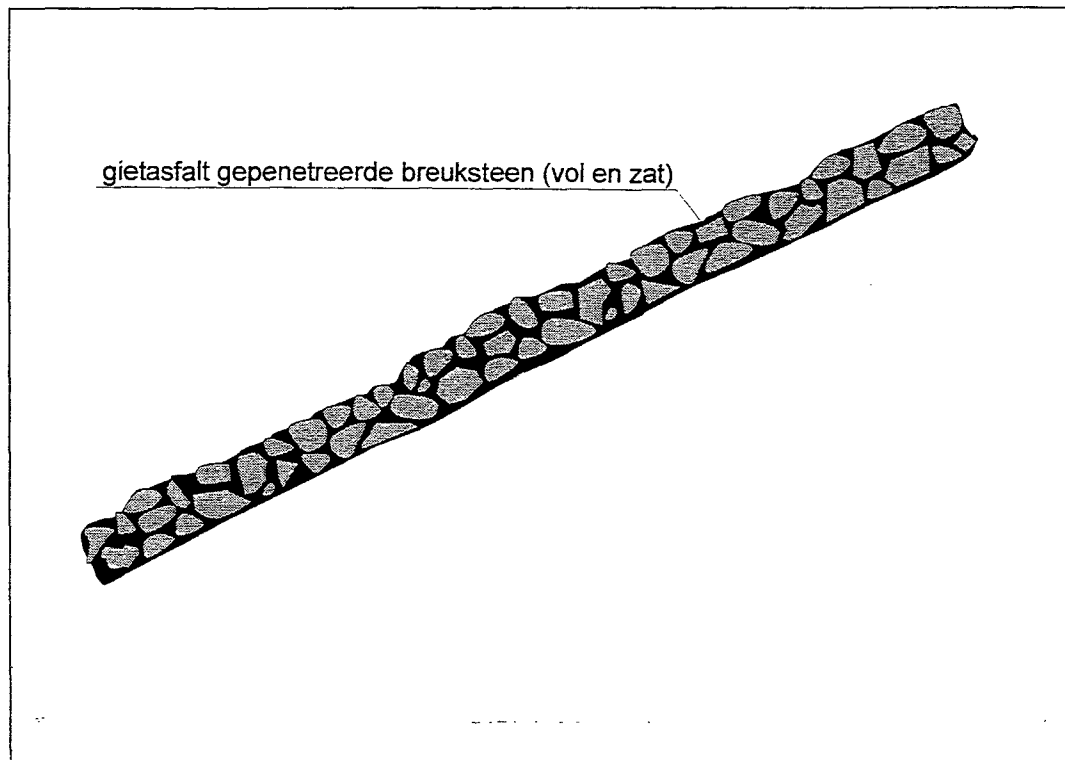
Een juiste verwerking van asfaltbeton is belangrijk. Over het algemeen wordt het materiaal in een laagdikte van 8-30 cm in een keer met behulp van een hydraulische kraan op het dijklichaam aangebracht. Vervolgens wordt het verdicht met een lichte wals en afgewerkt met een slijtlaag. Verdichting van de toplaag werkt verharding van het bitumen, door blootstelling aan licht en lucht tegen. Door de deze oppervlaktebehandeling worden de mogelijkheden voor de begroeiing sterk beperkt. Het mengsel is niet verwerkbaar onder water omdat dan de verdichting een probleem geeft (TAW-rapport, 1984). In de getijdzone kan het wel gebruikt worden, maar dit komt in de praktijk weinig voor. Door de waterdichte constructie kan er gemakkelijk overdruk ontstaan, waardoor de stabiliteit in gevaar komt (Kemps).

Duurzaamheid

De duurzaamheid van asfaltbeton neemt af in de tijd door golfbelasting, mechanische slijtage en klimaatsinvloeden. Begroeiing van algen, zeepokken en (houtige) gewassen kan de duurzaamheid en kwaliteit eveneens negatief beïnvloeden (Meer & Moens, 1990).



Figuur 1: Schematische dwarsdoorsnede van asfaltbeton. Bron Oranjewoud B.V.



Figuur 2: Schematische dwarsdoorsnede van gietasfalt als penetratie middel bij breuksteen. Bron Oranjewoud B.V.

Toepassingsgebied

Asfaltbeton is de meest toegepaste asfaltdijkbekleding boven gemiddeld hoogwater. Het is vooral te vinden langs zeeverende dijken in het noorden van het land (Hondsbosche Zeewering, zeedijken Groningen en Friesland). In Zeeland is het vooral toegepast op dammen (Veerse dam, Brouwersdam, Grevelingendam). Asfaltbeton wordt ook gebruikt als bodem- en talud-afdichting van kanalen en waterreservoirs (De Loeff & Van Herpen, 1995). De bekleding van het buitentalud bij Ouwkerk is de oudste nog aanwezige toepassing van asfaltbeton en dateert uit 1953.

2.4 Gietasfalt penetratie

Materiaal

Gietasfalt is een penetratiemortel om openingen tussen grove en minder grove breukstenen te vullen (*figuur 2*). Gietasfalt is een mengsel bereid uit grind, zand, vulstof en een overmaat aan bitumen (*tabel 2*). Bij de "vol en zat" constructie vormt het geheel van breuksteen en gepenetreerde gietasfalt een waterdichte bekleding, die in beperkte mate nog de zetting van de ondergrond kan volgen. Gietasfalt is gemakkelijk aan te brengen. Het is zowel boven- als onder water toepasbaar. De bekleding is boven water goed te inspecteren en te herstellen, onder water is dit moeilijker afhankelijk van de bereikbaarheid, maar aangezien het een vrijwel onderhoudsvrije bekleding is, vormt dit gegeven geen probleem (TAW-rapport, 1984).

Verwerking

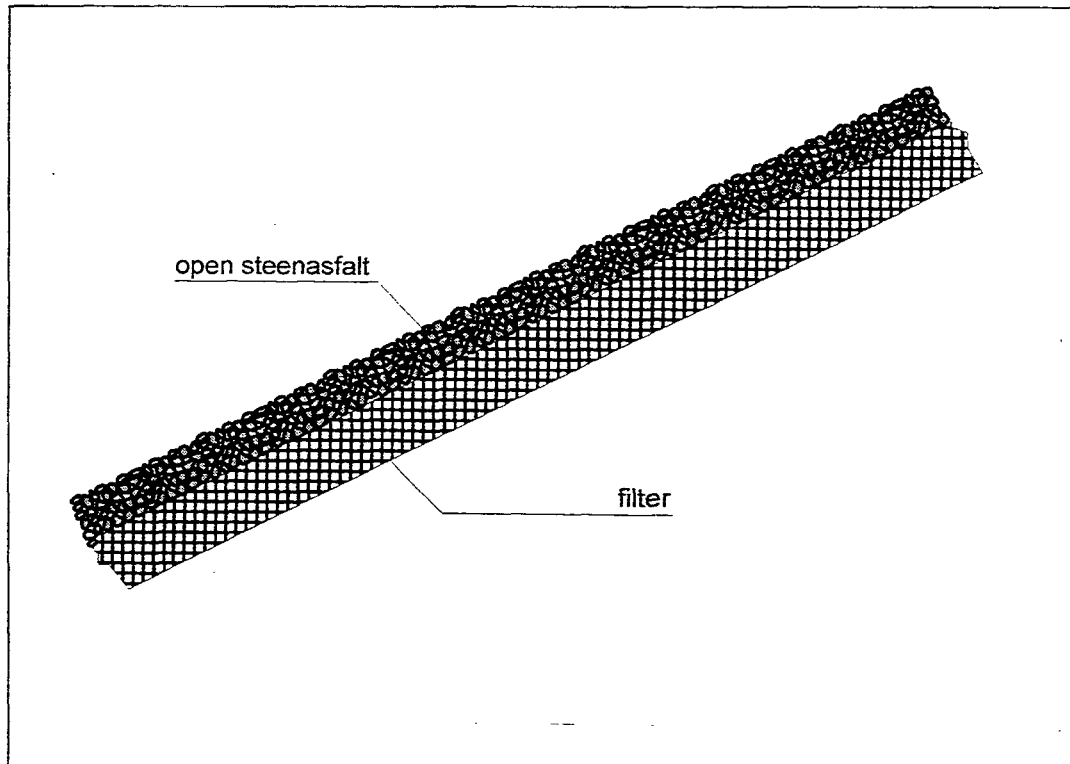
Gietasfalt is bij verwerking vloeibaar, en wordt vaak gebruikt op plaatsen waar geen asfaltbeton gebruikt kan worden, zoals in de getijdezone en onder water. Gietasfalt wordt meestal als penetratiemortel gebruikt. Er kunnen drie methoden onderscheiden worden (*figuur 3*).

- *Vastleggen steen*: alleen bovenste laag breuksteen wordt gepenetreerd. Het geheel is een niet gesloten constructie, met ca. 24% holle ruimten tussen de stenen.
- *Patroonpenetratie*: bepaald penetratiestramen over de hele laagdikte, waarbij breuksteen tot grote brokken aaneen wordt gekit met 8-20% holle ruimte tussen het breuksteen.
- *Vol en Zat*: het geheel vormt een gesloten bekleding, met nauwelijks holle ruimte tussen het breuksteen.

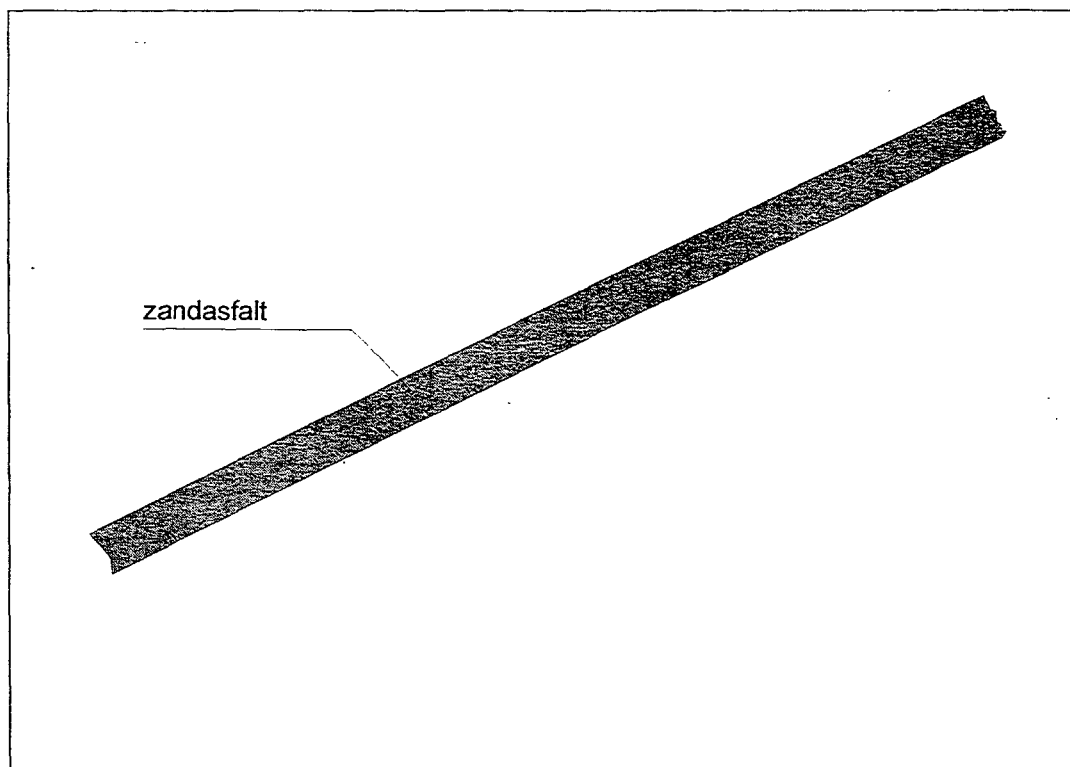
Gietasfalt is gemakkelijk via goten of direct uit de roerketel over het breuksteen te gieten (TAW-rapport, 1984). De mate van penetratie kan van belang zijn voor de begroeiing van het breuksteen. Bij meer holle ruimten en een niet gesloten penetratie is meer begroeiing mogelijk.

Duurzaamheid

Bij gepenetreerde breuksteen wordt de duurzaamheid van de bekleding zowel door die van de breuksteen als door die van het mortel bepaald. Door over



Figuur 4: Schematische dwarsdoorsnede van open steenasfalt. Bron Oranjewoud B.V.



Figuur 5: Schematische dwarsdoorsnede van zandasfalt. Bron Oranjewoud B.V.

vulling met gietasfalt bij de "vol en zat"-methode is de toegankelijkheid zeer gering, en is het materiaal zeer duurzaam (TAW-rapport, 1984). "Patroonpenetratie" en "vastleggen steen" zijn minder duurzaam dan de "vol en zat"-methode.

Toepassingsgebied

Gietasfalt als penetratiemortel over breuksteen is toegepast bij dammen, dijken, kribben (TAW-rapport, 1984), en bij vooroevers (Cherretté et al., 1994, Elskens et al., 1992). Gietasfalt wordt ook toegepast ter versterking van bestaande steenzettingen. Aan de buitenzijde van de vluchthaven bij Neeltje Jans is gedeeltelijk breuksteen toegepast, al dan niet gepenetreerd. Bij dammen bestaat de dijkteen vaak uit niet gepenetreerde breuksteen (Grevelingendam, Houtribdijk). Als vooroevermateriaal wordt eveneens vaak ongepenetreerd breuksteen gebruikt (Eembrugge, Leie, upper Schelde). Bij Breskens is de met gietasfalt gepenetreerde breuksteen afgestrooid met een laag zavelige grond.

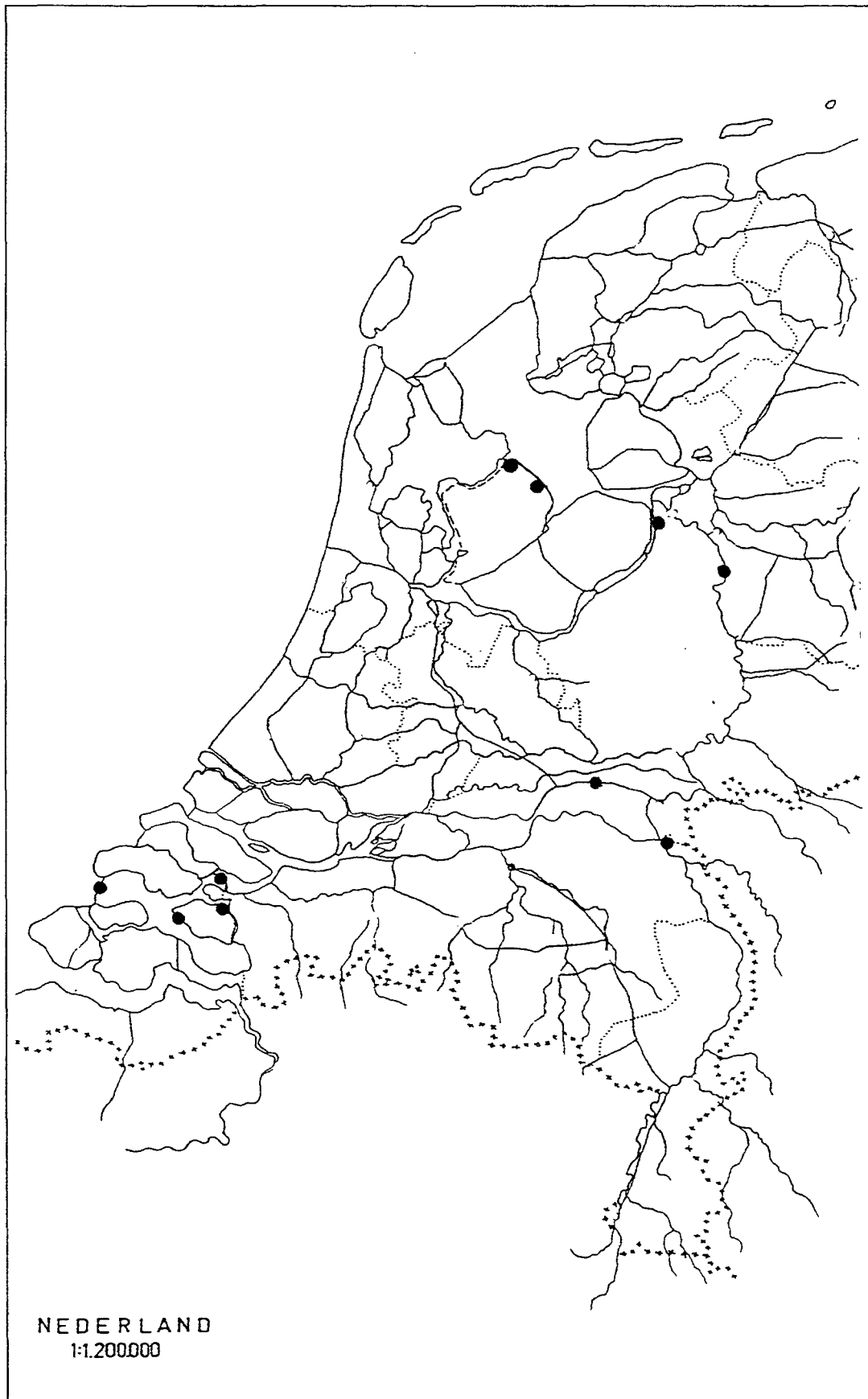
2.5 Open steenasfalt - ook wel Fixtone genoemd

Materiaal

Open steenasfalt is een zogenaamd ondervuld mengsel bestaande uit 80% kalksteen (grind) dat omhuld en aanéengekit is door asfaltmestiek (20%), een mengsel van zand, vulstof en bitumen (*figuur 4*). Het geheel is een open constructie (15-25% holle ruimte) (*tabel 2*), waar water vrij doorheen kan stromen, en waar wortels doorheen kunnen groeien. Door deze open constructie wordt er geen overdruk opgebouwd. Door deze openheid is een onderlaag (geotextiel of filter) nodig om uitspoeling van de dijk kern tegen te gaan. Open steenasfalt is enigszins flexibel, zodat het de zetting van de ondergrond in redelijke mate kan volgen. Het kan snel en gemakkelijk worden verwerkt, gecontroleerd en gerepareerd, en is zowel boven (in situ) als onder water (als matten) toepasbaar. In situ kan open steenasfalt tot een maximale taludhelling van 1:1,5 verwerkt worden, voor de matten geldt zelfs een maximale taludhelling van 1:1, mits de bovenzijde van de mat verankerd wordt (TAW-rapport, 1984). De samenstelling van open steenasfalt kon vroeger sterk verschillen, waarbij het percentage gietasfalt varieerde van 18 tot 35%. In de loop der jaren is de samenstelling van open steenasfalt meer uniform geworden (TAW-rapport, 1985). Door het poreuze karakter van open steenasfalt heeft het materiaal goede mogelijkheden voor begroeiing (de Kogel, 1983).

Verwerking

De belangrijkste component van deze bekleding is het asfaltmestiek. De viscositeit van dit materiaal is bepalend voor de eigenschappen in zowel de verwerkings- als in de gebruikersfase.



• *Figuur 6: Situering locaties met open steenasfalt*

De juiste viscositeit zorgt voor:

- optimale omhulling van individuele stenen door mastiek, waardoor een goede hechting tussen de stenen wordt bereikt, wat leidt tot een hoge duurzaamheid en weerstand tegen veroudering;
- voorkomen van een extreme ontmenging van het kalksteen-mastiek mengsel tijdens transport;
- verhindering van uitzakking in warme toestand
- voldoende stabiliteit bij toepassing op steile taluds, voldoende flexibiliteit om zettingsverschillen te kunnen volgen (Dorr, 1995).

Het mengsel wordt met behulp van een hydraulische kraan ter plekke verwerkt, en niet verdicht. Open steenasfalt-matten worden vlakbij in bekisting geproduceerd, en via een kraan of drijvende bok geplaatst.

Duurzaamheid

De duurzaamheid van open steenasfalt wordt mede bepaald door die van de gebruikte steensoort. Hiervoor gelden op zichzelf staande duurzaamheids eisen. Bij het mengsel moet rekening gehouden worden met veroudering, erosie, biologische- en chemische aantasting (TAW-rapport, 1984). Open steenasfalt wordt beschreven als duurzaam materiaal, omdat asfaltmastiek de stenen volledig omhult en onderling verbindt.

De duurzaamheid van de openheid van de bekleding wordt mede bepaald door de onderlaag (geotextiel of filter). De doorlatendheid van de onderlaag, kan in de tijd veranderen, het wordt aangeduid als "blocking" en "clogging". Bij beide fenomenen worden deeltjes uit de kern meegenomen door de grondwaterstroming. De deeltjes nestelen zich voor (clogging) of in (blocking) de opening en poriën van het geotextiel, waardoor de doorlatendheid van het filter afneemt of zelfs geheel stagneert (CUR-rapport 186, 1996). Afstrooien van open steenasfalt met grond of teelaarde beïnvloedt de duurzaamheid. Blootstelling van bitumen aan licht en lucht wordt erdoor verminderd, zodat het materiaal minder snel verweert. Extreme temperatuurwisselingen verminderen, waardoor betere kiemings- en vestigingsmogelijkheden voor planten ontstaan. Bovendien zorgt het voor een voor begroeiing betere vocht- en temperatuurhuishouding. Een afstrooilaag kan de duurzaamheid ook negatief beïnvloeden. Het vocht dat in deze laag wordt vastgehouden kan op den duur diffunderen door het bitumen en het bitumen filter om het mineraal-deeltje doorbreken. Dit leidt tot desintegratie van het materiaal. Dit proces heet striping. Onbekend is echter in welke mate en in hoeveel tijd dit optreedt. Het geheel wordt sneller opgenomen in het natuurlijke landschap (Fliervoet, 1991).

Toepassingsgebied

Open steenasfalt wordt hoofdzakelijk toegepast als oeverbekleding, zoals in de Geldersegracht nabij de "spuisluis", en de Waaloever bij Dodewaard. Als recreatieoevermateriaal zijn de "Riethorst" bij Mook en de "Rhederlaag" bij Zuthpen bekend. Als zeedijkbekleding zijn locaties bekend op Neeltje Jans, Noordland en Tholen. Bij Neerijnen is de strekdam bekleed met open steenasfalt (De Looff & Van Herpen, 1995). Open steenasfalt is ook gebruikt als bekledingsmateriaal bij golfbrekers, kribben, strandhoofden, vooroevers, glooiingen, kunstmatige eilanden (Thijssen, 1976), en als bodembe-

schermingsmateriaal (Oosterscheldebekken). De eerste toepassing van open steenasfalt vond in 1968 plaats in de IJssel bij Baak. *Figuur 6* geeft een overzicht van in het rapport besproken locaties waar open steenasfalt is toegepast.

2.6 Zandasfalt

Materiaal

Zandasfalt (waterbouwzandasfalt) of wel gebitumineerd zand is een zeer on-dervuld mengsel van zand en ca. 3-5% bitumen (*figuur 5, tabel 2*). Het bitumen bindt alleen de zandkorrels aan elkaar (TAW-rapport, 1984). Het geheel is een waterdoorlatende gronddichte constructie met 30 - 40% holle ruimten. De bekleding is niet flexibel. Zandasfalt kan zowel boven- als onderwater toegepast worden. Het is matig bestand tegen stroomaanvallen, en in redelijke mate bestand tegen golfaanvallen. Zandasfalt met een laag bitumengehalte is redelijk goed doorwortelbaar (de Kogel, 1983).

Verwerking

Zandasfalt is makkelijk machinaal te verwerken en aan te brengen tot een taludhelling van ca. 1:1,5. De bekleding is boven water goed te inspecteren en te herstellen, maar onder water wordt dit een stuk moeilijker (TAW-rapport, 1984). Zandasfalt hoeft bij aanbrengen nauwelijks verdicht te worden, licht aanrollen met een standaard grondverzetmachine wordt echter wel aanbevolen (TAW-rapport, 1984).

Duurzaamheid

Bij zandasfalt wordt de duurzaamheid bepaald door de blijvende bindende werking van het bitumen. Door de openheid van het mengsel is de veroudering relatief groot. Daarnaast is het materiaal gevoelig voor de inwerking van water: dit verdringt op den duur de bitumenhuid van de zandkorrels. Daardoor zal de stabiliteit (of sterkte) op den duur afnemen tot circa 30% van de oorspronkelijke waarde, afhankelijk van de samenstelling van het mengsel (TAW-rapport, 1984).

Toepassingsgebied

In het algemeen wordt zandasfalt toegepast als kernmateriaal in perskaden van dammen en dijken, als filterlaag onder open bekleding, en als tijdelijke bekleding.

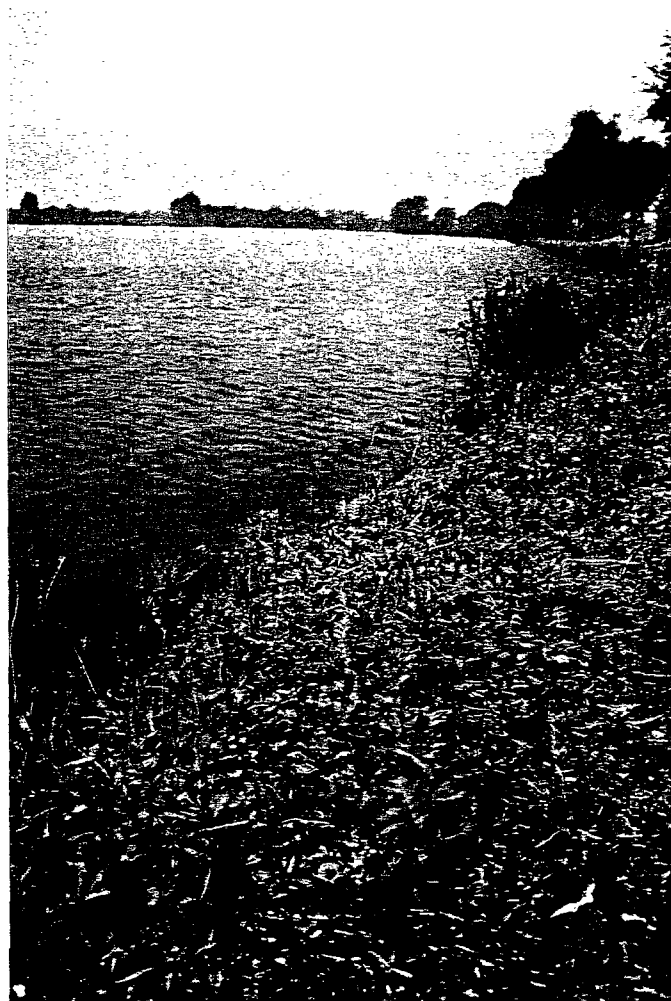
Soms echter wordt zandasfalt als permanente bekleding gebruikt (TAW-rapport, 1984). De Markerwaardzijde van de Houtribdijk was tot voor kort geheel bekleed met zandasfalt. Na de februaristormen van 1991 is deze bekleding sterk aangetast, voornamelijk ten gevolge van uitspoeling van onderliggend materiaal. Inmiddels is de dijk grotendeels verzaamd met breuksteen op geotextiel over de oude bekleding van zandasfalt heen.



Brouwersdam, Asfaltbeton met zandsuppletie



Grevelingendam, Breuksteen gepenetreerd met gietasfalt met ruigte begroeiing



Recreatieoever "Riethorst" bij Plasmolen

3 Toepassingsgebieden

3.1 Inleiding

De samenstelling en de kwaliteit van de vegetatie hangt onder andere af van *locatiegebonden factoren*. Zo vertoont in het algemeen de vegetatie van oevers langs zoete wateren een gradiënt van vochtminnende planten op lage delen dicht bij het water, tot meer droogte tolerante soorten hoger op het talud (Fliervoet 1991).

Een ander belangrijk *locatiegebonden* criterium is de invloed van het zoute water. Op oevers langs zoute wateren hebben we te maken met de gradiënt zout-zoet.

Andere belangrijke factoren die bepalend zijn voor aard en type van de begroeiing zijn de aanwezigheid van voorland, mate van veekdepositie, mate van sedimentatie en mate van belasting. Bij voldoende breed hoog voorland bijvoorbeeld kunnen groene dijken met flauwe taluds optimaal functioneren, waarbij een vegetatiegradient kan ontstaan van kwelder naar dijkgrasland (Sprangers & Muijs, 1997).

Hieronder worden drie toepassingsgebieden en hun specifieke standplaatsfactoren besproken, onderscheiden naar de aard van de golfbelasting. Als eerste worden onderscheiden zeedijken, meerdijken en dammen, vervolgens rivierdijken en oevers van kanalen en vaarten, en als laatste vooroevers. Over het algemeen zullen zeedijken, meerdijken en dammen een hogere golfbelasting kennen dan rivierdijken en oevers van kanalen en vaarten. Vooroevers staan op zich, omdat zij tot doel hebben om de extreme belasting weg te nemen van de eigenlijke oever.

3.2 Zeedijken, meerdijken en dammen

Primair dienen zeedijken, meerdijken en dammen voor de bescherming van het erachter gelegen land. De bekleding van de dijken heeft tot functie het dijklichaam tegen erosie te beschermen. Bij zeedijken is het waterniveau nooit constant. Het water is vrijwel altijd in beweging door de getijdestroming. Zeedijken moeten niet alleen vanwege het getij, maar ook vanwege de extreme weersomstandigheden sterk en betrouwbaar zijn. Onder normale omstandigheden moet in het gebied van de zoute wateren onderscheid gemaakt worden tussen getijdezone (zone 1), de zone die nog onder invloed van zout water staat (zone 2: golfklap en golfoploop zone), en de zone met een overwegend zoet milieu (zone 3). In zone 1 zal in het algemeen eerst aangroei plaatsvinden van een laagje groenwieren, en in een later stadium zullen bruinwieren en zeepokken zich gaan vestigen. De vegetatie van zone 2 wordt gekenmerkt door soorten met dikke, vlezige blad- en stengeldelen, met doorgaans een blauwgrijze tint. In zone 3 komt in het algemeen een grasvegetatie voor die niet specifiek is voor het zoute watersysteem (Sprangers & Van Berchum 1997). Verder speelt bij deze categorie de aanwezigheid van

voorland en aard van sedimentatie een belangrijke rol bij de sterkte van het grastalud.

Meerdijken hebben over het algemeen een minder wisselende waterbelasting. De Oosterscheldedijken kennen nog een beperkte getijdewerking. De Markermeerdijken bijvoorbeeld hebben een minimale wisselende waterstand maar kunnen toch door opgestuwde golven of door kruierend ijs behoorlijk worden belast.

3.3 Rivierdijken en oevers

Ook rivierdijken moeten het achterliggende land tegen water beschermen. Alleen de belasting is hier anders; langere perioden met langsstuwend en stromend hoogwater, met golven tot maximaal 0,5 meter hoogte.

De waterstand wordt hoofdzakelijk bepaald door de afvoer van het water afkomstig van regen, sneeuw en ijs. Vlak bij zee moet overigens ook rekening gehouden worden met het getij (De Looff & Van Herpen, 1995). Rivieren moeten in staat zijn om in één keer grote hoeveelheden water in één richting af te voeren. Deze factoren zijn met name bepalend voor de mate van sedimentatie. Op sommige plaatsen vindt juist wel sedimentatie plaats, op andere plekken weer niet.

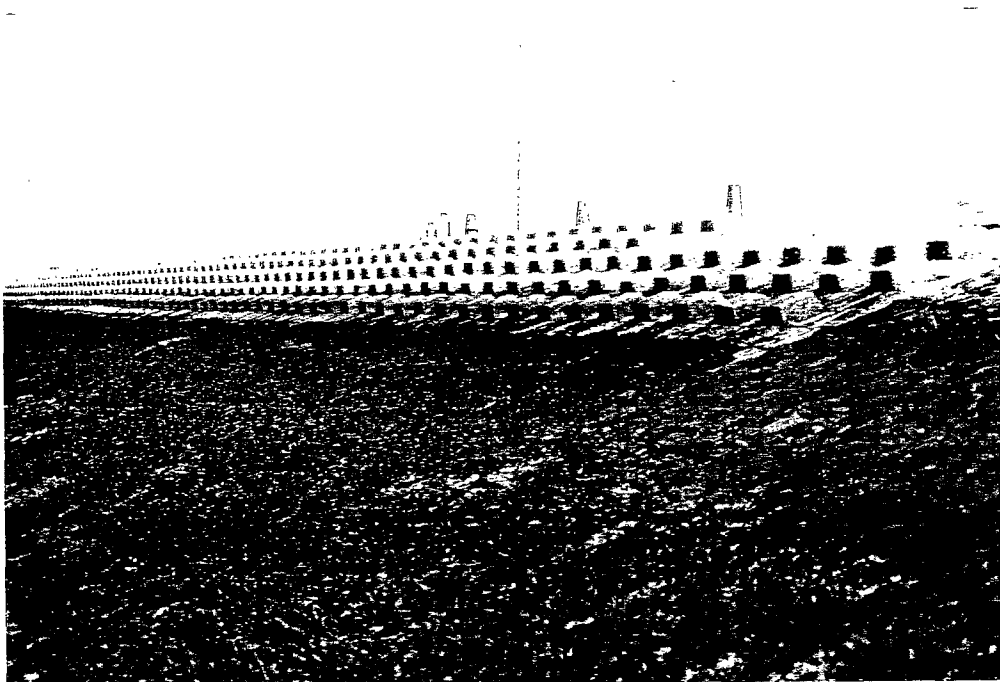
Oevers van kanalen, havens, mee stromende geulen, boezemwateren en plassen worden gekenmerkt door een meer constante waterstand, en over het algemeen een lagere belasting dan de vorige categorieën. Kanaaloevers moeten voldoende erosiebestendig zijn voor belasting ten gevolge van scheepsgolven, schroefstralen en retourstroming (De Looff & Van Herpen, 1995) te weerstaan. Over het algemeen is de waterstand constant. Bij oevers van boezemwateren kan de waterstand bij wijze van uitzondering aanzienlijk fluctueren, zoals bijvoorbeeld bij de Gelderse gracht. Voornamelijk in de winter verandert hier het waterniveau door het al dan niet inwerking zijn van het gemaal (Fliervoet, 1991). Bij een hoog waterniveau kunnen er grote zuigkrachten op de oever ontstaan.

Recreatieoevers zijn soms voorzien van een harde taludbekleding. In sommige gevallen is dit om voldoende erosiebestendig te zijn tegen golfslag, in andere gevallen om te verhinderen dat boten invaren op de oever. Door de lage belasting en constante waterstand zijn de mogelijkheden voor begroeiing in deze categorie duidelijk aanwezig. De sterkte van het talud speelt dan de belangrijkste rol.

3.4 Vooroevers

Een vooroever bestaat meestal uit een lage dam, die voor de eigenlijke oever ligt. De vooroever heeft tot doel de achterliggende zone te beschermen tegen hydraulische en mechanische invloeden. De overgang tussen land en water wordt geleidelijker en tussen de oevers ontstaat zo een unieke ondiepe "stilwater" zone, de plasberm. Deze berm verhoogt het natuurlijk zuiverend vermogen van het water en zo kan er zich een schitterende oevervegetatie ontwikkelen (Ivens, 1996). Vissen kunnen in deze zone paaien, zodat de visstand op een natuurlijke manier in stand gehouden kan worden. (Elskens et

al., 1992). In de vooroever van de Eem zitten enkele openingen wat voor een goede wateruitwisseling zorgt (Ivens, 1992). In Nederland zijn ca. 30 locaties bekend bestaande uit een vooroever. Het merendeel van de vooroevers bestaan uit damwanden of uit niet gepenetreerde breuksteen (Ivens, 1992). De vooroever van de Leie te Olsenen (België) is aangelegd met breukstenen, gepenetreerd met gietasfalt, het geheel is afgedekt met een laagje aarde met wortels (Cherretté et al., 1994). Evenzo bestaat de vooroever van het scheepvaartkanaal Schelde-Brussel uit breuksteen gepenetreerd met gietasfalt, van het type "vastleggen". Het kanaal blijft bij de komst van de vooroever dezelfde breedte houden, de overgang naar land wordt geleidelijker. In de vooroever zitten openingen zodat een betere aansluiting ontstaat bij het achterliggende natuurreserveaat (Cherretté et al., 1994). Vooroevers moeten als het ware de eerste klappen opvangen en staan derhalve bloot aan de geldende belastingen. Door de lage constructie is de binnenzijde "belasting-luw" en biedt mogelijkheden voor begroeiing.



Aangroei van wieren op haringmanblokken/ basalt blokken, Zandkreekdam



Begroeiing op met gietasfalt gepenetreerde breuksteen, Brouwersdam



Begroeiing tussen basalt blokken, Tholen



Begroeiing van kweek door open steenasfalt, Tholen

4. Begroeiing van asfaltbekledingen

4.1 Inleiding

Na bespreking van eigenschappen van zowel type als standplaats van de meest gangbare asfaltbekledingen in de voorgaande hoofdstukken, volgt nu per toepassingsgebied een overzicht van de meest voorkomende begroeiingen op asfalt. Op basis van gegevens uit de literatuur en eigen veldwaarnemingen wordt de vegetatie besproken aan de hand van aangetroffen soorten of vegetatietypen. Een ecologische waardering wordt niet gegeven. Waardering, of beter het aangeven van een ecologische potenties dient zorgvuldig te gebeuren (Sprangers & Van Berchum 1997).

De veldwaarnemingen zijn vastgelegd door middel van een situatieschets en beschrijving van dominante of kenmerkende soorten. In enkele gevallen zijn opnamen gemaakt volgens de Braun-Blanquet methode. Een volledige beschrijving van bezochte veldlocaties volgt in bijlage 2.

4.2 Voorbeelden van asfaltbegroeiingen op zeedijken, meerdijken en dammen

Literatuurgegevens

Algen en wieren kunnen zich in de getijdezone vestigen. De begroeiing op de in de getijdezone veel toegepaste breuksteen met gietasfalt penetratie is echter gering. In de getijdezone vindt eerst aangroei van een laagje groenwieren plaats. Er geldt, hoe ruwer het oppervlak, hoe makkelijker de aangroei. Van Berchum (1995) concludeert dat de mate van ontwikkeling van levensgemeenschappen rond de hoogwaterlijn wordt bepaald door het watervasthoudend vermogen (*ruwheid*) van de bekleding. De vestiging van algen en wieren op met gietasfalt gepenetreerde breuksteen is laag. Na aangroei van groenwieren kunnen ook bruinwieren (blaaswier en zee-eik) zich gaan vestigen (Meijer, 1990). Doordat bruinwieren in tegenstelling tot groenwieren bij laag water minder uitdrogen en ze aan het oppervlak van het talud nog wat water vasthouden, ontstaat een milieu dat gunstig is voor de ontwikkeling van zeepokken en in een later stadium ook voor mosselen. De Kogel (1983) meldt dat op de regelmatig overspoelde delen vrijwel geen begroeiing wordt aangetroffen. Het kan zijn dat in deze zone geen slib tussen de stenen van het open steenasfalt blijft zitten omdat dit regelmatig wordt weggespoeld.

Volgens de Kogel (1983) is de vestiging van planten op open steenasfalt rond de gemiddeld hoogwaterzone en vlak daarboven beperkt gebleven is. Op Tholen heeft zich op de hoger gelegen delen met open steenasfalt een ijle vegetatie ontwikkeld van typische zoutplanten zoals *Lamsoor*, *Langarige zee-kraal*, *Engels slijkgras*, *Spiesmelde* en *Zeewegbree* (Willemse, 1991). Van Berchum (1995) vermeldt dat boven de gemiddeld hoogwatergrens de soortensamenstelling sterk verandert met de hoogteligging. Er ontstaat een overgang van zout naar zoet. Vlak boven de gemiddelde hoogwatergrens

komen soorten als *Engels slijkgras* en *Zeekraal* voor. Op de hoger gelegen delen komen zoutresistente soorten als *Gewoon kweldergras*, *Lamsoor*, *Schorrezoutgras*, en *Zeeweegbree* voor.

Zeedijken in Friesland en Groningen bestaan voor een groot gedeelte uit asfaltbeton, begroeiing hiervan komt niet voor.

Veldwaarnemingen

Neeltje Jans

Op Neeltje Jans zijn twee locaties bekeken.

Locatie 1: binnentalud vluchthaven, open steenasfaltbekleding. Op enkele plaatsen komt begroeiing van *Helm* voor.

Locatie 2: buitentalud vluchthaven, van onder naar boven achtereenvolgend opgebouwd uit grof breuksteen, grof breuksteen gepenetreerd met gietasfalt, open steenasfalt, fijner breuksteen gepenetreerd met gietasfalt en bovenaan asfaltbeton. De gemiddelde hoogwatergrens loopt halverwege de fijne breuksteen zone. De gemiddeld laagwatergrens loopt halverwege de gepenetreerde grove breuksteen zone. Op de ruwe plekken van het breuksteen komt begroeiing van darmwieren en blaaswieren voor. Het open steenasfalt is volledig overgroeid met mossels en pokken. Op de koppen van de fijnere breuksteen zone is eveneens begroeiing van darmwieren waargenomen. Op de asfaltbetonbekleding, die boven de gemiddeld hoogwaterzone ligt, komt geen begroeiing voor.

Brouwersdam

De glooiing van de Brouwersdam bestaat bijna geheel uit asfaltbeton. Aan de voet van de dam ligt een gietasfaltslab van enkele meters. De overgang naar asfaltbeton verloopt via korven, die gevuld zijn met grof grind en vervolgens nog enkele meters gepenetreerde breuksteen.

Aan de zeezijde van de dam zijn op grote stukken kunstmatige duinen aangebracht, waar *Helm* en enkele andere duinsoorten als *Jacobs kruiskruid* voorkomen. De binnenzijde van de dam is opgebracht met rivierzand, waar zich een droge, schrale vegetatie ontwikkeld heeft, met soorten als *Muurpeper*, *Geel walstro*, *Sikkelklaver* en *Kruisdistel*.

Philipsdam

De dijkteen van de westkant van de Philipsdam bestaat uit breuksteen, hoger op het talud gaat dit over in haringmanblokken en basalt, waarvan de naden dichtgesmeerd zijn. De zone met basalt strekt zich uit tot enkele meters boven gemiddeld hoogwater. Daarboven bevindt zich een goed beheerde gras-op-kleibekleding. De begroeiing van de harde bekledingen is nihil. Bij de grasbekleding vindt een hooibeheer plaats.

Aan de oostkant van de Philipsdam is gedeeltelijk open steenasfalt en gedeeltelijk basalt aangebracht in een circa vier meter brede zone boven de teen. Daarboven bevindt zich gras-op-klei, daaronder gezette blokken van natuursteen. De open steenasfaltbekleding is oppervlakkig begroeid met een schrale, droge voedselarme vegetatie. Er heeft weinig invang van sediment plaatsgevonden. Soorten als *Geel walstro*, *Glanshaver* en *Zandmuur* komen hier voor. De basaltzuilen zijn onder andere begroeid met *Muizeoor*, *Vierzadige wikke*, *Engels raaigras* en *Roodzwenkgras*.

Ouwerkerk

In 1953 is het talud bij Ouwerkerk bekleed met zandasfalt en asfaltbeton, in 1979 is de onderkant van het talud vervangen door breuksteen met gietasfalt, en in 1992 is de bovenkant van het talud afgegoten met een bitumenemulsie. Zowel in de getijdezone als erboven vindt geen begroeiing plaats. Er is geen voorland, en er heeft geen sedimentatie plaats gevonden.

Grevelingendam

De onderkant van de dam, boven een teen bestaande uit grof breuksteen, is bekleed met fijn breuksteen, gepenetreerd met gietasfalt. Deze zone bevindt zich tot circa twee meter boven de waterlijn. Aan de waterkant groeit *Riet*, en iets hoger tussen de blokken komen ruigtesoorten als *Bitterzoet*, *Braam*, *Wilgeroosje* en *Tandzaad* voor. Op sommige plaatsen tussen de fijne stenen worden op ingewaaid sediment en veek zelfs door het gietasfalt heen onder andere *Knikkende distel*, *kweek*, *Smalle weegbree* en *Jacobs kruiskruid* aangetroffen. Aansluitend is een bekleding van asfaltbetonplaten. Op de naden van de platen komen soorten als *Kruisdistel*, *Geel walstro*, *Sikkelklaver*, en *Teunisbloem* voor.

Krabbenkreek

Aansluitend op een laag stortsteen is de getijdezone van deze dijk volledig met haringmanblokken bekleed, van beneden de laagwatergrens tot ca. twee meter boven de gemiddelde hoogwatergrens. Vervolgens volgt nog een drie meter brede bekleding van open steenasfalt die daarna over gaat in hooiland. De haringmanblokken in de getijdezone zijn volledig begroeid met *Blaaswieren*, *Groenwieren*, en *Zeesla*. Boven de gemiddeld hoogwaterzone vinden we tussen de haringmanblokken de zoutminnende soorten *Lamsoor* en *Zeekraal*. Op het open steenasfalt komen solitair *Lamsoor* en *Strandmelde* voor, en op plekken met veek groeien de ruigtesoorten *Kweek*, *Jacobskruiskruid*, en *Kleefkruid*. Het bovenliggende hooiland is verruigd met dominante grassoorten als *Kweek* en *Glanshaver*.

Tholen

De harde taludbekleding van deze dijk bestaat geheel uit open steenasfalt. Daarboven bevindt zich gras (koeien beweiding). Aan de dijkvoet grenzen de slikken van Dortman. Deze slikken zijn massaal begroeid met *Lamsoor*. Op de onderste paar meter van het talud is erg veel veek aanwezig. Hier wordt een dichte begroeiing (80%) aangetroffen met *Strandkweek* en *Strandmelde*. Willemse neemt in 1991 juist een ijle zoutvegetatie (bedekking max. 5%) waar aan de onderkant van het open steenasfalttalud. Voor de "middenzone" geeft Willemse een bedekking van 20-25%, bestaande uit onder andere *Strandkweek*, *Reukloze Kamille*, *Spiesmelde* en *Zeeveegbree*. Ook in 1997 zijn deze soorten in deze strook waargenomen op plekken met veel veek. De bedekking is echter hoger: 40-50%. Verder zijn *krulzuring*, *Schapezuring*, en *Kegelsilene* waargenomen. Voor de hoogste zone van het talud vindt Willemse een relatief hoge bedekking (40-50%) met veelal *Reukloze kamille*, *Rood zwenkgras* en *Kweek*. Dit jaar echter is in deze zone de laagste bedekking waargenomen. Ook heeft hier nauwelijks depositie van veek plaats gevonden. Hier komen vooral *Strandkweek* en *Muurpeper* tussen de kiezels van het open steenasfalt voor. Het lijkt erop dat hier vooral de depositie van veek de mate van begroeiing bepaalt.

Houtribdijk

De Houtribdijk is aangelegd in 1974 en was tot 1991 bekleed met Zand-asfalt. Nadat er schade aan de dam ontstaan is ten gevolge van door de februari stormen van 1991, is de dam op veel plaatsen verzaagd met open steenasfalt of breuksteen. Op oude plekken met zandasfaltbekleding, aangelegd in 1974, komt hier en daar een lichte begroeiing voor van *Zuring*, *Kamille* of *Muurpeper*. Op sommige plaatsen is *Riet* van onderen af door het zandasfalt heen gegroeid. Op de in 1991 gerestaureerde locaties van breuksteen vindt geen begroeiing plaats, op de open steenasfaltbekleding komt sporadisch *Reukloze kamille* voor.

Op een andere locatie van de Houtribdijk is een begroeiing van louter *Bitterzoet* en *Klein streepzaad* op de open steenasfalt bekleding waargenomen. De aantallen zijn echter wel erg laag (bedekking < 10%).

Hoornsche Gat

Deze dam is recentelijk (1996) bekleed met open steenasfalt. Nu al, na één jaar vindt doorgroeiing van *Riet* vanuit de onderlaag plaats. De totale bedekking is nog laag, slechts 15%.

Samengevat geldt voor de begroeiing van asfaltbekledingen van zeedijken, meerdijken en dammen het volgende: beneden gemiddeld hoogwater kan op elk type bekleding een begroeiing van algen en wieren voorkomen. Boven gemiddeld hoogwater is asfaltbeton niet begroeid en met gietasfalt gepene- treerde breuksteen en zandasfalt minimaal. Er treedt slechts begroeiing op in een enkel specifiek geval zoals de Grevelingendam. Open steenasfalt is door- gaans spaarzaam begroeid, tenzij er depositie van veek heeft plaatsgevonden.

4.3 Voorbeelden van asfaltbegroeiingen op rivierdijken en oevers

Literatuurgegevens

Doorgroeiing van gietasfalt als waterdichte bekleding is niet gewenst. Toch wordt soms begroeiing aangetroffen. Van de drie penetratievormen biedt de patroonpenetratie de beste mogelijkheden voor begroeiing (Elskens et al., 1992).

Open steenasfalt is door zijn open structuur goed begroeibaar (De Looff & Van Herpen, 1995), maar de temperatuur en vochtigheid zijn niet altijd optimaal voor de kiemings- en vestigingsmogelijkheden van soorten. Door de donkere (zwarte) bekleding kan de temperatuur erg hoog oplopen (Fliervoet, 1991). Open steenasfalt is goed bestand tegen wortelgroei van grassen en kruiden (CUR-rapport, 168). De wortels van houtachtige gewassen kunnen steentjes loswrikken. Dit betekent niet meteen dat de bekleding aan sterkte verliest (De Looff & Van Herpen, 1995).

In 1987 is bij Dodewaard een open steenasfalttalud aangebracht, en na 8 jaar (1995) volledig begroeid (TAW-rapport, 1995). Op dit gedeelte van de oever heerst een sterke stroming, en vindt veel veek afzet plaats. Gedurende het groeiseizoen ontwikkelt zich hier een vloedmerkvegetatie met *Oeverstekelnoot*, *Zwart tandzaad*, *Reukloze kamille*, *Melganzevoet* en *Doornappel*. In 1991 is deze locatie door Fliervoet geïnventariseerd en zijn de

eerste gekiemde wilgen waargenomen; de aanzet tot struweelvorming. Dit jaar (1997) is eveneens weer een volledig begroeid talud waargenomen, met nagenoeg dezelfde soorten.

In de Gelderse Gracht in Overijssel bij de "spuisluis" is in 1985 een open steenasfalt bekleding aangelegd, waar de vegetatie zich zowel onder als boven water spontaan ontwikkeld heeft (TAW-rapport, 1995). Fliervoet (1991) heeft hier een gevarieerde, soortenrijke vegetatie langs de waterkant aangetroffen met: *Riet*, *Oeverzegge*, *Gele lis*, *Blauw glidkruid*, *Waterweegbree*, *Pijptorkruid*. Hoger op de oever zijn *Engels raaigras*, *Witbol*, *Vogelwikke*, *Scherpe boterbloem*, *Hopklaver*, *Fluitekruid*, *Bereklaauw* en *Pastinaak* aangetroffen. Dit zijn soorten kenmerkend voor matig voedselrijke bermen en dijkhellingen.

In 1968 is in de Gelderse IJssel bij Baak (bij de Groene Jager) een bekleding van open steenasfalt aangelegd, die na 8 jaar tijd voor 40% spontaan was begroeid (Thijssen, 1976). In 1997 is de bedekking aanzienlijk lager.

Op de oevers van de Dintelhaven komt veel begroeiing van *Heermoes* voor. De plant doorboort van onderen de open steenasfaltbekleding, en kan zelfs ernstige beschadiging aanbrengen. De bekleding beschadigt zodanig dat er gaten in ontstaan, waar zelfs de ondergrond zichtbaar wordt (Arnoldussen, 1995).

De oever aangelegd in 1976 bij Bokhoven bestaat uit open steenasfalt. De oever is in de loop der jaren spontaan begroeid (TAW-rapport, 1995). In 1991 is deze locatie geïnventariseerd door Fliervoet, waarbij 85% van het talud met grassen, kruiden en struiken begroeid was. Aan de waterkant heeft zich een oevervegetatie ontwikkeld met: *Riet*, *Munt*, *Valeriaan*, en op de hoger gelegen delen *Kleine ruit*, *Heksenmelk*, *Muurpeper*, *Wit vetkruid* en *Kruisdistel*. Op de vloedmerken komen de ruigtekruiden *Akkerdistel* en *Brandnetel* voor. Over het algemeen wordt het talud nauwelijks beheerd, zodat elzen, wilgen en *Meidoorn* zich kunnen vestigen. De struiken groeien door het open steenasfalt heen, en wortelen in de onderliggende laag. De grassen en kruiden kunnen zowel in als onder het open steenasfalt wortelen. De rietbegroeiing kan zich op het talud vestigen door vanuit wortelstokken, die onder de bekleding aanwezig zijn, het open steenasfalt te doorgroeien. (Fliervoet, 1991). In 1997 is bij het verwijderen van wilgopslag de bekleding dermate beschadigd dat opnieuw een bekleding is aangebracht.

Veldwaarnemingen

Dodewaard

De bekleding van deze oever bestaat uit open steenasfalt. In 1991 is deze locatie door Fliervoet geïnventariseerd. Ook dit jaar (1997) is hier een vegetatie-opname gemaakt. De totale bedekking van de vegetatie was in 1991 nog 80%, nu bedraagt de bedekking 90%. In 1991 bedroeg het percentage humus en aanspoelsel nog 30%, terwijl er in 1997 een minimale hoeveelheid te vinden is. Dit geldt ook voor het sediment.

De hoeveelheid grassen is in 1997 afgenomen van 7% naar minder dan 1%. In 1991 werden 5 soorten aangetroffen, nu is alleen *kweek* overgebleven. In tegenstelling tot de grassen zijn de kruiden aanzienlijk toegenomen. Het soortenaantal is in totaal toegenomen van 16 naar 27. De meest voorkomende soorten zijn: *Zwart tandzaad*, *Blauw glidkruid* en *Moerasandoorn*. Deze soorten zijn kenmerkend voor het tandzaadverbond. Verder zijn soorten als *Reukloze kamille*, *Kruizuring* en *Hondsdrif* waargenomen. De

in 1991 veel voorkomende *Oeverstekelnoot* is dit jaar niet aangetroffen. Opgemerkt dient te worden dat ondanks de hoge bedekking van de vegetatie de "spruitbezetting" veel lager is: de bedekkende kruiden groeien veelal solitair tussen de kiezels van het open steenasfalt.

"Riethorst" bij Mook

Deze recreatieoever bestaande uit open steenasfalt is in 1993 aangelegd, om afkalving van de oever door het aanleggen van boten te voorkomen. De open steenasfaltbekleding volgt de oude oeverlijnen, waardoor het geheel vrij natuurlijk oogt. De oever is relatief steil, 1:1. Op Sommige plaatsen is de bekleding volledig begroeid, terwijl op andere plekken de bekleding nog duidelijk zichtbaar is. Een gemiddelde bedekking van ca. 40% kan gegeven worden. Aan de waterkant komen onder andere *Zwart tandzaad*, *Watermunt*, *Veenwortel*, *Waterpeper*, *Bitterzoet* en *Moerasandoorn* voor. In de droge zone vindt overgroeiing plaats van soorten uit de berm, zoals *Smalle weegbree*, *Gekroesde melkdistel*, *Wilde peen*, *Knoopkruid* en *Margriet*.

Baak

De Gelderse IJssel bij Baak is dertig jaar geleden (1968) voorzien van open steenasfalt. De bekleding maakt deel uit van een systeem met onregelmatige dynamiek, waarbij ca. 2-3 keer per jaar een langdurige constante belasting in één richting optreedt. De oever maakt een erg slechte indruk. Hele stukken bekleding zijn weggeslagen, en andere stukken brokkelen af. Op de bekleding komen soorten voor als *Zilverschoon*, *Vijfvingerkruid*, *Klein streepzaad* en *Breukkruid*, met een totale bedekking van 10%. Op de hogere delen zijn wilgen zich door het asfalt heen gegroeid. Op plekken waar de open steenasfalt weggeslagen is worden dezelfde soorten waargenomen, maar met een hogere bedekking.

Geldersegracht

Aan de noordzijde van de Gelderse Gracht is het talud voorzien van een open steenasfaltbekleding. De harde bekleding is volledig verdwenen onder een laagje klei, variërend van 1 tot 3 cm, en heeft nu meer iets weg van een blinde glooiing. De vegetatie is soortenrijk, en gaat geleidelijke over in een oevervegetatie aan de waterkant. In 1991 (opname Fliervoet) was de bedekking 99% en was er 1% open steenasfalt waar te nemen. Nu echter is de bedekking 100%, en is open steenasfalt niet meer te zien. In beide opnamen komen grassoorten als *Engels raaigras*, *Struisgras* en *Timotheegras* veelvuldig voor. In 1997 is zelfs *Reukgras* waargenomen (een grassoort voor relatief voedselarme bodems). Verder zijn dit jaar onder andere de volgende kruiden waargenomen: *Gewone paardebloem*, *Moeraswalstro*, *Klein streepzaad*, *Scherpe boterbloem*, *Kruipende boterbloem*. De ruigte soorten (*Brandnetel* en *Bereklaauw*) die Fliervoet waarneemt, zijn in 1997 niet meer aangetroffen. De vegetatie gaat geleidelijk over in een begroeiing met *Pijlkruid*, *Mannegras*, *Riet*, *Oeverzegge*, *Gele lîs* en *Moeras walstro* analoog aan de bevindingen van Fliervoet (1991).

Ochten (colloïdaal beton)

Ter vergelijking is het experiment van DWW bij Ochten bezocht met open colloïdaal beton. Evenals geldt voor het open steenasfalt werd hier binnen de aanwezige proefvakken een mozaïek aangetroffen met meer en minder begroeide delen. Niet afgestrooide vakken vertoonden een begroeiing van voornamelijk *Wit vetkruid*. Wel afgestrooide vakken lieten afhankelijk van

inzaai en wegspoelen van de aarde een meer of minder met grassen en kruiden begroeiing zien in een mozaïek met open plekken.

Ook voor rivierdijken en oevers geldt dat asfaltbeton en met gietasfalt gepenetreerde breuksteen niet of nauwelijks begroeid zijn. Alleen open steenasfalt biedt mogelijkheden voor begroeiing. Daarbij is de begroeiing minimaal bij regelmatig belaste oevers. Alleen in situaties met lage belasting kan een begroeiing van hoge bedekking voorkomen. Bij sedimentatie is de vegetatie zodenvormend (a) (Gelderse gracht). Zonder aanwezigheid van sediment bestaat de goed bedekkende vegetatie uit solitaire planten (b) (Dodewaard). Met betrekking tot het open colloïdaal beton bij Ochten lijkt ook afspoeling van de afstrooilaag een egale begroeiing te verhinderen. Resteert een begroeiing met *Wit vetkruid*, typisch voor rotsachtige, schrale habitats, met extreme temperatuur wisselingen, afgewisseld met graslandvegetatie op de niet weggeërodeerde plekken.



a.



b.

4.4 Voorbeelden van begroeiingen op vooroevers.

In de Leie te Olsene (België) is een vooroever toegepast in het kader van ontwikkeling van milieuvriendelijke oevers na herstel van de beschadigde oevers. De vooroever zelf bestaat uit met gietasfalt gepenetreerde breuksteen, de plasberm is bekleed met open steenasfalt. Op de vooroever is grond met wortelstokken opgebrachte maar spoelde door regen gedeeltelijk weg. Toch vond er in het eerste jaar al begroeiing van de pionier *Knopig duizendknoop* plaats, varierend van 10% op plaatsen zonder grond, tot 100% op plekken met grond. Aanplanting van de oeversoorten *Lisdodde* en *Mattenbies* gaf een positief effect op de vegetatie (Elskens et al., 1992). Schelpendammen langs de Houribdijk laten een ontwikkeling van vegetatie zien aan de luwzijde van de dammetjes.

Vooroevers hebben een positief effect op de begroeiing van zowel plasberm als dijktafsluitingen.

4.5 Schade door begroeiing

Naast mechanische- en klimatologische beschadigingen (verwerking) aan bekledingen kan ook begroeiing een nadelige inwerking hebben.

Asfaltbeton is gevoelig voor aantasting door dierlijke en plantaardige organismen. Dierlijke aantasting vindt vooral beneden het hoogwaterpeil plaats, beschadiging door plantengroei boven het hoogwater (Anonymus, 1963). Direct bezorgen Bruinwieren echter geen schade. Indirect doen ze dat wel. Doordat de bekleding onder bruinwieren langer vochtig blijft, kunnen zeepokken zich hier vestigen. Zeepokken zijn kleine dieren, die zich in kleine spleetjes en kuiltjes vasthechten en daar uit groeien tot volwassen individuen. De groeiende dieren drukken de wanden uiteen, en zo worden op den duur hele brokken asfalt losgewrikt (Anonymus, 1963). Ook schuring van zwaar langsdrijvend veek kan dan problemen leveren. De werkgroep "gesloten dijkbekledingen" (Anonymus, 1961) beweert echter dat de beschadiging door algen veel ernstiger is dan die door zeepokken.

De doorgroei van kruiden en grassen kan bij asfaltbeton en gietasfalt schade veroorzaken. In de bekledingen kunnen hierdoor scheuren ontstaan, die de waterdichtheid en uiteindelijk de stabiliteit beïnvloeden.

Voor open steenasfalt wordt in het rapport "Open steenasfalt, kennis van de eigenschappen verzameld uit onderzoek uitgevoerd in de periode tot 1984" (TAW-rapport, 1985) opgemerkt dat de grote met elkaar in verbinding staande poriën wortels en uitlopers een relatief gemakkelijke weg bieden. Hierdoor zal de kans op schade, tenzij de wortels erg dik worden en druk op de poriën gaan uitoefenen, vrij gering zijn. Zo kunnen bij de wortelgroei van houtachtige gewassen steentjes losgewrikt worden, wat niet meteen tot sterkte verlies hoeft te leiden. Treedt er begroeiing van *Heermoes* op, dan kan er uiteindelijk wel verlies aan sterkte optreden, doordat gaten in de bekleding ontstaan en soms zelfs de onderlaag te zien is (Arnoldussen, 1995). *Heermoes* (Paardestaarten familie) bevat namelijk giftige stoffen. Het kan zijn dat deze stoffen de hechting tussen steen en mastiek aantasten.

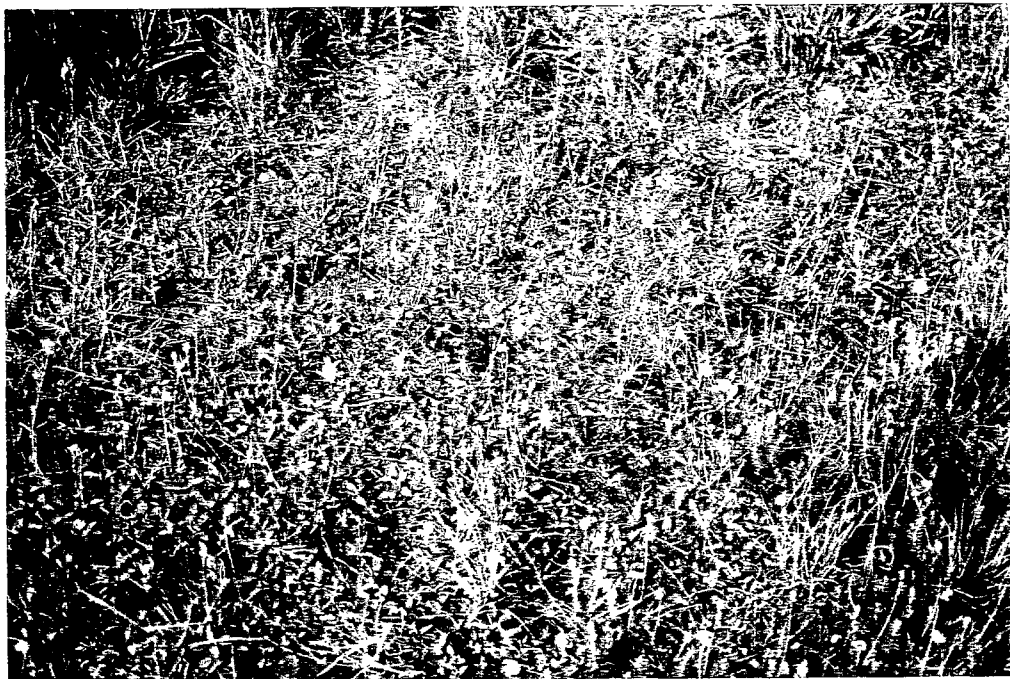
In de kanaaloever bij Steenenhoek zijn vervormingen opgetreden, maar de open steenasfalt bekleding heeft hier geen schade van ondervonden (TAW-rapport, 1995).

Hoewel open steenasfalt schadegevoeliger is voor drijvend materiaal dan de andere besproken asfalt bekledingen, is bij Dodewaard en Bokhoven bij het hoogwater van februari 1995 geen enkele vorm van schade geconstateerd (TAW-rapport, 1995).

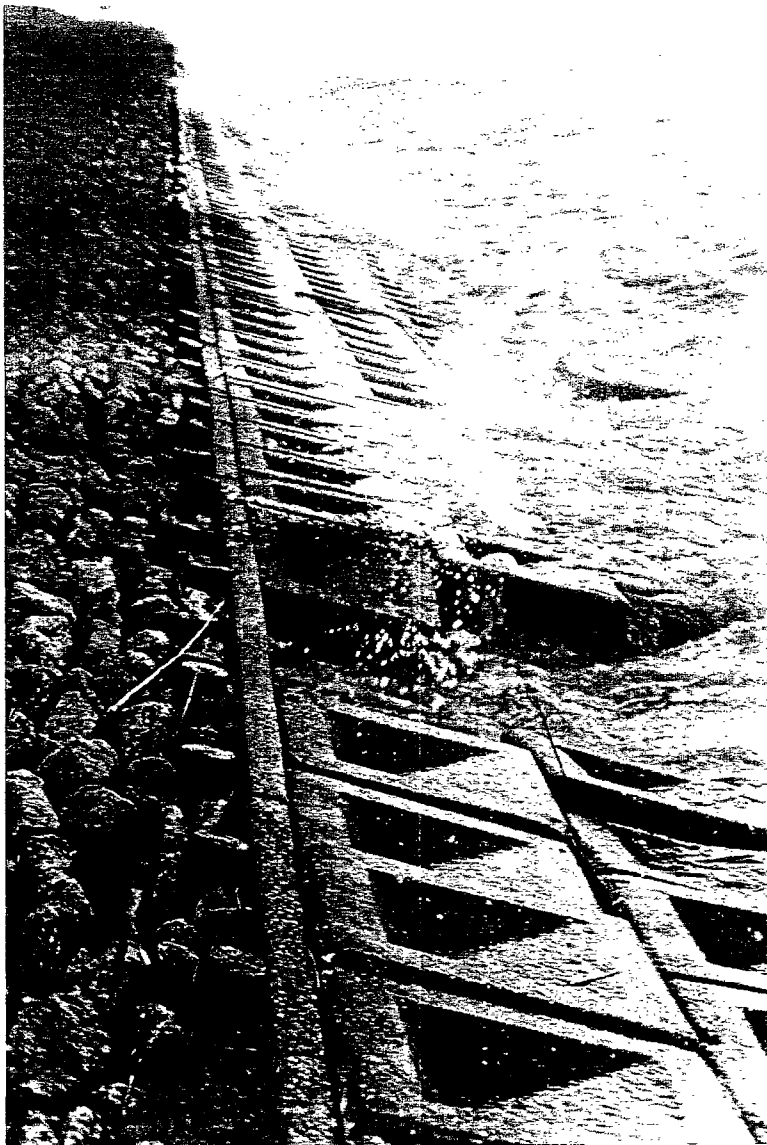
Bij zandasfalt kan men zich af vragen of begroeiing juist negatief of positief is. In een notitie van 1974 wordt vermeldt dat zandasfalt kwetsbaar is, als de grasmat nog niet door het asfalt heen is gegroeid. Bij de Houtribdijk zijn bij de februaristormen van 1991 echter hele stukken zandasfalt weggeslagen. Mogelijk is begroeiing en spleetvorming gevolgd door uitspoeling van de onderlaag hier mede schuldig aan.



Lamsoor tussen haringmanblokken, Krabbenkreek



Basaltblokken overgroeid met muizeoor, Philipsdam



Haringmanblokken, aansluitend met Vilvoordse steen

5. Evaluatie & Discussie

Constructiegebonden factoren

Sprangers & Van Berchum (1997) beschrijven de kansrijkdom voor een mogelijke natuurwaarde van begroeiingen van enkele bekledingstypen op zeedijken. De mate van begroeiing is naast de mate van belasting onder andere afhankelijk van aanwezigheid en patroon van holten en spleten en van de ruwheid en het watervasthoudend vermogen van het materiaal. In de getijdezone is voor basalt, Vilvoordse steen, ecozuilen en armorflex betonblokken de waardering voor de genoemde eigenschappen goed, voor open steenasfalt goed tot matig, voor breuksteen matig, en voor asfaltbeton en zandasfalt slecht. Van Berchum et al. (1995) beschrijven ook de gunstige beïnvloeding van de vegetatie in de getijdezone bij aanwezigheid van holten en spleten. Volgens De Loeff & Van Herpen (1995), moet voor het aantal aanhechtingspunten (ruwheid) van het materiaal voor algen en wieren oppervlakbehandelingen met bitumen of emulsie dan ook worden vermeden. Eigen waarnemingen spreken dit tegen. Op zowel met gietasfalt gepenetreerde breuksteen als op open steenasfalt werden goed ontwikkelde begroeiingen van wieren aangetroffen (buitenkant vluchthaven Neeltje Jans). Boven gemiddeld hoogwater en in het rivierengebied is de situatie anders. Toch concludeert Ivens (1994) dat voor de vestiging van soorten ruw afwerken van beton een positieve invloed heeft op de begroeiing. De Kogel (1983) vermeldt dat de mate van begroeiing van een bekleding niet alleen afhangt van de ruimte tussen de stenen, maar ook van de mate waarin deze ruimten gevuld zijn met grond. Dit komt overeen met de bevindingen van Sprangers & Van Berchum (1997). De ouderdom van de glooiing speelt bij vegetatieontwikkeling ook een belangrijke rol. Voor open steenasfalt is na acht jaar een spontane begroeiing waargenomen met een bedekking van 40-100%. Veldwaarnemingen van dit jaar (1997) laten in sommige gevallen een zelfde beeld zien: Hoornsedijk, 1 jaar oud, 10% bedekking; recreatieoever de "Riethorst", 4 jaar oud, 40% bedekking; Gelderse Gracht, 12 jaar oud, 100% bedekking. Ook op de met gietasfalt gepenetreerde Grevelingendam is 32 jaar na aanleg begroeiing aangetroffen. De Gelderse IJssel bij Baak daarentegen laat na dertig jaar slechts een schrale vegetatie zijn, met nog geen 10% bedekking.

Effecten onderlaag of afstrooilaag

Bij de Krabbenkreek in Zeeland zijn hoog op het talud de zoutminnende soorten *Lamsoor* en *Zeekraal* tussen de spleten van haringmanblokken waargenomen. Deze soorten komen normaal gesproken alleen op plaatsen voor waar vrijwel constant zout water aanwezig is. Waarschijnlijk is het onderliggende filter dichtgeslibd, waardoor het zoute zeewater stagneert, en een ideaal milieu voor de zoutminnende soorten is gecreëerd. Gebruik van doorgroeibare filters zouden dit proces kunnen tegen gaan. Een ander mogelijkheid is dat door de specifieke milieu omstandigheden er geen concurrentie van snelgroeiende soorten is waardoor *Zeekraal* zich kan vestigen. Erg aannemelijk is dit niet gezien de grote hoeveelheden *kweek* elders op het talud.

De binnenkant van de (steile) vooroever van de Leie is afgedekt met een laagje aarde met wortels, volgens Cherretté et al. (1994) is dit nutteloos, omdat het vrijwel meteen door de golfslag weggespoeld wordt. Hoe groter de golf (dynamiek) hoe eerder het laagje aarde verdwenen is (Reitsma, 1990). Ter vergelijking constateert Ivens (1994) na vier jaar daarentegen dat colloïdaal beton afgedekt met een laag aarde een positieve invloed heeft op de ontwikkeling van vegetatie. Eigen waarnemingen bestrijden dit. Na 8 jaar is er nauwelijks verschil te zien in zones met of zonder afstrooilaag. Kennelijk erodeert de afstrooilaag bij hoogwater gemakkelijk weg.

Locatiegebonden factoren

De aard van de begroeiing wordt vooral bepaald door de locatiegebonden factoren als belasting, sedimentatie, substraat, ligging en sterkte van het talud. Sommige daarvan zijn wel, andere zijn niet door de mens te beïnvloeden (Fortuin, 1993). Expositie, stroming en zandtransport zijn niet of nauwelijks te beïnvloeden. De soortensamenstelling van de vegetatie wordt onder andere beïnvloed door de expositie ten opzichte van de zon en de hoogteligging (Kogel, 1983). Fliervoet concludeert eveneens dat de bedekking en samenstelling van de vegetatie op open steenasfalt nauw samenhangt met de plaatselijke dynamiek in het milieu. Na enkele jaren kan open steenasfalt toch geheel of grotendeels spontaan begroeid raken. Kieming en vestiging van soorten blijken op een talud met open steenasfalt mogelijk te zijn. Deze verlopen echter moeizamer in vergelijking met taluds van zand of klei, zodat open steenasfalt pas na enkele jaren redelijk begroeid zullen zijn (Fliervoet, 1991).

Reitsma (1990) concludeert een vegetatie schaarste tot ca. 40 cm boven waterpeil bij betonblokken, en voor open steenasfalt een redelijke oevervegetatie. Veldwaarnemingen laten bij open steenasfalt zien dat in de eerste 40 cm boven het waterpeil totaal geen begroeiing plaats hoeft te vinden (Gelderse IJssel bij Baak), maar dat er ook volledige begroeiing mogelijk is tot aan de waterlijn (Gelderse Gracht). Ook Willemse (1991) constateert voor open steenasfalt en betonblokken een ijle vegetatie ontwikkeling op de lager gelegen delen, die geleidelijk over gaat in een dichtere vegetatie op de hoger gelegen delen. Bij open steenasfalt domineert dan een vegetatie die kenmerkend is voor verrijkte zones, terwijl op de hoger gelegen delen van de betonblokken *Strandkweek* veel voorkomt. Eigen waarnemingen bevestigen dit: met uitzondering van één locatie (Tholen) waar nauwelijks begroeiing boven aan het talud, en meer begroeiing onder op het talud voorkomt op plekken met voornamelijk veek.

Vooroevers hebben een positief effect op de begroeiing van de plasberm en dijkvoet en als zodanig een positieve invloed op de begroeiing van asfaltbekledingen. Zowel Elskens et al. (1992), Cherretté et al. (1994), en Ivens (1996) beamen dit. Adriaanse (1989), ondersteunt dit niet alleen voor de vegetatie, maar ook voor het herbergen van vogels.

Duurzaamheid materiaal

Reitsma (1991) constateert dat de doorboring van rietwortels door geotextiel vaker van onder via de wortelstokken plaatsvindt, dan andersom. Deze ondergrondse doorboring via wortelstokken is ook dit jaar (1997) waargenomen bij de Grevelingendam, waar breuksteen gepenetreerd was met gietasfalt, en op de 1 jaar oude dam van open steenasfalt bij het Hoornsche Gat.

Wilgen en andere houtige gewassen kunnen met hun wortels steentjes van de open steenasfalt bekleding loswrikken, wat niet betekent dat de bekleding meteen aan sterkte verliest (De Looff & Van Herpen, 1995), maar wat op den duur wel tot scheuren van de bekleding kan leiden (veldwaarnemingen). Het effect van een afstrooilaag op de duurzaamheid van de open steenasfalt-bekleding moet nog verder worden onderzocht. Enerzijds biedt het bescherming tegen thermische verwerking en oxidatie, anderzijds kan door vochtophoping striping op treden.

Vergelijking met andere bekledingen

Voor de getijdzone geldt dat op 1 jaar oude ecozuilen in zowel de Oosters als Westerschelde een grotere verscheidenheid aan flora en fauna is waargenomen dan op basalt van 8 jaar oud. Eveneens is een hogere bedekking van *Blaaswier* waargenomen (Reitsma, 1994). Het oppervlak van ecozuilen is ruw, en biedt volgens Reitsma (1994) meer kansen voor kolonisatie voor planten dan de traditionele basaltzuilen, doordat planten zich makkelijker aan het oppervlak kunnen vestigen. Dit komt overeen met wat De Looff & Van Herpen (1995) zeggen over de aangroei van algen en wieren. Het poreuze oppervlak van ecozuilen, zullen net als bij Vilvoordse steen de aanhechtingsmogelijkheden van diverse soorten bevorderen (Ruiter, 1996). Door hun onregelmatige vorm hebben natuursteenglooingen (zoals Vilvoordse steen) vrij veel openingen en holle ruimten, waardoor er goede ontwikkelingsmogelijkheden voor flora en fauna zijn tussen de afzonderlijke stenen. Basalt (het meest glad) is het minst begroeid. Alle andere materialen geven geen onderscheid in mate van begroeiing. Ruwheid speelt wel een rol, maar niet zo sterk als hier wordt gesuggereerd. Bij ecozuilen en basalt bij Ossensisse viel echter op dat niet zo zeer de ruwheid van het materiaal, maar juist ook positie (hoogte ligging) bepalend is voor de mate van begroeiing (eigen waarnemingen). Reitsma & Van Berchum (1995) beschrijven voor ecozuilen juist een hogere pioniervegetatie dan op grijze basalt. Van Berchum (1996) concludeert dat de soortenrijkdom in de getijdzone op bekledingen toeneemt met de jaren, met de grootste aantallen op Vilvoordse kalksteen en op basalt met basaltsplitlaag. Gekeken is bij 10 soorten bekleding, waaronder geen asfaltbekledingen. De verschillen zijn echter vrij gering, 26-32 soorten, met een gemiddelde van 28,5 soorten.

In de Hollandse IJssel in het rivierengebied hebben zich op 1 jaar oude ecozuilen soorten gevestigd die typerend zijn voor zoetwatergetijderivieren, zoals *Grote watereppe*, *Rietgras* en *Moeraskruiskruid* (Reitsma, 1994). Deze soorten zijn, voor zover bekend niet op basalt of asfalt bekleding waargenomen. Reitsma (1990) concludeert dat er een significante correlatie optreedt tussen het aantal groeiseizoenen en de bedekking, maar dat er ook verschil ontstaat door verschil in bekledingstypen. Voor jongere locaties (< 3 jaar oud) geldt voor betonblokken een bedekking van 35%, terwijl natuurlijke

oeveren zonder harde bekleding dan al voor 90-100% bedekkend zijn. Voor oudere betonblokken bekledingen varieert de bedekking van 55-84%, terwijl de vegetatiebedekking voor de natuurlijke oeveren op 100% blijft (Reitsma, 1990). De soorten samenstelling van vegetatie tussen betonblokken en natuurlijke oever is eveneens verschillend. Bij betonblokken komen ook ruigte soorten voor, terwijl bij natuurlijke oeveren hoofdzakelijk typische oeversoorten voorkomen (Reitsma, 1990).

Reitsma ?

In tegenstelling tot asfaltprodukten en basalt gelden voor ecozuilen die licht van kleur zijn minder extreme temperatuur- en vochtigheidsverschillen. Deze minder extreme omstandigheden zullen bijdragen aan de snellere kieming en vestiging van soorten (Reitsma, 1994). Kort na de aanleg kan dan ook begroeiing waargenomen worden. Ten aanzien van het verschil tussen ecozuilen en basalt in het rivierengebied en in de zone boven gemiddeld hoogwater op de zeedijken wijzen onze waarnemingen in een andere richting. Alleen bij afstrooiing van grond of bij invangen van sediment is begroeiing mogelijk, afhankelijk van het gebruikte materiaal. Oppervlakkig gepenetreerde breuksteen, basalt, (eco)zuilen, open steenasfalt en basalt vertonen daarbij weinig verschil. Bij betonblokken glooiingen is de ruimte tussen de stenen geringer omdat deze blokken zeer regelmatig van vorm zijn en daardoor goed aaneensluiten. Bij asfaltbetonglooiingen en met asfalt of beton gepenetreerde natuursteenglooiingen (vol en zat) komen helemaal geen spleten voor (Kogel, 1983). De begroeibaarheid is van deze bekledingen dan ook minimaal. Alleen open steenasfalt kan ook zonder sediment begroeid raken omdat het door-groeibaar materiaal is (Dodewaard, Bokhoven, Riethorst). Alhoewel "harde" bekledingen in een aantal gevallen goed begroeid kunnen raken, scoort een grasbekleding op klei volgens Johanson (1993) beduidend beter dan alle andere alternatieven. Dit zou kunnen gelden voor een belasting met een maximale golfhoogte van 2,0 meter (vergelijk conceptrapport DWW, 1996).

6. Conclusies & Aanbevelingen

Conclusies

1. Voor begroeiing van wieren en algen zijn ruwheid en watervasthoudend vermogen van het materiaal van belang voor de aanhechting. Voor de fauna is in de getijdezone de aanwezigheid van holten en spleten van belang voor het verkrijgen van specifieke habitat eigenschappen.
Voor begroeiing van hogere planten is de verdeling van open ruimte van de constructie, aanwezigheid van holten en spleten, en contact met de ondergrond bepalend voor sedimentatie en doorgroeimogelijkheden van soorten en voor het voorkomen van waterstagnatie. Hoewel kort na het aanbrengen van open steenasfalt doorgroei mogelijk is, geldt in het algemeen dat de begroeiing toeneemt in de loop der jaren.
2. In de getijdezone kunnen met gietasfalt gepenetreerde breuksteen en open steenasfalt begroeid raken (asfaltbeton en zandasfalt komen niet in deze zone voor). In de zone daarboven biedt open steenasfalt de meeste kansen.
3. Een filter van geotextiel (het meest toegepast) verhindert op den duur de waterdoorlaatbaarheid. Dit heeft bijvoorbeeld stagnerend water tot gevolg bij open steenasfalt.
Afstrooien bevordert de begroeiing. Afstrooiing moet echter alleen worden toegepast op plekken met een lage belasting.
4. De belasting en de mate en aard van sedimentatie (bv grond en veek) zijn bepalend voor de begroeiing van asfaltbekledingen. Verder zijn expositie en aanwezigheid van voorland van belang.
5. De vestiging van grassen en kruiden, en daarbij het invangen van sediment kan de duurzaamheid van open steenasfalt zowel positief als negatief beïnvloeden. Een afstrooilaag kan hetzelfde effect bewerkstelligen. Wilgen kunnen op den duur scheuren in de bekleding veroorzaken. Bij waterdichte en/of zanddichtebekledingen (met gietasfalt gepenetreerde breuksteen, asfaltbeton en zandasfalt) kunnen wortels van grassen en kruiden de bekleding aantasten, waardoor openingen kunnen ontstaan.
6. Voor de begroeiing van algen en wieren in de getijdezone geldt dat als de locatiegebonden factoren gunstig zijn, er op den duur aangroei van deze soorten plaats vindt, ongeacht het bekledingstype. Ruwheid van de bekleding en daarmee het onderscheid tussen ecozuilen en basalton lijkt daarbij een ondergeschikte rol te spelen.
Met uitzondering van bekledingstypen waar nauwelijks begroeiing mogelijk is (asfaltbeton, zandasfalt en met gietasfalt gepenetreerde breuksteen methode "vol en zat") is voor de invang en vestiging van hogere planten het verschil tussen de materialen klein. Alleen open steenasfalt kan in speciale gevallen zonder sediment begroeid raken.

Aanbevelingen

Maatregelen om begroeiing van asfaltbekledingen te stimuleren

- Uit het onderhavige onderzoek blijkt dat met uitzondering van de getijdzone vooral open steenasfalt mogelijkheden voor begroeiing biedt.
- Indien geen afstrooilaag wordt toegepast kan de begroeiing van open steenasfalt mogelijk worden verbeterd door gebruik te maken van andere filterconstructies, zoals een ongebonden mineraal filter of een organisch filter. Dit zou het stagneren van water tegengaan, en het contact met de ondergrond en daarmee de doorgroeibaarheid verbeteren. Wordt wel een afstrooilaag toegepast, dan onderscheidt open steenasfalt zich minder van andere materialen die ook sediment kunnen vasthouden. In dit opzicht voldoet niet "vol en zat" gepenetreerde breuksteen. Van belang is een afstrooilaag toe te passen waar dat kan: dus niet bij rivierdijken vanwege de hoge belasting, maar wel bij "belastingssluwe" oevers en zeedijken wanneer voldoende voorland aanwezig is. Mogelijk kan op die plekken een bekleding van gras op klei beter voldoen. Uit onderzoek is gebleken dat een grasbekleding over uitstekende erosiebestendige eigenschappen beschikt (Sprangers, 1996).
- Een andere natuurvriendelijke toepassing van asfaltbekleding vormt asfaltbeton als blinde glooiing met zandsuppletie (Brouwersdam).

Nieuwe toepassingen

- Zandasfalt met een laag bitumengehalte, vermengd met graszaad zou kunnen dienen als tijdelijke afdeklaag in de beginfase van een gras-op-klei-bekleding.
- Open steenasfalt en zandasfalt kan worden gebruikt als overgangszone van blokken/zuilbekleding naar grasbekledingen, of als bekleding van de binnenberm in plaats van doorgroeistenen.
- Open steenasfalt kan worden aangelegd als veekruimzone bij groene dijken. Deze zone kan toch begroeid raken en wordt niet aangetast bij verwijdering van het veek.
- Asfaltbeton kan worden gebruikt als veekruimweg bij groene dijken (Sprangers & Muijs, 1997).
- Toepassing van vooroevers is gunstig voor de begroeiing van oevers.

Verder onderzoek

1. Gezien de resultaten van deze studie lijkt het zinvol de begroeiingsmogelijkheden van open steenasfalt verder te onderzoeken, zowel in de getijdzone als in de zone daarboven, als in het rivieren gebied. Dit kan op de volgende manieren:
 - a. Uitgebreide inventarisatie van open steenasfalt locaties, zowel in de getijdzone als daarboven, als in het rivieren gebied.
 - b. Experimenten op verschillende locaties, waarbij het effect van verschillende typen filter en afstrooilag wordt onderzocht op begroeiing en duurzaamheid.
2. Experimenten waarbij op verschillende locaties het effect van diverse materialen op begroeibaarheid wordt onderzocht in zowel de getijdzone als hoger op het talud, als in het rivierengebied (open steenasfalt, zand-asfalt, ecozuilen, basalt, breuksteen half vol met gietasfalt gepenetreerd).
3. Sterkte van de bekleding testen naar mate van de begroeiing.

Literatuur

- Adriaanse, L.A., (1989). Effecten van toegepaste oeverbeschermingen op vegetatie en vogels. Otar 3 1989. p 108-113.
- Anonymus (1963). Onderzoek naar de aangroei van organismen op dijken met een bitumineuze bekleding. Deltawerken 1963-23. p 120-124.
- Anonymus (1991). Werkgroep "gesloten dijkbekledingen". Voorlopig rapport 1961. 57-60 p.
- Anonymus (1996.c). Voortgangsrapportage 1995-1996. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft.
- Arnoldussen, R. 1995. Dintelhaven, Problematiek Fixtoneglooiing. Port of Rotterdam. 33 p .
- Berchum, A.M. van, 1996. Dijk tuin. Tussentijdse evaluatie begroeiing 1995. Bureau Waardenburg bv, Rijkswaterstaat (RWS), Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ), rapport nr 96.10. 33 p.
- Berchum, A.M., Coosen, J., Meijer, A.J.M. (1995). Natuurvriendelijke waterkeringen langs de Oosterschelde. Rapport RIKZ-95.006. 38 p. + bijlagen.
- Bezuijen, A., Burger, A.M., Klein Breteler, M. (1990). Taludbekleding van gezette steen, Samenvatting van onderzoeksresultaten 1980-1988. Waterloopkundig Laboratorium, Laboratorium voor Grondmechanica, Delft. 285 p.
- Bonte, S, 1994. Basalton een gerespecteerd bouw materiaal Otar 79 (7-8) 1994. p 245-248.
- Cherretté, M. Elskens, F. Goetinck, R. Spruytte, P. Vandenabeele, P. Verslype, H. (1994). Environmentally Attractive Embankments for the Lys and Upper Scheldt. PIANC (28th International Navigation Congress, Sevilla, 1994). 15 p.
- Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR), (1989). Toepassing van alternatieve materialen in de waterbouw. Literatuurstudie. CUR-rapport 89-01, Werkgroep B37, Gouda.
- Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR), (1990). Milieuvriendelijke oevers. Voorlopige leidraad voor een intergrale benadering van ontwerp, aanleg en beheer van oevers. CUR-rapport 90-4, Gouda. 425 p.
- Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR), (1992). Plaatbekleding van open colloïdaal beton. Proefproject Waalbandijk Ochten. CUR-rapport 92-3, Gouda.
- Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR), (1994). Natuurvriendelijke oevers. CUR-rapport 168, Gouda. 204 p + bijlage Oeverbeschermingsmaterialen CUR-rapport 168a. 89 p.
- Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR), (1996). Geokunststoffen en rivierdijkverbetering. Juli 1996. CUR-rapport 186. Stichting CUR, Gouda. Nederlandse Geotextielorganisatie (NGO), Nieuwegein. Directoraat-generaal Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde (RWS/DWW), Delft. 111 p.
- Coppens, M.H.M. (1996). Uitlooggedrag van (waterbouw-) asfalt. Een literatuuronderzoek. RWS/DWW, NPC-93255/93255B. 29 pag. + 4 bijlagen.
- Dorr, J.C. (1995). Asfalt gezien vanaf het water. Uit: Otar 1995-06. p 207-213

- Dienst Weg- en Waterbouw (DWW) (1996). Afwegingsmethodiek renovatie-alternatieven blokkenbekledingen Zeeland. RWS/DWW. Concept rapport. 24p. + 7 bijlagen
- Elkens, F., Goetinck, R., Spruytte, P., Vandenabeele, P. (1992). Milieuvriendelijke oevers op de Leie. Uit: Infrastructuur in het leefmilieu 1992-6. p 375-392.
- Fliervoet, L. (1991) Begroeiing van open steenasfalt (fixtone), als oever- en dijkbekleding. Landbouwuniversiteit Wageningen, adviesgroep Vegetatiebeheer. 13p.
- Fortuin, A. (1993) Hoe natuurvriendelijk zijn uw harde dijkglouingen. Uit: Samenvatting van lezingen Kust- en Oeverdag 1993, Werkdocument RIKZ/AB-94.601, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rijkswaterstaat, Haren. Pag 67-71.
- Ivens, E. (1992). Referentiebeelden natuurvriendelijke oeververdedegingen. DWW, W-DWW-92-707, Delft. 129 p.
- Ivens, E. (1994). Vegetatie ontwikkeling op een plaatbekleding van open colloïdaal beton. RWS/DWW, W-DWW-94-724, Delft.
- Ivens, E. (1996). Welke begroeiing is te verwachten bij natuurvriendelijke oeververdedigingen? Rapport W-DWW-96-080. 88p.
- Johanson, J.C.P, (1993). Groene alternatieven voor een bekleding van een rivierdijk. DWW, Hoofdafdeling Waterbouw, Afdeling advies, Delft. W-DWW-93-265, 10 pag.
- Kemps, J.J.L.M. (19..). Bituminous revetments emphasizing environmental aspects. Hesselberg hydro. 20 p.
- Klatter, H.E, Meesen, P.J. (1993). Reconstructie oostoever julianakanaal. Toepassing van colloïdaal beton op het traject Born-Maasbracht. Cement 1993 nr 11. p 62-66.
- Kogel, T.J. (1983). Natuurtechnische aspecten bij de aanleg van glooiingen op zeekerende dijken. Rijkswaterstaat Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting. Nota DDMT-83.10. 18 p. + 3 bijlagen.
- Looff, A. de & Herpen, J. A. van (1995). Toepassing van asfalt bij binnenwateren. CUR-rapport 179, Stichting CUR, Gouda.
- Lubbers, H.E. (1991). Van ruwe olie tot bitumen. VBW Asfalt 1991. P12-15.
- Meer, M.T. van der & Moens, M.R. (1990). Schadecatalogus voor dijk-bekledingen. RWS/DWW, Delft. 79 p.
- Meijden, R. van der (1990). Heukels' Flora van Nederland. 21 ste druk. Wolters-Noordhof b.v. Groningen.
- Meijer, A.J.M. (1990). Oevertypen en hardsubstraat-levensgemeenschappen in de getijdezone van de Westerschelde, kartering 1990. Bureau Waardenburg rapportnr. 90.25
- Reitsma, J.M. (1990). Begroeiing van betonblokkenmatten. Bureau waardenburg bv. 47 p. + bijlagen.
- Reitsma, J.M. Berchum, A.M. van, (1994). Begroeiing op basalt eco zuilen. Een oriënterend onderzoek op enkele locaties langs zoete en zoute getijdewateren. Bureau Waardenburg bv rapport nr. 94.47. 8 p.
- Reitsma, J.M. (1991). Doorgroeibaarheid van geotextielen, pilotstudie, bureau waardenburg bv, in opdracht van CUR, Gouda. 37 p + 3 bijlagen.
- Ruiter, J. de (1996). Dijken groener met ECO zuil. Otari 81 (10) 1996. p. 368-372.
- Sprangers, J.T.C.M. & Berchum, A.M. van (1997). Potentiële natuurwaarden op zeedijken bij verschillende renovatie-alternatieven. Werkdocument RIKZ/AB-96.871X. 23 p.

- Sprangers, J.T.C.M. & Muijs, J.A. (1997). Groene zeedijken in Noord-Duitsland en Denemarken. Verslag van een studiereis 3-7 juni 1991. W.DWW-97-003. Delft. 39 p.
- Sprangers, J.T.C.M. (1996) Extensief graslandbeheer op zeedijken, effecten op vegetatie, wortelgroei en erosiebestendigheid. Rijkswaterstaat/DWW, Landbouwniversiteit Wageningen, 233 p.
- Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), (1984). Leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw. 's-Gravenhage 1984. 313 p.
- Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), (1985). Open steenasfalt. Kennis van de eigenschappen verzameld uit onderzoek uitgevoerd in de periode tot 1984. S-85.029. 34. p + bijlagen.
- Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), (1987). Leidraad keuzemethodiek dijk- en oever bekledingen, deel I+II. TAW, Vereniging Nederlandse Cementindustrie (VNC), Vereniging tot Bevordering van Werken in Asfalt (VBW). 168 + 180 p.
- Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), (1995). TAW-A4 "Asfalttoepassingen" Verslag inspectie bezoek open steenasfaltbekledingen na hoogwater van februari 1995. 8 p.
- Thijssen, W. (1976). Oeverplanten- planten, dieren en mensen. Een poging tot vergelijking van een niet alledaagse gemeenschap tussen cultuur en natuur. Polytechnisch tijdschrift, 1976-7. p 446-452.
- Willemse, L.A. (1991) Onderzoek dijkvegetatie. Waterschap Tholen, Sint Maartensdijk. 7 p + bijlagen.
- Zee, F.F. van der (1992). Botanische samenstelling, oecologie en erosiebestendigheid van rivierdijkvegetaties. Landbouwniversiteit Wageningen, in opdracht van DWW/RWS, 271 p.

Bijlagen

1. Open steenasfalt locaties genoemd in de literatuur of bezocht.
2. Veldwaarnemingen 1997.

Bijlage 1:

Locaties met open steenasfaltbekleding genoemd in de literatuur of bezocht.

- Vluchthaven Neeltje Jans *
- Krabben kreek *
- Tholen*, meerdere locaties
- Philipsdam *
- Philipsland *
- Zandkreekdam
- Yerseke
- Deltawerken Oosterschelde
- Brielle
- Thoon Polder
- Maasdijk bij Bokhoven
- Waaldijk bij Dodewaard **
- Rivierdijk bij Steenenhoek
- Houtribdam na stormschade aan zandasfalt 1995*
- Geldersegracht nabij "spuisluis" **
- Gelderse IJssel bij Baak **
- Stredam in de Waal bij Neerijnen
- Wolpherensedijk bij Gorichem
- Schutsluis Den helder
- Havendam Lemmer
- Maasvlakte, 8^e petroleumhaven
- Nieuwe Maas, Vlaardingen
- Europoort, Calandkanaal en Dintelhaven
- Hartelkanaal, Rotterdam
- Moerhaven
- Amsterdam - Rijnkanaal, bodem
- Oostvaardersplassen
- Recreatieplasoever "Riethorst" bij Mook*
- Recreatieplasoever "Rhederlaag" bij Zuthpen

* = vegetatie opnamen 1997.

** = vegetatie opnamen 1991 (Fliervoet) en 1997.

Bijlage 2:

Veldwaarnemingen

- Vluchthaven Neeltje Jans
- Brouwersdam
- Philipsdam
- Ouwerkerk
- Grevelingendam
- Krabben kreek
- Tholen
- Houtribdam
- Hoornsegat
- Dodewaard
- "Riethorst" bij Mook
- Baak
- Geldersegracht
- Ochten (colloïdaal beton)

- *Binnenkant vluchthaven Neeltje Jans 11-7-1997*

Aangelegd: 1978-1979
 Bekleding: open steenasfalt

Open steenasfalt op enkele plekken met zand overstoven.
 Op zandhopen begroeiing met *Helm (Ammophila arenaria)*.
 Verder geen begroeiing.

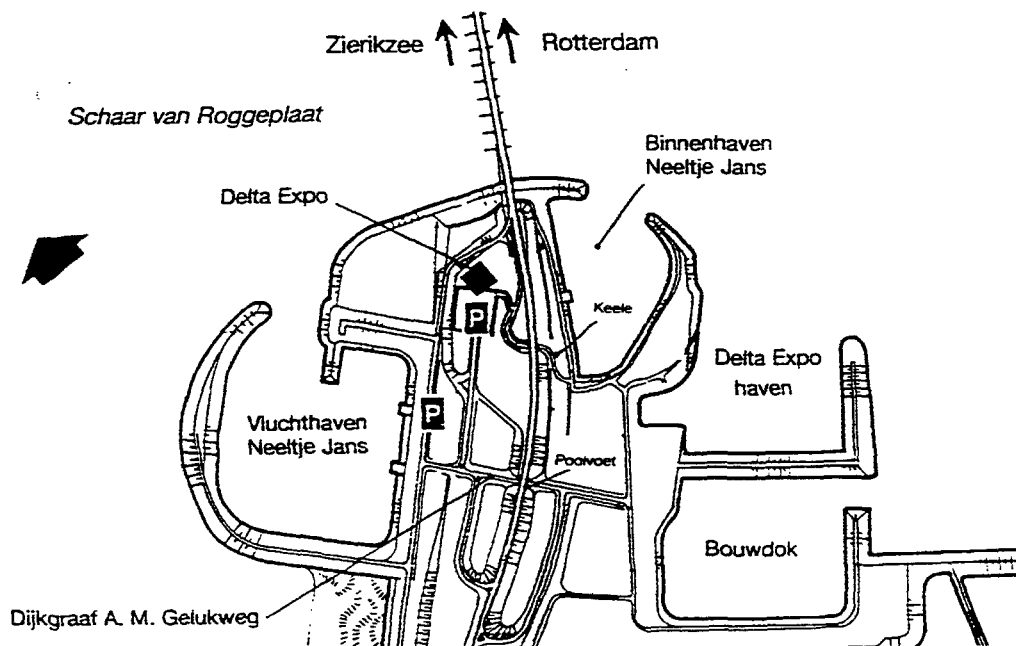
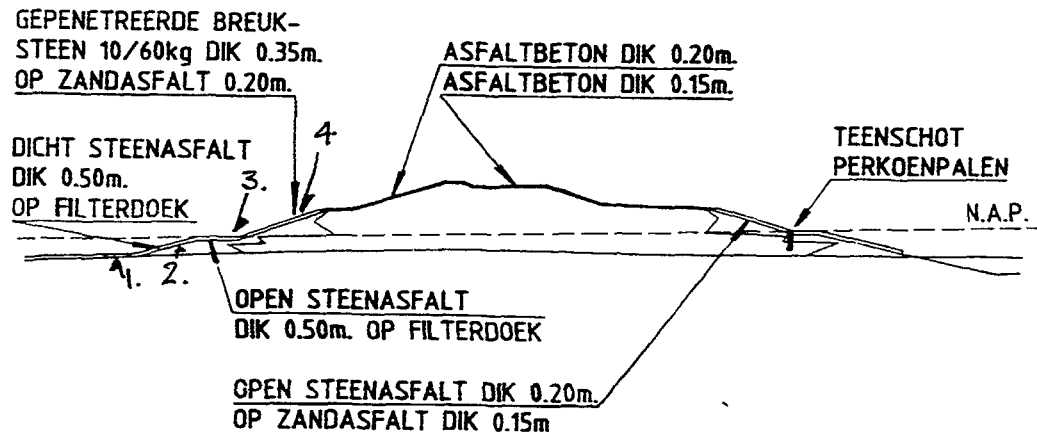
Opm: Slechte plek: bij aanbreng van koud materiaal treedt minder hechting op, waardoor de kiezels weg kunnen spoelen

- *Buitenkant Vluchthaven Neeltje jans 11-7-1997*

Aangelegd: 1978-1979
 Bekleding: asfaltbeton, gepenetreerde breuksteen, steenasfalt

Alle materialen onder gem hoogwaterlijn goed begroeid.

- Begroeiing:
1. *Blaaswier*
 2. *Blaaswier* op ruwe delen.
Groenwier op gladde delen.
 3. mosselen en pokken, open steenasfalt niet meer zichtbaar.
 4. Koppen begroeid met *darmwier*, veel pokken.



• *Brouwersdam* 11-7-1997

Aangelegd:

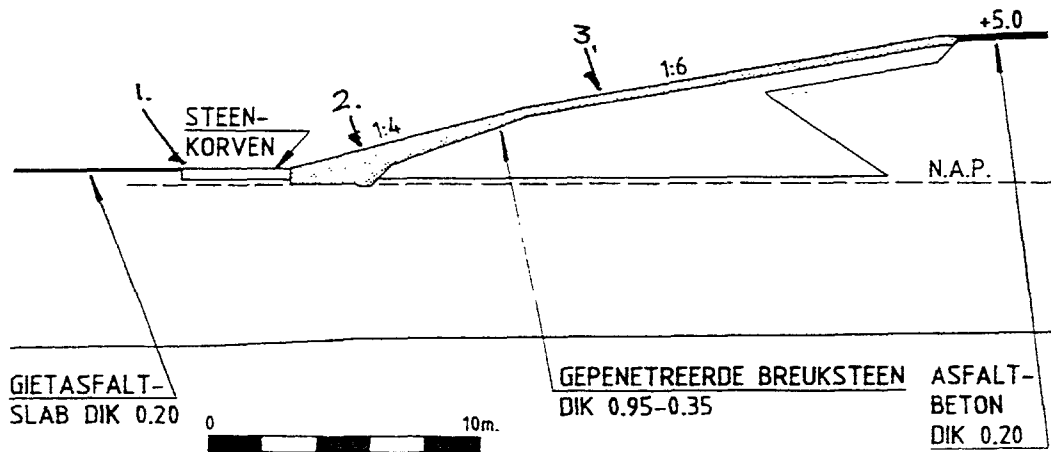
Bekleding: steenkorven, gepenetreerde breuksteen, asfaltbeton

Bovenaan (kunstmatig) zand op asfaltbeton

Glooiing van gietasfalt, vervolgens korven met grindbetonasfalt, gepenetreerde breuksteen en vervolgens asfaltbeton.

Binnen dijk: opgebracht met rivierzand
droge schrale vegetatie.

Begroeiing: 1. Groenwieren
2. geen
3. zand suppletie



• Philipsdam 11-7-1997

Aangelegd: 1978-1980
Bekleding: basalt, haringmanblokken, breuksteen, open steenasfalt

Westkant, Wadkant sluis. (ten noorden van sluis)
Bekleding: breuksteen, haringmanblokken, basalt, gras-op-klei

Bovenaan grasland met goed hooibeheer, vervolgens basalt + Haringman blokken die niet tot nauwelijks begroeid zijn.

De naden zijn dicht gesmeerd met gietasfalt

De onderkant van het talud bestaat uit breuksteen, zonder begroeiing.

Begroeiing: op blokken bekleding komt nagenoeg geen begroeiing voor.

Oostkant:

Locatie 1:

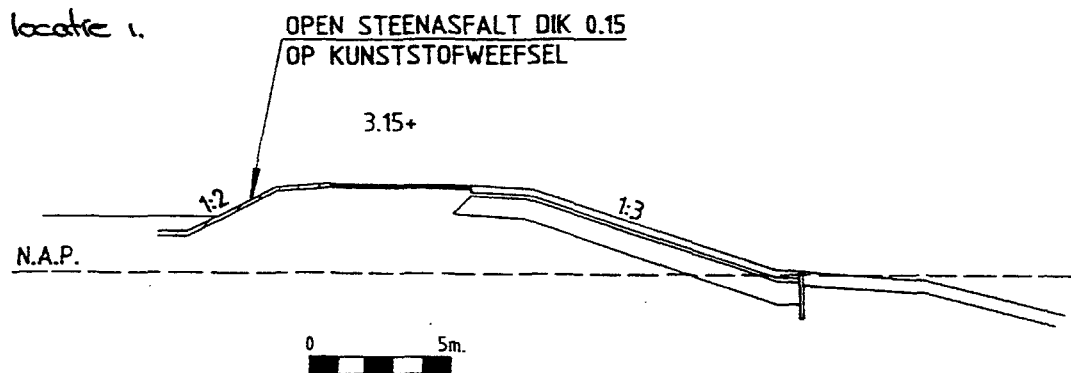
Bekleding: open steenasfalt

Begroeiing: Geel walstro (*Galium verum*), Glanshaver (*Arrhenatherum eliatius*), Zandmuur (*Arenaria serpyllifolia*).

Locatie 2:

Bekleding: basalt blokken

Begroeiing: Muizeoor (*Hieracleum pilosella*), Vierzadige wikke (*Vicia tetrasperma*), Engels raaigras (*Lolium perenne*), Rood zwenkgras (*Festuca rubra*).



- *Ouwerkerk* 11-7-1997

Aangelegd: 1953 Eerste toepassing van asfaltbeton
Bekleding: asfaltbeton

1953 → ruw asfalt + asfaltbeton

1979 → ondertalud vervangen door breuksteen met gietasfalt.

± 92 → bovenkant afgegoten met bitumenemulsie. (= asfalt in watergeemulgeerd voor koude verwerking)

Op het gehele talud, zowel in de getijde zone als daarboven komt geen begroeiing voor.

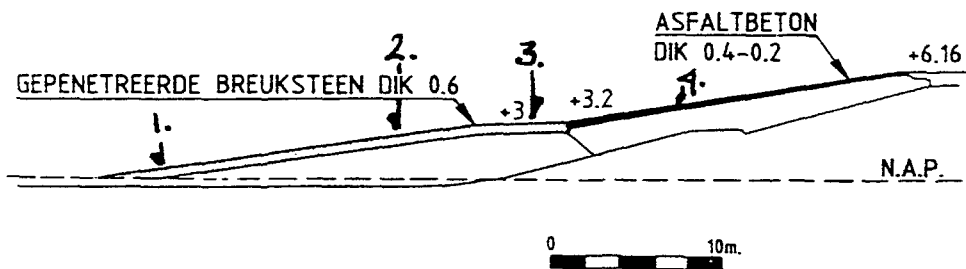
• Grevelingendam 11-7-1997

Aangelegd: 1965
Bekleding: met gietasfalt gepenetreerde breuksteen, asfaltbeton

Onderkant glooiing gepenetreerde breuksteen, bovenkant asfaltbeton.
Grove blokken met ruigte begroeiing, *Bitterzoet*

Riet groeit door gietasfalt heen!
Fijner breuksteen met gietasfalt doorgroeid

- Begroeiing:
1. *Zandzegge (Carex Arenaria)*
 2. *Bitterzoet (Solanum dulcamara)*, gewone Braam (*Rubus fruticosus*)
 3. *Knikkende distel (Carduus nutans)*, Strand kweek (*Elymus anthericus*),
Smalle weegbree (Plantago lanceolata)
 4. *Kruidistel (Carduus nutans)*, *Sikkelklaver (Medicago. Falcata)*, *Geel walstro (Galium verum)*, *Teunisbloem (Oenothera parviflora)*



• *Krabben kreek* 11-7-1997

Aangelegd:

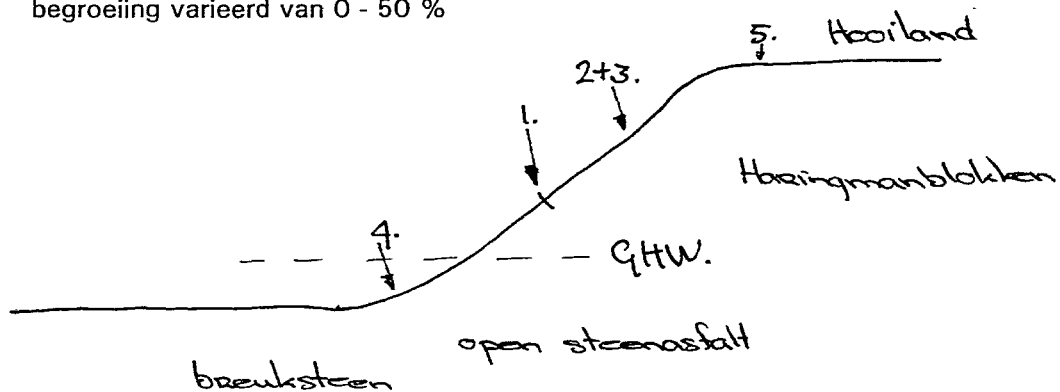
Bekleding: breuksteen, haringmanblokken, open steenasfalt, hooiland

Veel *Kweek (Elymus anthericus)* op veek depositie. 25-50%

- Begroeiing:
1. *Lamsoor (Limonium vulgare)*, *Jacobskruid (Senecio jacobea)*, *Geel walstro (Galium verum)*, *Strandmelde (Atriplex littoralis)*, *Gewone zoumelde (Atriplex portulacoides)*
 2. *Melkdistel (Sonchus spec)* (met klierharen), *Krul zuring (Rumex crispes)*
 3. *Lamsoor (Limonium vulgare)* komt erg hoog voor! zout water staan?
Zeekraal (Salicornia) hoog! Stagneert het water??
 4. *Blaaswier en groen bladwier*
 5. *Kweek (Elymus anthericus)*, *Glanshaver (Arrhenaterum elatius)*

Onder open steenasfalt → geotextiel → stagnatie van water?

begroeiing varieerd van 0 - 50 %



• *Tholen-Stavenisse* 11-7-1997

Aangelegd: 1979
Bekleding: open steenasfalt

begin open steenasfalt nabij kwelder gebied (Slikken van Dortman).

Overal waar veek ligt is begroeiing.

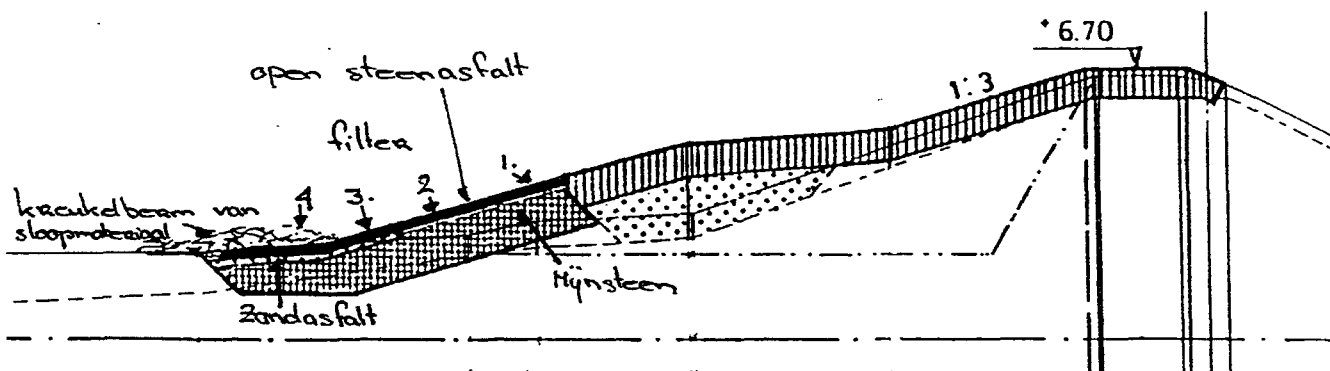
- Begroeiing:
1. *Strandkweek (Elymus anthericus)*, *Veldzuring (Rumex acetosa)*, *Kruizuring (Rumex crispes)*, *Zeealsem (Artemisia maritima)*, *Reukloze kamille (Matricaria maritima)*, *Grote weegbree (Plantago major)*
 2. *Gewone smeewortel (Symphytum officinale)*, *Klein streepzaad (Crep capillaris)*, *Vijf vingerkruid (Potentilla reptans)*, *Zachte ooievaarsbek (Geranium molle)*, *Gewone vlier (Sambucus nigra)*, *Vogelmuur (Stellaria media)*
 3. *Paardebloemen (Taraxacum species)*, *Slipbladige ooiev arssbek (Geranium dissectum)*, *Wilde peen (Daucus carota)*, *Kogel silene (Silene conica)*.
 4. *Kraailook (Allium vineale)*, *Strandkweek (Elymus anthericus)*, *Zeealsum (Anthemisia maritima)*

Soms meer, soms minder begroeiing afhankelijk van mate en hoogte veek afzetting
Waar veek ligt, is plantengroei.

Dit luistert vrij nauw, met uitzondering van *Elymus anthericus*.

Op kleine plekjes met wat organisch materiaal *Sedum acre (Muurpeper)* en *Gallium aparine (Kleefkruid)*

In het algemeen weinig sediment ingewaaid. Maar op sommige plekken is begroeiing van *Elymus anthericus (Strandkweek)*; 85 %



• Houtribdijk 5-9-1997

Aangelegd: 1974, reconstructie in 1991
Bekleding: breuksteen, open steenasfalt, zandasfalt

Voor 1991 bekleding bestaande uit zandasfalt

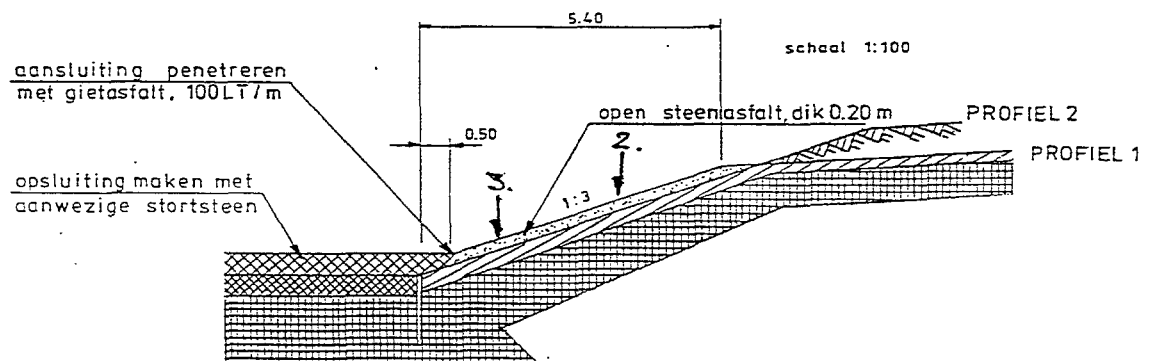
Locatie 1.
Sporadische begroeiing op open steen asfalt.

- Begroeiing: 1. geen
2. Zuring (*Rumex*), Reukloze kamille (*Matricaria maritima*), Muurpeper (*sedum acre*), Bitterzoet (*Solanum dulcamara*).
3. Riet (*Phragmites australis*)

Locatie 2.
Doorgroei van *Riet* door open steenasfalt.
Waar *Riet* doorgroeid is, kan zand blijven liggen, waardoor andere soorten zich kunnen vestigen (*Festuca rubra*, *Lolium perenne*).

- Begroeiing: 1. *Riet* (*Phragmites australis*) Akkerdistel (*Cirsium arvense*), Reukloze kamille (*Matricaria maritima*), Gewone vlier (*Sambucus nigra*).

locatie 1.



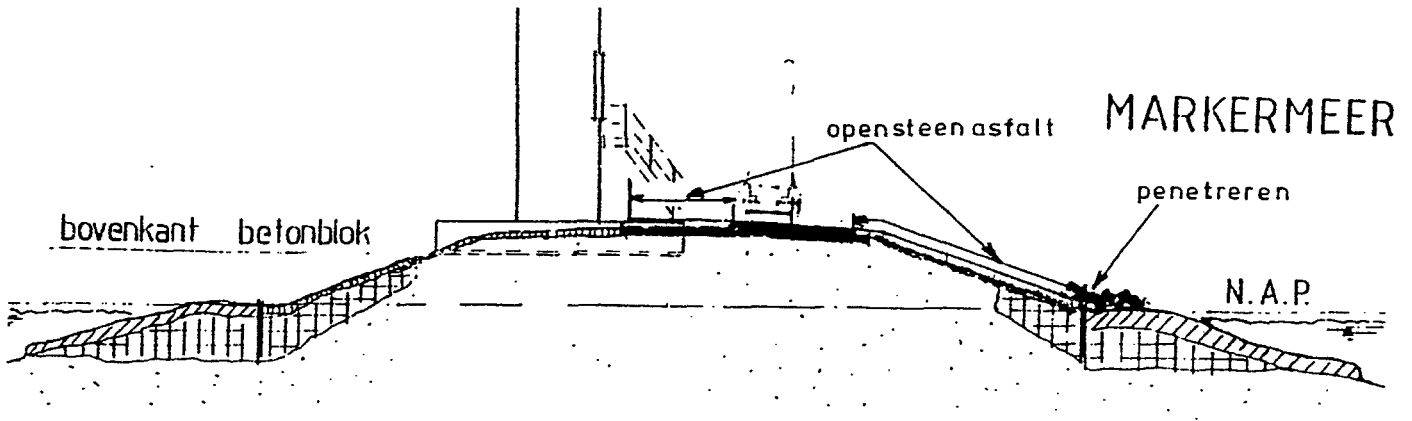
• *Hoornsegat* 5-9-1997

Aangelegd: 1993-1995

Bekleding: open steenasfalt

Recentelijk bekleed (1996) met open steenasfalt.

Na al, na één jaar vindt al doorgroei van *Riet* uit de onderlaag plaats.



• Dodewaard 27-8-1997

Aangelegd: 1987
Bekleding: open steenasfalt

Open steenasfalt volledig begroeid, maar wel zichtbaar.
Er is geen sediment ingevangen bij open steenasfalt.
Basalton is veel meer begroeid dan open steenasfalt.
Invang van sediment bij basalton.

Begroeiing: 1. *Waterpeper (Polygonum hydropiper)*, *Veenwortel (Polygonum amphibium)*, *Vergeet-me-niet (Myosotis spec)*, *Watermunt (Mentha aquatica)*
2. zie opname
3. *Blauw glidkruid (Scutellaria galericulata)*, *Salie (Salvia spec)*, *Wilde bertram (Achillea ptarmica)*, *Vogel wikke (Vicia cracca)*.
4. *Kweek (Elymus repens)*, *Bijvoet (Artemisia vulgaris)*, *Haagwinde (Calystegia sepium)*, *Kruhzuring (Rumex crispus)*, *Muurpeper (Sedum acre)*, *Glad walstro (Galium mollugo)*.

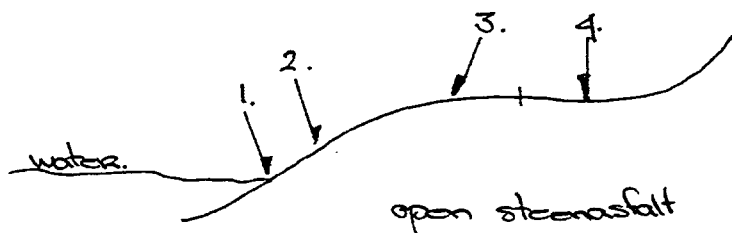
Opname: volgens Braun-Blanquet
Opname grootte: 6x4 meter
Expositie: Zuid
Helling: 1:3
Beheer: geen

Bedekking:
Begroeid open steenasfalt: 90% Onbegroeid open steenasfalt: 10%
Spruitbedekking: 40% Humus, veek: <5%
Grassen: 1% Kruiden: 90%

Grassen:
Elymus repens +

Kruiden:

<i>Mentha pulegium</i>	1	<i>Medicago lupulina</i>	1
<i>Calystegia sepium</i>	1	<i>Rumex crispus</i>	2a
<i>Lysomachia vulgare</i>	1	<i>Galium mollugo</i>	1
<i>Bidens frondosa</i>	4	<i>Artemisia vulgaris</i>	1
<i>Matricaria maritima</i>	2a	<i>Taraxacum species</i>	1
<i>Lycopus europaeus</i>	1	<i>Galium palustre</i>	+
<i>Polygonum amphibium</i>	1	<i>Sonchus arvensis</i>	+
<i>Gechloma hederata</i>	2a	<i>Lactuca serriola</i>	+
<i>Polygonum hydropiper</i>	1	<i>Ranunculus repens</i>	1
<i>Daucus carota</i>	1	<i>Lapsana communis</i>	+
<i>Cichorium intybus</i>	2a	<i>Crataegus monogyna</i>	+
<i>Solanum dulcamara</i>	1	<i>Galium aparine</i>	1
<i>Stachys palustris</i>	2b	<i>Urtica dioica</i>	+



• *Recreatieplas de "Riethorst" bij Mook 27-8-1997*

Aangelegd: 1993
Bekleding: open steenasfalt

Afkalving van land, door het aanleggen van boten tegen gaan, dmv een harde bekleding

Plaatselijk vrijwel volledig begroeid.

Open steenasfalt volgt de oude oever.

Plek zonder open steenasfalt, met grind, ook geen begroeiing onder de watergrens.

Sleile oever 1:1.

Opm: Bidention ontstaan door asfaltbekleding.

- Begroeiing: 1. *Moerasandoorn (Stachus palustris)*, *Veerdelig tandzaad (Bidens tripartita)*, *Watermunt (Mentha aquatica)*, *Wolfspoot (Lycopus europeus)*, *Veenwortel (Polygonum amphibium)*, *Waterpeper (Polygonum hydropiper)*, *Koninginnekruid (Eupatorium cannabinum)*, *Rietgras (Phalaris arundinacea)*, *Gele lis (Iris pseudacorus)*, *Gewone henepnetel (Galeopsis tetrahit)*.
2. *Gekroesde melkdistel (Sonchus asper)*, *Smalle weegbree (Plantago lanceolata)*, *Zegge (Carex spec)*, *Duizendblad (Achillea millefolium)*, *Wilde peen (Daucus carota)*, *Veenwortel (Polygonum amphibium)*, *Margriet (Leucanthemum vulgare)*, *Knoopkruid (Centaurea jacea)*, *Bitterzoet (Solanum dulcamara)*, *Moerasspirea (Filipendula ulmaria)*



• Gelderse IJssel bij Baak 5-9-1997

Aangelegd: 1968

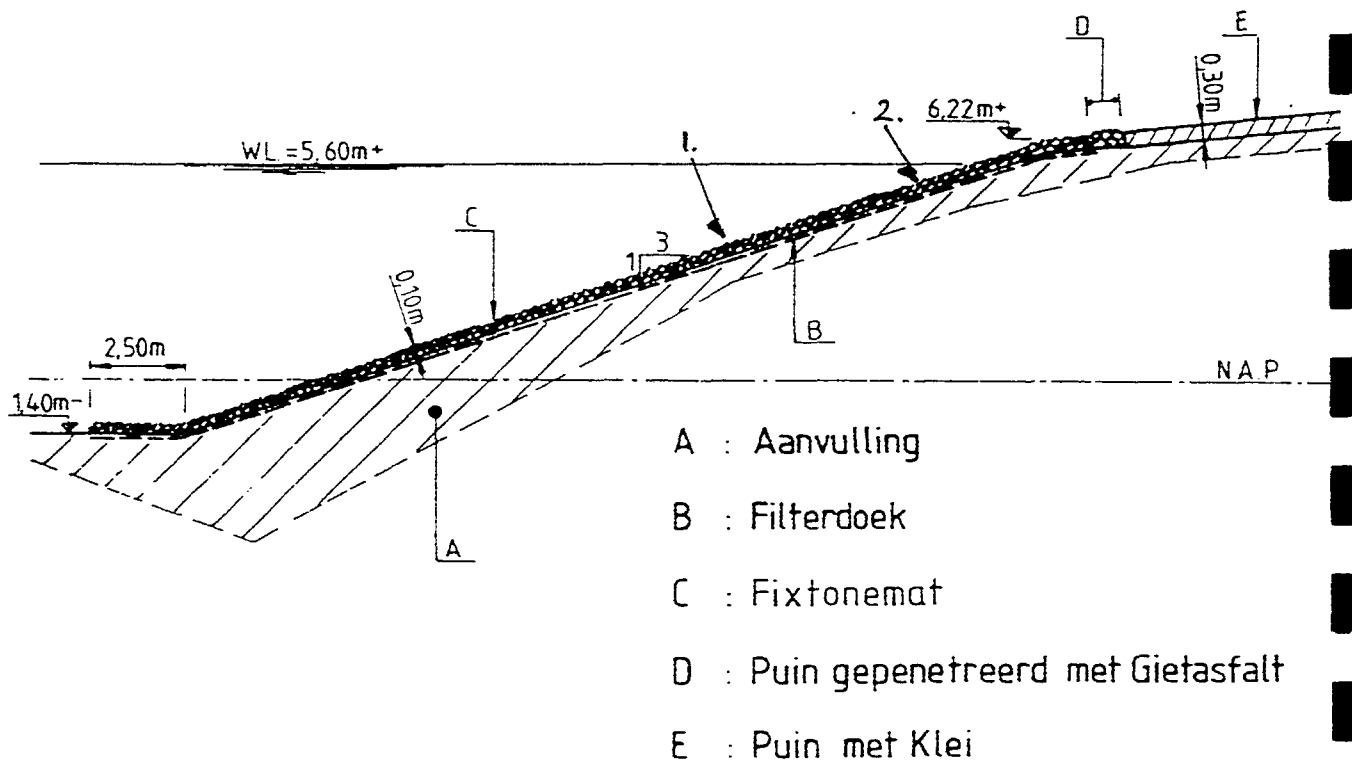
Bekleding: open steenasfalt op aluminium matten, eerste proefvlak.

Gehele oever maakt een erg slechte indruk. Hele stukken bekleding zijn weggeslagen, en andere stukken brokkelen af.

Bedekking: 10%

Op plekken waar het open steenasfalt verdwenen is, groeien dezelfde plantensoorten, maar met een hogere bedekking.

- Begroeiing: 1. *Zilverschoon (Potentilla anserina)*, *Vijfvingerkruid (Potentilla reptans)*, *Klein streepzaad (Crepis capillaris)*, *Kaal breukkruid (Hernaria glabra)*, *Akkerkers (Rorippa palustris)*, *Varkensgras (Polygonum aviculare)*, *Grote vossestaart (Alopecurus pratensis)*, *Kweek (Elymus repens)*, *Glanshaver (Arrhenatherum elatius)*, *Gewoon struisgras (Agrostis capillaris)*, *Bitterzoet (Solanum dulcamara)*.
2. *Bittere wilg (Salix purpurea)*, *Vijfvingerkruid (Potentilla reptans)*, *Kleinstreepzaad (Crepis capillaris)*



• Geldersegracht 5-9-1997

Aangelegd: 1985

Bekleding: open steenasfalt op aluminium matten, eerste proefvlak.

Open steenasfalt is volledig bedekt met grond, en volledig begroeid.

Er heeft zich een soortenrijke vegetatie ontwikkeld.

Er vindt een geleidelijke overgang plaats van water naar open steenasfalt.

Er zijn twee opnamen gemaakt. Opname 1 begint 1 ½ meter van de waterkant. Opname 2 loopt vanaf de waterkant tot 1 meter er vandaan.



Opname 1: volgens Braun-Blanquet

Opname grootte: 3x1 ½ meter (1 meter van de waterkant)

Expositie: Zuidwest

Helling: 1:2

Beheer: maaien en afvoeren

Bedekking:

Begroeid open steenasfalt:	100%	Onbegroeid open steenasfalt:	0%
Humus:	<	1-4 cm dik	
Grassen:	80%	Kruiden:	40%

Grassen:

<i>Agrostis stolonifera</i>	4
<i>Lolium perenne</i>	3
<i>Poa trivialis</i>	2a
<i>Poa pratense</i>	1

<i>Festuca rubra</i>	1
<i>Phleum pratense</i>	1

Kruiden:

<i>Tarax officinales</i>	2b
<i>Ranunculus acris</i>	1
<i>Scirpus maritimus</i>	1
<i>Crepis capillaris</i>	1
<i>Juncus effusus</i>	1
<i>Ranunculus bulbosa</i>	1

<i>Gechloma hederata</i>	+
<i>Rumex acetosa</i>	+
<i>Rumex crispus</i>	+
<i>Tragopogon pratensis</i>	+
<i>Trifolium repens</i>	+

Opname 2: volgens Braun-Blanquet

Opname grootte: 3x1 meter (langs de waterkant)

Expositie: Zuidwest

Helling: 1:2

Beheer: maaien en afvoeren

Bedekking:

Begroeid open steenasfalt:	100%	Onbegroeid open steenasfalt:	0%
Humus:	<	1-4 cm dik.	
Grassen:	30%	Kruiden:	40%

Grassen:

<i>Festuca rubra</i>	2b	<i>Lolium perenne</i>	1
<i>Agrostis stolonifera</i>	2a	<i>Phleum pratense</i>	1
<i>Anthoxantum odoratum</i>	1	<i>Poa triviale</i>	1

Kruiden:

<i>Tarax officinales</i>	2a	<i>Peucedanum palustre</i>	+
<i>Galium palustre</i>	2m	<i>Cardamine pratensis</i>	+
<i>Crepis capillaris</i>	1	<i>Potentilla reptans</i>	+
<i>Ranunculus acris</i>	1	<i>Nuvar lutea</i>	+
<i>Ranunculus repens</i>	1	<i>Tragopogon pratensis</i>	+
<i>Scirpus maritimus</i>	1	<i>Ranunculus lingua</i>	+
<i>Juncus effusus</i>	1	<i>Mentha aquatica</i>	+
<i>Rumex hydrolapathum</i>	1	<i>Cerastium fontanum</i>	+
<i>Myosis palustre</i>	1	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	+
<i>Stellaria palustre</i>	1	<i>Glyceria maxima</i>	+
<i>Trifolium repens</i>	1	<i>Stachus palustris</i>	+
<i>Ranunculus bulbosa</i>	+	<i>Ranunculus lingua</i>	+
<i>Caltha palustris</i>	+		

- *Ochten* 27-8-1997 (open colloïdaalbeton)

Aangelegd: 1993
 Bekleding: open colloïdaalbeton

In niet afgestrooide vakken groeit veel *Wit vetkruid*.
 Afgestrooide vakken laten een mozaïk zien, van meer en minder begroeide delen.
 In deze vakken in ca. 40-50% van het opgebrachte materiaal weggespoeld.

- Begroeiing: 1. *Wit vetkruid (Sedum album)*, *Bijvoet (Artemisia vulgaris)*
 2. *Wit vetkruid (Sedum album)*, *Bijvoet (Artemisia vulgaris)*, *Viltigkruid (Senecio erucifolius)*, *Margriet (Leucanthemum vulgare)*, *Glanshaver (Arrhenaterum eliatius)*, *Rood zwekgras (Festuca rubra)*, *Wilde peen (Daucus carota)*, *Kompassla (Lactuca serriola)*.

