

e120137601

Toetsing van de penetratie van gietasfalt in
breuksteen

Projectnummer : e120137601
Offertenummer en datum : o120484/ov/rda 10-05-2012
Titel rapport : Toetsing van de penetratie van gietasfalt in breuksteen
Status rapport : Definitief

Naam opdrachtgever : Deltares
Adres : Postbus 177
Plaats : 2600 MH DELFT
Naam contactpersoon : de heer ir. M. Klein Breteler
Datum opdracht : 11-05-2012
Kenmerk opdracht : 1206424-018-HYE-0001

Contactpersoon KOAC•NPC : ir. M.P. Davidse
Auteur(s) rapport : ir. M.P. Davidse

Rapportage

Naam: ir. M.P. Davidse

Functie: Adviseur

Handtekening:



Datum: 28-09-2012

Autorisatie

Naam: ing. A.K. de Looff

Functie: manager productgroep
advies

Handtekening:



Datum: 28-09-2012

Zonder schriftelijke toestemming van KOAC•NPC mag het rapport niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Literatuurstudie	5
2.1	Conclusies	5
3	Eisen en toetsing van eisen	6
3.1	Inleiding	6
3.2	Contractvormen voor de uitvoering	6
3.3	Eisen uit de RAW-standaard	8
3.4	Tekortkomingen tijdens de uitvoering	9
3.5	Procedure voor kwaliteitscontrole tijdens geschiktheidsonderzoek en uitvoering	9
3.6	Richtlijnen kwaliteits- en keuringsplan	10
3.7	Controle op basis van boorkernen	11
3.8	Strategie voor opleveringscontrole	12
3.9	Conclusies	14
4	Passieve microgolven technologie	16
4.1	Inleiding	16
4.2	Theorie en technologie	16
4.3	De meting	17
4.4	Relatie MPDI waarde en holle ruimte bekleding	17
4.5	Conclusies en aanbevelingen	20
5	Resultaat overleg deskundigen	21
5.1	Inleiding	21
5.2	Samenvatting overleg	21
5.3	Eisen RAW Standaard	22
5.4	Tekortkomingen tijdens de uitvoering	22
5.5	Functies van de bekleding en inschatting ernst van de problemen	23
5.6	Methode kwaliteitscontrole	23
5.7	Meting met Miramap	24
6	Referenties	25

Bijlage 1 Eisen aan vol en zat gepenetreerde breuksteen

1 Inleiding

Een van de renovatiemethodes die in Nederland gebruikt wordt om steenzettingen te versterken is het overlagen met vol en zat gepenetreerde breuksteen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een relatief kleine sortering breuksteen. De stabiliteit van de breuksteen wordt ontleend door de holle ruimten te vullen met gietasfalt. Doordat de stenen omsloten worden door het gietasfalt ontstaat een massief geheel.

In de praktijk blijkt dat niet altijd alle open ruimten in het breuksteen volledig gevuld zijn. Er is daarom behoefte aan een praktisch criterium om vast te stellen of de vol en zat gepenetreerd breuksteen goed is aangelegd.

Een indicatie voor een gebrekkige uitvoering kan mogelijk worden verkregen met passieve radiometrie (Miramap), maar een goed criterium hiervoor is nog niet beschikbaar.

In hoofdstuk 2 is een beschrijving gegeven van de uitgevoerde literatuurstudie. De eisen die aan de bekleding worden gesteld en de toetsing die kan worden uitgevoerd om de eisen te controleren zijn omschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 is de meetmethode op basis van de passieve radiometer beschreven. In hoofdstuk 5 is het resultaat van het overleg met deskundigen beschreven. Hoofdstuk 6 geeft conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek.

2 Literatuurstudie

Als eerste stap van dit project is een literatuurstudie uitgevoerd. De resultaten van deze studie zijn samengevat in dit hoofdstuk.

1. Uit de literatuur is duidelijk geworden dat er veel onderzoek is uitgevoerd naar de viscositeit van gietasfalt. Tijdens het verwerken moet de viscositeit voldoende laag zijn om verwerken mogelijk te maken [1]. Een te lage viscositeit heeft echter tot gevolg dat er uitvloeiing optreedt. Na aanbrengen moet de viscositeit voldoende hoog zijn om koude vloei te beperken.
2. Het ontwerp van het mengsel van asfaltmastiek werd in het verleden uitgevoerd met methoden ontwikkeld door Kerkhoven [2]. De methode bleek te weinig onderscheid tussen de gietasfalt mengsels te geven zodat de methode van de hellingproef is geïntroduceerd. Deze methode bleek meer onderscheid te geven en wordt daarom vandaag de dag nog steeds gebruikt voor het mengselontwerp van asfaltmastiek. Onderzoek is uitgevoerd naar verschillende percentages bitumen (80/100 en 160/210), verschillende verwerkingstemperaturen en het gebruik van verschillende vulstoffen.
3. Er zijn praktijkproeven uitgevoerd om het vloeigedrag en penetratievermogen van gietasfalt bij verschillende temperaturen te onderzoeken [3]. Ook zijn de bitumengehaltes gevarieerd. Aanleiding voor deze praktijkproeven waren de bepalingen omschreven in de RAW-Standaard 1990 waarbij een lager bitumengehalte werd berekend dan voorheen. Ook werd voorgeschreven dat verwerken tot 100 °C nog was toegestaan. Uit de praktijkproeven is gebleken dat gietasfalt met een lager bitumengehalte goed te verwerken is bij temperaturen tussen de 140 °C en 160 °C. Uit vloeiproeven is gebleken dat bij lage temperaturen (108 °C) de viscositeit zo is toegenomen dat betwijfeld wordt of een goede penetratie kan worden bewerkstelligd.
4. Uit verschillende referenties ([4], [5], [6]) blijkt dat een vooronderzoek en geschiktheidsonderzoek een belangrijk onderdeel van een werk is waarmee risico's op onvoldoende penetratie of onjuiste penetratie is te voorkomen.

In het project zijn meer bronnen geraadpleegd. Deze geven echter niet meer informatie dan bovenstaande.

2.1 Conclusies

Uit de literatuurstudie is gebleken dat een juiste samenstelling en viscositeit van het gietasfalt essentieel is om een goede penetratie van het breuksteen te verkrijgen. Ook blijkt dat aandacht voor kwaliteit tijdens de uitvoering essentieel is om een goed resultaat te verkrijgen.

3 Eisen en toetsing van eisen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de eisen die gesteld worden aan een vol- en zat gepenetreerde breuksteen opgesomd. De eisen kunnen worden omschreven als algemene eisen ten aanzien van het functioneren van vol en zat gepenetreerde breuksteen en eisen die aan de uitvoering of het eindresultaat van de uitvoering worden gesteld.

Sterk gerelateerd aan het onderwerp eisen en toetsing van eisen is de vorm van het contract dat wordt gebruikt voor de uitvoering van het werk. In § 3.2 is ingegaan op de verschillende contractvormen en de gevolgen van het gebruik van een contractvorm.

De algemene eisen ten aanzien van het functioneren van vol en zat gepenetreerde breuksteen zijn uitgebreid beschreven in referentie [8] (bijlage 1). Eisen die aan het resultaat van de uitvoering worden gesteld zijn omschreven in de RAW standaard 2010 [7]. In § 3.3 is ingegaan op deze eisen.

Vervolgens is een opsomming gegeven van een aantal tekortkomingen die in de uitvoering op kunnen treden (§ 3.4).

Om controle uit te kunnen oefenen op het aanbrengen van de breuksteen en de penetratie van de breuksteen is in § 3.5 een methodiek beschreven waarmee een kwaliteitscontrole kan worden uitgevoerd.

3.2 Contractvormen voor de uitvoering

In het verleden zijn veel werken uitgevoerd waarbij de uniforme administratieve voorwaarden (UAV) van toepassing zijn verklaard. Er werd gebruik gemaakt van de Rationalisatie en Automatisering Grond-, Water- en Wegenbouw (RAW) systematiek. In deze systematiek is omschreven waar materialen en deelproducten van een uitgevoerd werk aan moeten voldoen. Het toetsen van het werk werd ook voornamelijk op deze niveaus uitgevoerd. De materialen en deelproducten werden getoetst door deelmonsters van het materiaal of deelproduct te nemen en deze te beproeven volgens proeven beschreven in de Standaard RAW bepalingen. De systematiek van de Standaard RAW bepalingen is beschreven in § 3.3.

Omdat dit vaak een intensieve manier van toetsing door de opdrachtgever is, zijn andere contractvormen ontstaan waarbij de verantwoordelijkheid wordt verlegd naar de opdrachtnemer. Hierbij worden eisen gesteld aan de beoogde functies van de bekleding. Daarbij wordt gebruik gemaakt van nieuwe contractvormen. In Tabel 3-1 zijn de contractvormen samengevat weergegeven.

Tabel 3-1 Verschuiving van verantwoordelijkheid bij verschillende contractvormen [10]

Bouwfasen	Traditioneel samenwerkingsconcept			(meerjaren) Onderhouds- raamconcept	Geïntegreerd samenwerkingsconcept	
	Regie	UAV/RAW	Bouwteam	Raamcontract	Design & construct	Turnkey
Initiatief						
Onderzoek						
Definitie		Verantwoordelijkheid opdrachtgever				
Programma van eisen						
Voorlopig ontwerp						
Definitief ontwerp						
Uitvoeringsontwerp						
Werkvoorbereiding						
Uitvoering		Verantwoordelijkheid opdrachtnemer/aannemer				
Onderhoud						
Kaders						
Aanbesteding	UAR	UAR	UARgc	UARgc	UARgc	UARgc
Uitvoering/realisatie	UAV	UAV	RVOI/UAV	Toepassingsgebied UAVgc		

Een andere reden voor het ontstaan van nieuwe contractvormen is dat wordt verzekerd dat er voldoende afstand tussen opdrachtnemer en opdrachtgever wordt gecreëerd zodat integer gehandeld wordt.

De UAV-GC richtlijnen bieden handvatten om het proces te beheersen om daarmee een goed eindresultaat te verkrijgen. Bij toetsing op een materiaal of deelproduct, zoals in het verleden toegepast, is er tijdsdruk omdat het materiaal verwerkt moet worden. Bij toetsing van een deelproduct wordt in veel gevallen het deelproduct beschadigd en moet bij afkeur het deelproduct worden verwijderd en opnieuw worden geconstrueerd. Door vooraf het proces te toetsen kunnen deze zaken worden voorkomen, zie hiervoor § 3.5.

Samengevat is het systeem zo ingericht dat de aannemer voor het werk een kwaliteitsplan, acceptatieplan en keuringsplan opstelt waarin beschreven is hoe de aannemer zijn proces van uitvoering toetst en controleert. Dit kwaliteitsplan wordt voordat de uitvoering begint voorgelegd aan de opdrachtgever ter acceptatie. Het is van belang dat in het acceptatieplan (onderdeel van de vraagspecificatie) de opdrachtgever vooraf heeft aangegeven op welke prestaties van de opdrachtnemer wordt getoetst. Onderdeel van het acceptatieplan is het keuringsplan uitvoeringswerkzaamheden ([10], hfst. 9 § 21). Hierin kan de opdrachtgever beschrijven hoe en hoe vaak de opdrachtnemer wordt getoetst op zijn eigen procestoets. Ook is het mogelijk om stoppunten of bijwoonpunten op te nemen in het keuringsplan. Bij een stoppunt wordt het onderdeel van het werk voorgelegd aan de opdrachtgever ter acceptatie. Bijwoonpunten zijn momenten waarop de opdrachtnemer de resultaten voor toetsing door de opdrachtgever beschikbaar houdt (zie § 3.6).

Er zijn dus voor de opdrachtgever of voor de door de opdrachtgever aangewezen keuringsinstantie voldoende mogelijkheden om het werk van de opdrachtnemer te toetsen. Wel moet vooraf worden vastgesteld hoe deze toetsing wordt ingericht zodat de opdrachtnemer hierop kan anticiperen. Tijdens het werk ingrijpen op een manier die niet vooraf is vastgesteld leidt tot verstoring van het uitvoeringsproces en verschuiving van verantwoordelijkheid van de opdrachtnemer naar de opdrachtgever.

In paragraaf 3.5 t/m 3.7 zijn mogelijkheden opgesomd om controle op de uitvoering van het aanbrengen van een gepenetreerde breuksteen uit te oefenen. Onderdelen van deze controle kunnen worden ingepast in de nieuwe contractvormen.

3.3 Eisen uit de RAW-standaard

In de RAW Standaard 2010 zijn weinig eisen genoemd voor vol en zat gepenetreerde breuksteen. De bekleding wordt gedefinieerd als: 'een volledig vullen van de holle ruimten in een laag breuksteen met gietasfalt of asfaltmastiek over de gehele dikte en over het gehele oppervlak van de laag, zodanig dat de steenstukken in de bovenste laag voor ten minste 50% zijn ingebed in het gietasfalt of de asfaltmastiek.'

Ondanks dat er weinig eisen vermeld zijn geeft deze definitie wel aan dat er een volledige vulling moet zijn. De vulling van 50% van de steenstukken wordt in de praktijk opgevat als 50% van de diameter van de stenen. Omdat de minimale dikte van een breuksteenlaag $1,5 \cdot D_{n50}$ is zal ongeveer $2/3^e$ van de totale laag gevuld moeten zijn met gietasfalt.

Aan het gietasfalt zelf kunnen wel eisen worden gesteld volgens de RAW Standaard 2010. Uit de literatuurstudie is echter gebleken dat in de praktijk vaak op het werk gezocht wordt naar een juiste viscositeit en dus mengselsamenstelling. Het is daarom aan te bevelen altijd een vooronderzoek en geschiktheidsonderzoek uit voeren (§ 52.54.01). Het vooronderzoek en geschiktheidsonderzoek staan beschreven in proef 57 van de RAW Standaard 2010. Het vooronderzoek bestaat onder meer uit het uitvoeren van de hellingproef (proef 59) waarbij naar het juiste mengsel wordt gezocht. Vervolgens wordt in het geschiktheidsonderzoek 16 ton gietasfalt verwerkt in een proefvak. Van het gietasfalt worden monsters genomen. Deze worden gecontroleerd aan de in het bestek gestelde eisen. Er zijn geen proeven of methoden omschreven waarmee vastgesteld kan worden of de penetratie in de breuksteen voldoende is. Wel moet worden gecontroleerd of het gietasfalt voldoende gepenetreerd is. Dit kan door bijvoorbeeld gebruik te maken van thermokoppels. Deze kunnen in het breuksteen tot onderin geplaatst worden. Wordt een verhoging van temperatuur gemeten dan is duidelijk dat het gietasfalt tot onderin de breuksteen is gekomen.

Ook aan de breuksteensortering worden eisen gesteld. De breuksteen moet voldoen aan een bepaalde korrelverdeling, mag niet teveel verontreinigingen hebben en moet een bepaalde massaverdeling hebben. Verder wordt genoemd, een maximale hoeveelheid met een lengte/dikte verhouding groter dan 3, een minimale weerstand tegen breuk en een weerstand tegen vorst- en dooiwisselingen. In de RAW Standaard 2010 wordt verwezen naar de volgende normen:

- NEN-EN 13383-1 Waterbouwsteen – deel 1: specificaties

- NEN-EN 13383-1 Waterbouwsteen – deel 2: beproevingsmethoden
- NEN 5180: 2004 Nederlandse aanvulling op NEN-EN 13383-1

Overige normen en richtlijnen die gebruikt kunnen worden zijn:

- BRL 9312 Waterbouwsteen (2007)
- CUR 192: Breuksteen in de praktijk
- BAW Toelichting stoffen voor ingieten waterbouwsteen (2008)

Een volledige vulling zonder enige holle ruimte zoals in de RAW Standaard 2010 wordt gesteld is in de praktijk moeilijk te controleren.. In de volgende paragraaf zijn de tekortkomingen opgesomd die zich kunnen voordoen tijdens de uitvoering.

3.4 Tekortkomingen tijdens de uitvoering

In referentie [8] (bijlage 1) is een beschrijving gegeven van eisen aan en tekortkomingen van gepenetreerde breuksteen. De tekortkomingen tijdens de uitvoering kunnen zijn:

1. Penetratie in orde maar tekort aan laagdikte van het vol en zat gepenetreerde breuksteen.
2. Plaatselijk ontbreekt penetratie aan het oppervlak: losliggende stenen aan het oppervlak.
3. Plaatselijk ontbreekt penetratie over de volle hoogte.
4. Onvoldoende diep gepenetreerd in de breuksteenlaag die wel dik genoeg was.
5. Penetratie bevat extreem veel luchtinsluitingen.
6. Penetratie bevat veel met elkaar verbonden holle ruimten, tot op de onderlaag toe.
7. Een overschot aan penetratie.
8. Een overschot van penetratiemortel nabij de teen van de constructie, hoger op het talud een tekort.

Bovenstaande tekortkomingen moeten worden voorkomen en er moeten mogelijkheden zijn om te controleren of aan de eisen die voor de uitvoering zijn gesteld is voldaan. In de volgende paragraaf is een methodiek beschreven waarmee de eisen getoetst kunnen worden en waarmee de tekortkomingen benoemd in deze paragraaf kunnen worden voorkomen.

3.5 Procedure voor kwaliteitscontrole tijdens geschiktheidsonderzoek en uitvoering

De hier beschreven procedure is opgesteld op basis van het uitgangspunt dat een goede controle van het proces van aanleg de inspanning bij controle van het eindresultaat kan minimaliseren. De mate van intensiviteit is afhankelijk van de gevonden resultaten. De opzet is om tijdens het geschiktheidsonderzoek te beginnen met de metingen. Als blijkt dat de gevonden resultaten overeenkomen met de eisen gesteld aan het product kan tijdens de aanleg van de bekleding de intensiviteit worden verlaagd.

De basis van de kwaliteitscontrole is een toetsing aan het vooraf uitgevoerde vooronderzoek en geschiktheidsonderzoek. Er wordt tijdens deze onderzoeken vastgesteld of de juiste materialen worden gebruikt en of het eindresultaat voldoet aan de door de opdrachtgever gestelde eisen. Als is vastgesteld dat het eindresultaat voldoende is dan kunnen de afzonderlijke processen tijdens de uitvoering worden getoetst aan het uitgevoerde voor- en geschiktheidsonderzoek.

De laagdikte van het vol en zat gepenetreerde breuksteen pakket kan worden gecontroleerd door, voordat het breuksteen wordt aangebracht, de hoogte van de onderlaag of het geotextiel in te meten. De nauwkeurigheid van de meting is ten minste 0,01 m. Om de 10 m in de lengte van dijk wordt een meting uitgevoerd waarbij op het dwarsprofiel ten minste 1 meting per meter wordt uitgevoerd. De meetlocatie wordt vastgelegd (bij voorkeur met GPS-coördinaten).

Na aanbrengen van het breuksteen wordt de hoogte opnieuw ingemeten. Hiervoor worden op de hoogste punten de hoogte vastgelegd. Op basis van het verschil tussen deze metingen wordt de laagdikte bepaald. Deze dient minimaal $1,5 \cdot D_{n50}$ te zijn. Bij een tekort aan laagdikte wordt op die locatie de laagdikte aangevuld of wordt de schikking van de stenen verbeterd (uitvlakken van de overhoogtes), waarna opnieuw gemeten wordt.

Er zijn verschillende meetmethoden om de laagdikte van $1,5 \cdot D_{n50}$ te controleren. In the rock manual [11] zijn hier beschrijvingen van gegeven.

Na penetratie wordt opnieuw gemeten in dezelfde meetraaien. Nu worden de laagste locaties gemeten. Het verschil tussen de 1^e en 3^e meting is de laagdikte van de gepenetreerde bekleding. Deze laagdikte dient minimaal $2/3$ van $1,5 \cdot D_{n50}$ te zijn. Bij onvoldoende laagdikte wordt materiaal aangevuld en opnieuw gemeten.

Merk op dat het vlak van het talud de referentie is voor de metingen. De dikte wordt loodrecht op dit vlak gemeten (berekend) en “hoogste” en “laagste” hebben ook betrekking op de afstand tot dit vlak.

Of de penetratie voldoende diep is doorgedrongen, wordt vastgesteld door de hoeveelheid aangebrachte gietasfalt per oppervlak vast te leggen. Bijgehouden wordt hoeveel er totaal aan gietasfalt in het werk is toegepast en over welk oppervlak dit is aangebracht. Er wordt per vak van 10 strekkende meter in de lengte van de dijk gerapporteerd hoeveel ton gietasfalt is verwerkt, het aantal m^3 verwerkte breuksteen en het aantal m^2 oppervlakte van de bekleding. De benodigde hoeveelheid gietasfalt kan worden vastgesteld door de holle ruimte te berekenen op basis van de toegepaste sortering.

De materialen worden tijdens verwerking gecontroleerd. Per vak van $50 m^1$ wordt een monster van het gietasfalt genomen en onderzocht volgens § 52.54.05 volgens de RAW Standaard 2010. Dit houdt in dat het bitumengehalte en de korrelverdeling van het monster wordt bepaald. Ook wordt ten minste één maal per dag en bij twijfel een hellingproef (proef 59) uitgevoerd waarbij wordt gecontroleerd of hetzelfde resultaat als bij het geschiktheidsonderzoek gevonden wordt. Daarnaast wordt de penetratie van het gietasfalt tijdens het werk visueel beoordeeld om na te gaan of het mengsel de juiste viscositeit heeft.

3.6 Richtlijnen kwaliteits- en keuringsplan

Het is aan te bevelen in het bestek aan te geven welke controles door de aannemer (minimaal) uitgevoerd dienen te worden en welke onderwerpen in het kwaliteits- en keuringsplan moeten worden vermeld. Voorgesteld wordt om in de plannen de volgende controles op te nemen:

- Uitvoeren van een visuele controle op de geleverde breuksteensortering en vervuiling van de breuksteen. Hierbij aangeven op welke wijze bijgestuurd wordt bij afwijkingen.
- De maatregelen welke de aannemer neemt ter voorkoming dat het gietasfalt naar de teenconstructie wegstroomt.
- Minimaal aantal metingen ten behoeve van het aantonen van de geleverde laagdikte, zie paragraaf 3.8.
- Methode van bedrijfscontrole ten behoeve van laagdikte controle. Dit kan bijvoorbeeld door bij elke geleverde en verwerkte vracht een rei van 3 meter over de stenen te leggen en maximaal 1 meter te laten uitsteken boven het geotextiel of de bestaande bekleding, om vervolgens de afstand vanaf rei tot aan geotextiel of bestaande bekleding te meten ter indicatie van de laagdikte. Deze controle kan tevens door de toezichthouder worden gehanteerd ter controle van de uitvoering.
- Dagelijks zal in ieder vak van 50 meter minimaal 1 maal een monster worden genomen, met een minimum van 3 maal een monsterneming per dag, van het geleverde gietasfalt ter controle van de samenstelling van het geleverde mengsel. Hierbij kan ten behoeve van verificatie door de toezichthouder bijvoorbeeld dagelijks minimaal 1 extra monster worden genomen.
- Controle van de temperatuur bij levering van het gietasfalt en aangeven op welke wijze wordt bijgestuurd zodra deze buiten verwerkingstemperatuur ligt. Deze controle kan door de toezichthouder eenvoudig worden geverifieerd op ieder moment van de dag, waarbij de temperatuur altijd binnen de verwerkingstemperatuur moet liggen.
- Controle van de temperatuur bij begin van verwerking, vervolgens ieder half uur tot einde verwerking van de vracht gietasfalt. Hierbij kan worden aangegeven op welke wijze wordt bijgestuurd zodra deze buiten verwerkingstemperatuur ligt.
- Controle door middel van hellingproef (proef 59 RAW Standaard 2010) ten minste een maal per dag uit te voeren. Hierbij kan de toezichthouder ter verificatie bijvoorbeeld nogmaals de proef (laten) uitvoeren ter controle van de gerapporteerde waarden en ter controle van het geleverde product.
- Visuele controle met betrekking tot de toegankelijkheid van holten en aangeven op welke wijze wordt bijgestuurd.
- Visuele controle ter vaststelling dat gaten groter dan Ø 0,25 m niet voorkomen en aangeven op welke wijze wordt bijgestuurd.
- Ten minste eenmaal moeten de leveringsbonnen van de geleverde materialen worden gecontroleerd en vergeleken met de vooraf goedgekeurde documenten.

3.7 Controle op basis van boorkernen

Boorkernen worden gebruikt om zowel de laagdikte te controleren alsook om na te gaan of er holten in of onder de met gietasfalt geopenetreerde laag aanwezig zijn. De laagdikte en mate van penetratie wordt op de volgende manier vastgesteld:

1. Boorcilinder met diameter 100 mm uit de bekleding nemen over volledige hoogte tot aan geotextiel danwel ondergrond.
2. De hoogte van de cilinder wordt op 8 gelijkmatig over de rand verdeelde punten gemeten. Hiervan wordt het maximum bepaald. Deze wordt getoetst aan de minimaal vereiste laagdikte ($1,5 D_{n50}$).

3. Hierna wordt de tweede meting uitgevoerd om de gevulde laagdikte (het deel van de boorkern dat gevuld is met gietasfalt) te bepalen door op 8 gelijkmatig over de rand verdeelde punten de dikte vast te stellen. Hiervan wordt het gemiddelde bepaald. Deze wordt getoetst aan de minimaal vereiste gevulde laagdikte ($2/3 \times 1,5 D_{n50}$).
4. Visueel wordt beoordeeld of over de volledige hoogte gietasfalt in de bekleding aanwezig is. Gesteld wordt dat de holle ruimte van het onderste 2/3 deel van de kern voor ten minste 90% moet zijn gevuld met gietasfalt en dat er onderin het boorgat geen losliggend materiaal mag worden aangetroffen.
5. Wanneer bij 4) met onvoldoende zekerheid kan worden vastgesteld dat het onderste 2/3 deel van de kern voor ten minste 90% gevuld is, worden de vervolgstappen 6 t/m 9 ingezet.
6. De kern wordt gezaagd op het in 3) bepaalde grensvlak. Alleen het met gietasfalt gevulde deel van de kern wordt nader onderzocht volgens de stappen 7 t/m 9.
7. De cilinder wordt onder en boven water gewogen en het volume bepaald door de afmetingen te bepalen, waarmee de holle ruimte wordt bepaald.
8. Het materiaal wordt verwarmd en behandeld met methyleenchloride (of terpetine/petroleum), de boorkern wordt hierin opgelost, waarna de breuksteen wordt afgezonderd en gewogen. Hieruit wordt de verhouding tussen de breuksteen en het gietasfalt bepaald.
9. Op basis van de hoeveelheid gietasfalt die hieruit vrij komt en de dichtheid van de steen en het gietasfalt, wordt vastgesteld wat het percentage holle ruimte tussen de stenen is geweest en hoeveel procent is gevuld met gietasfalt. Getoetst wordt of ten minste 90% van de holten tussen de breuksteen is gevuld met gietasfalt.

Herstel van boorgaten dient te geschieden conform artikel 52.54.05 lid 03 uit de Standaard RAW Bepalingen.

3.8 Strategie voor opleveringscontrole

Ter controle van het geleverde werk kunnen kernen worden geboord om vast te stellen of de geëiste laagdikte is gehaald. Voorgesteld wordt om de intensiteit van de controles af te laten hangen van de gevonden resultaten. In Tabel 3-2 is de strategie voor het opleveringsonderzoek weergegeven.

Tabel 3-2 Strategie voor opleveringsonderzoek

Regime	Inspanning metingen tijdens uitvoering door aannemer		Controle op basis van boorkernen
	Type meting	Frequentie meting	
A	Meting 1 en 2 tbv laagdikte breuksteen	< 40 metingen per vak van 50 m	Elk vak van 50 meter minimaal 5 boringen
	Meting 1 en 3 tbv laagdikte gepenetreerde breuksteen		
	Bepaling mate van vulling in de holten op basis van verwerkte hoeveelheid breuksteen en gietasfalt	< 2 maal gerapporteerd per vak van 50 meter	
	Temperatuur	≤ 1 meting ieder uur	
	Hellingproef	≤ 3 metingen per week	
B	Meting 1 en 2 tbv laagdikte breuksteen	75 tot 40 metingen per vak van 50 meter	Elk vak van 100 meter minimaal 3 boringen
	Meting 1 en 3 tbv laagdikte gepenetreerde breuksteen		
	Bepaling mate van vulling in de holten op basis van verwerkte hoeveelheid breuksteen en gietasfalt	2 tot 4 maal gerapporteerd per vak van 50 meter	
	Temperatuur	≥ 1 meting ieder uur	
	Hellingproef	3-7x per week 1 meting	
C	Meting 1 en 2 tbv laagdikte breuksteen	≥ 1 dwarsprofiel per 10 meter, per dwarsprofiel elke meter 1 meting	Bemonstering één kern per vak conform vakindeling T52.08 voor waterbouwasfaltbeton (<i>globaal komt dat neer op een vak van 150 meter lengte</i>)
	Meting 1 en 3 tbv laagdikte gepenetreerde breuksteen		
	Bepaling mate van vulling in de holten op basis van verwerkte hoeveelheid breuksteen en gietasfalt	≥ 1 maal gerapporteerd per vak van 10 meter	
	Temperatuur	≥ 1 meting ieder half uur	
	Hellingproef	≥ 1 meting iedere dag	

Toelichting bij tabel 1:

De hoeveelheid kernen die de aannemer moet boren om aan te tonen dat het eindresultaat voldoet aan de gestelde eisen, is afhankelijk van het aantal metingen dat hij verricht tijdens het aanbrengen van de bekleding. Met de relatief eenvoudige metingen tijdens het aanbrengen, kan de aannemer het proces controleren en aannemelijk maken dat dit leidt tot een goed eindresultaat. Tijdens het aanbrengen moet worden gecontroleerd op de volgende eigenschappen:

- Laagdikte breuksteen (op de koppen)

- Laagdikte penetratie (tussen de koppen)
- Verwerkte hoeveelheden breuksteen en gietasfalt
- Temperatuur van het gietasfalt
- Viscositeit van het gietasfalt, te bepalen met de hellingproef

Temperatuur van het gietasfalt en het resultaat van de hellingproef moeten voldoen aan de eisen zoals gesteld in de Standaard RAW-bepalingen.

Het regime voor boorkernonderzoek is afhankelijk van de hoeveelheid metingen die de aannemer tijdens het aanbrengen uitvoert. Doel is om het proces zo goed mogelijk aantoonbaar te beheersen en het aantal kernen dat moet worden geboord om het eindresultaat te controleren te minimaliseren (regime C). In Tabel 3-2 is de frequentie van de metingen weergegeven. Het regime C geeft een hoog frequent aantal metingen weer, hierbij hoort een laag aantal kernboringen. Als er minder dan het gewenste aantal controlemetingen wordt uitgevoerd, of als de resultaten van de metingen afwijken van de gestelde eisen, kan de opdrachtgever overgaan op regime B of A, afhankelijk van de ernst van de afwijkingen. In regime B of A worden minder metingen verricht maar worden wel meer kernboringen geëist.

Let op: in het huidige systeem is geen boete- of kortingsysteem uitgewerkt. Door de voortdurende controle tijdens de uitvoering wordt een tekort aan breuksteen of gietasfalt tijdens het werk gecorrigeerd. Overwogen kan worden om voor afwijkingen die worden geconstateerd maar die niet leiden tot herstelwerkzaamheden, zoals afwijkende resultaten van de hellingproef of een afwijkende temperatuur bij aanbrengen, een boete- of kortingsysteem te hanteren.

Als blijkt dat een van de geboorde kernen niet voldoet aan het gestelde dient de aannemer aanvullend 4 kernen, op aanwijzing van de directie, in de nabije omgeving te boren om vast te stellen of deze ene kern een incident is. De eisen die gesteld worden aan een boorkern zijn omschreven in paragraaf 3.7.

De volgende tekst kan waar van toepassing worden toegevoegd aan de bestekstekst:

Als blijkt dat er twee of meerdere van de geboorde kernen afwijken van het gestelde in dit bestek wordt het gehele vak afgekeurd en dient de aannemer dit vak op zijn eigen kosten te vervangen.

3.9 Conclusies

In dit hoofdstuk is ingegaan op de verschillende contractvormen die er zijn. Ook is ingegaan op de tekortkomingen die tijdens een werk op kunnen treden en is een methode beschreven om kwaliteitscontrole uit te oefenen.

Het blijkt dat ook bij nieuwe contractvormen er voldoende mogelijkheden zijn om kwaliteit te borgen. De opdrachtgever dient echter vooraf aan te geven op welke manier de opdrachtnemer en het werk van de opdrachtnemer wordt gecontroleerd.

Voor het aanbrengen van gepenetreerde breuksteen is een methodiek beschreven die aangeeft op welke manier de laagdikte van de bekleding kan worden vastgesteld, ook tijdens de

uitvoering. Ook kan worden gecontroleerd en getoetst hoeveel holle ruimte in de bekleding aanwezig is.

4 Passieve microgolven technologie

4.1 Inleiding

Het uitvoeren van een opleveringscontrole bij een overlaging met een vol en zat gepenetreerde breuksteen is lastig. De mogelijke aanwezigheid van holten wordt als voornaamste probleem gezien. Er kunnen kernen worden geboord ter controle maar dit blijft een beperkte steekproef. Een mogelijk alternatief voor controle van het eindresultaat is de hier beschreven passieve microgolven technologie.

In dit hoofdstuk is een samenvatting gegeven van de onderzoeken uitgevoerd met behulp van de passieve microgolven technologie. Basis van deze samenvatting is het rapport: 'Detectie van holle ruimtes in de dijkbekleding bij Texel met behulp van Passieve Microgolven Technologie' [9].

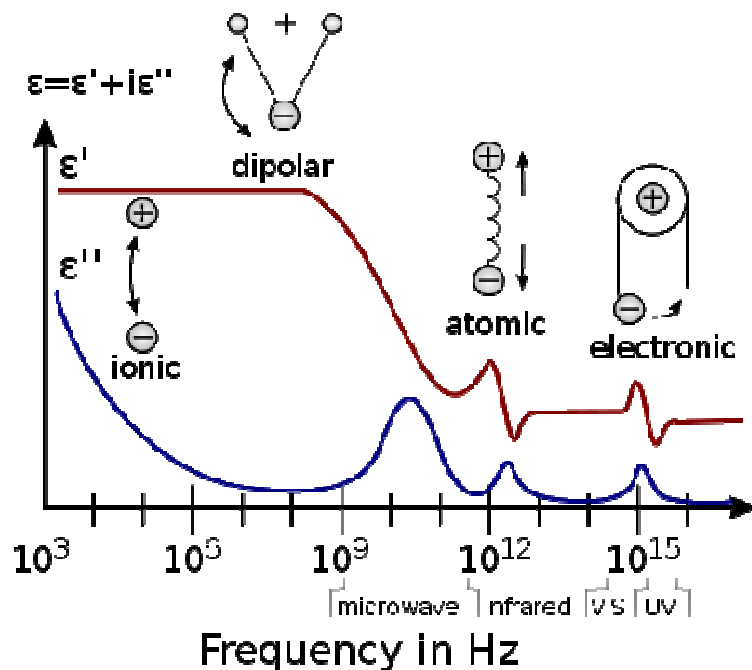
Het rapport geeft een beschrijving van een meting uitgevoerd op een vol en zat gepenetreerde breuksteenbekleding gelegen in de mokbaai op Texel. De meting is uitgevoerd met een zogenaamde L-band radiometer. De breuksteenbekleding (40 cm dik) heeft een sortering van 5-40 kg en is afgestrooid met een basalt split 63-180 mm. Onder de bekleding bevindt zich een kleipakket. Ook zijn metingen verricht op een vol en zat gepenetreerde breuksteenbekleding bij Ouwerkerk.

De radiometer wordt op verschillende gebieden toegepast en is ondermeer gebruikt om bodemvocht te registreren ter verbetering van hydrologische modellen.

Voor dijkbekledingen is een handzame radiometer ontwikkeld. Deze is op een kar gemonteerd. Ook is het mogelijk om deze in de hand te dragen.

4.2 Theorie en technologie

De L-band radiometer meet de natuurlijke uitstraling van het grondoppervlak in het microgolvenbereik [9]. De uitstraling wordt uitgedrukt in helderheidstemperaturen. De helderheidstemperatuur is afhankelijk van de energie die het materiaal uitstraalt en de werkelijke temperatuur van het materiaal. De energie van het materiaal is direct gerelateerd aan de diëlektrische constante van het materiaal. Elk materiaal heeft een eigen unieke diëlektrische constante. De diëlektrische constante kan worden onderscheiden in een reëel deel en een imaginair deel. Het reële deel geeft aan hoe de energie zich door het materiaal voortplant, het imaginaire zegt iets over het energieverlies. Een voorbeeld van de diëlektrische constante bij verschillende frequenties is schematisch weergegeven in Figuur 4-1.



Figuur 4-1 Schematische weergave van de diëlektrische constante bij verschillende frequenties [bron: wikipedia]

De microgolven scanner van Miramap registreert frequenties van 1,4 GHz.

4.3 De meting

Met de L-band radiometer zijn metingen verricht op de vol en zat gepenetreerde breuksteenbekleding van mokbaai op Texel. Er zijn twee meetraaien gemeten. Een half jaar eerder zijn kernen uit de bekleding genomen waarbij is vastgesteld dat er zich holle ruimtes in de bekleding bevinden.

Daarnaast zijn metingen verricht op een vol en zat gepenetreerde breuksteenbekleding bij Ouwerkerk. Ten tijde van de meting zijn boorkernen genomen op plaatsen waarvan vermoed werd dat de penetratie niet voldoende was.

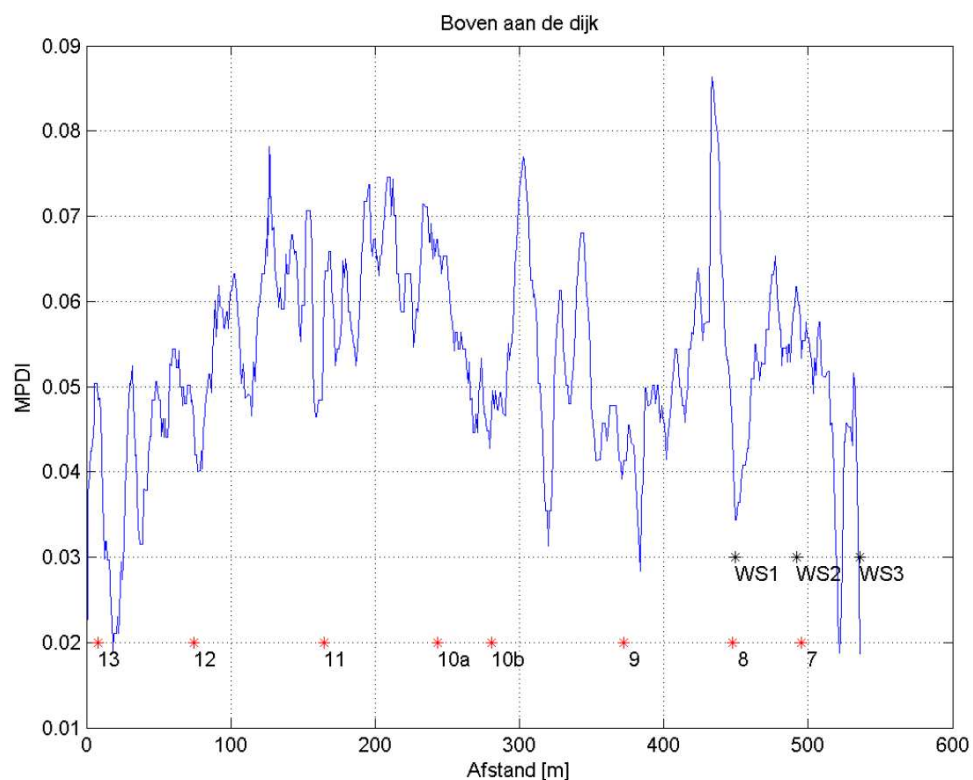
4.4 Relatie MPDI waarde en holle ruimte bekleding

In het rapport is met een theoretische benadering aangetoond dat met radiometrie holle ruimtes en ruimtes gevuld met water gevonden kunnen worden.

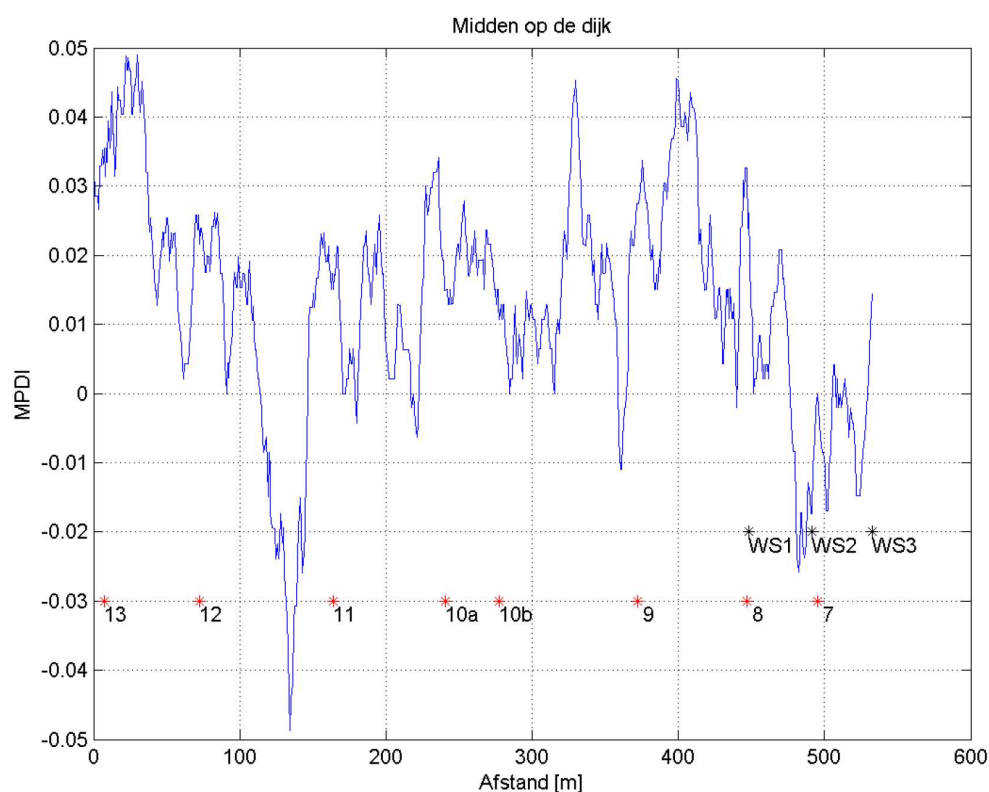
Van de metingen bij de Mokbaai is er een verband gelegd tussen de meting en de genomen boorkernen door de afstand van de boorkern met de meetraai te bepalen. Een verband tussen de hoeveelheid holle ruimte en het resultaat van de meting (MPDI waarde) is echter niet aangetoond. De boring van de kernen en de meting met de radiometer zijn onafhankelijk van elkaar uitgevoerd. De meetraai van de radiometer komt slechts vier maal in de buurt van de genomen boorkernen (binnen een meter) waarbij de locaties vermoedelijk op basis van GPS-coördinaten zijn bepaald. Ook zijn van de kernen geen holle ruimtes bepaald zodat een verband tussen beide metingen niet is te leggen. De metingen met de radiometer geven inzicht in

verschillen van de MPDI waarden van de bekleding. Nader onderzoek moet uitwijzen of er een verband bestaat met de holle ruimte in de bekleding.

In Figuur 4-2 en Figuur 4-3 is het resultaat van de meting weergegeven. De sterren geven de locaties van de boring in de lengte van de dijk weer.



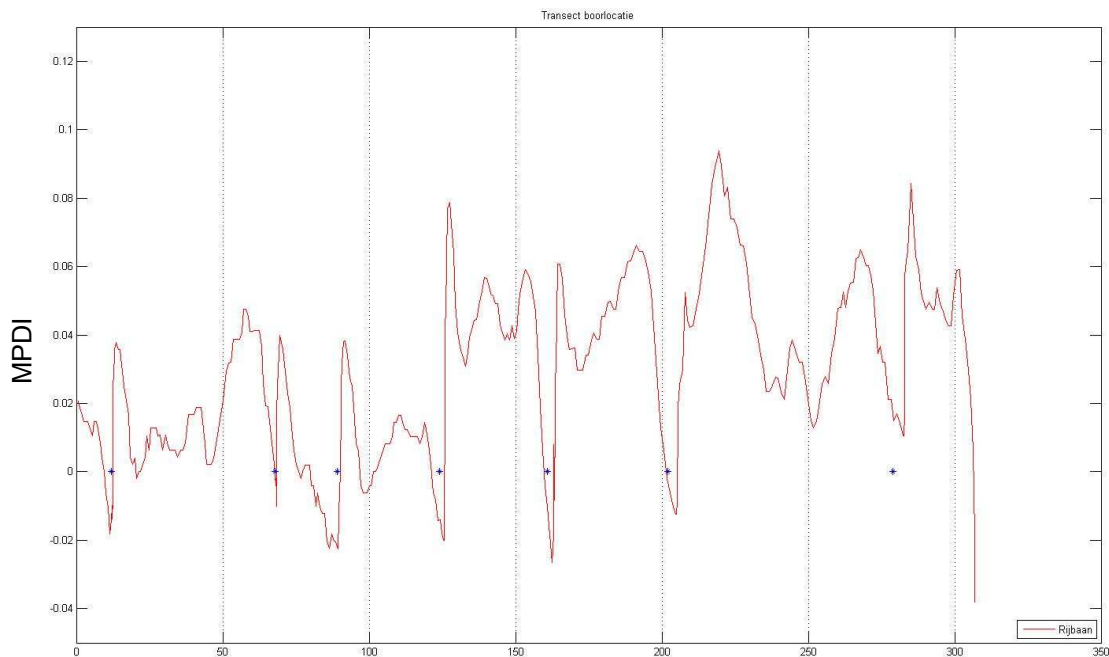
Figuur 4-2 Resultaat meting boven aan de dijk [9]



Figuur 4-3 Resultaat meting midden op de dijk [9]

Opvallend is dat de meting boven op de dijk alleen positieve MPDI waarden oplevert en dat de meting midden op de dijk zowel positieve als negatieve waarden oplevert. Een hoge waarde duidt volgens het rapport op aanwezigheid van water, een lage waarde op de aanwezigheid van lucht. Een verklaring over de verschillen tussen de metingen zijn niet gegeven.

Het resultaat van de metingen bij Ouwerkerk is gegeven in Figuur 4-4.



Figuur 4-4 Resultaat metingen Ouwerkerk

De blauwe punten in de grafiek geven de locatie van de genomen boorkernen weer. Bekend is dat bij de drie rechter punten (ca. 160, 200 en 280 m) de kernen al genomen waren en er dus gaten in de bekleding aanwezig waren. Opvallend is dat bij elk boorgat een sprong in het signaal te zien is. Ook ligt het gemiddelde van de meting van de eerste 125 m lager dan de laatste 190 m. De MPDI waarde bij de drie rechter punten is echter niet lager dan de punten waar nog geen kern genomen is terwijl hier zich een grote holle ruimte in de bekleding bevindt. Het percentage holle ruimte van de kernen is niet bekend. Het leggen van een relatie tussen de meting met de L-band radiometer en een holle ruimte in de bekleding is op basis van dit onderzoek niet mogelijk.

4.5 Conclusies en aanbevelingen

Met de L-band radiometer zijn metingen verricht op een vol en zat gepenetreerde breuksteenbekleding. De meting heeft geresulteerd in verschillende waarden van de polarisatie ratio. Er zijn verschillen gemeten tussen de meetraai boven op het talud en de meetraai in het midden van het talud. Ook over de lengtes van de dijk zijn verschillen te zien. Van de metingen op Texel is niet bekend wat de holle ruimte van de bekleding is ter plaatse van de meetraai. Een verband van de meting met de holle ruimte van de bekleding is niet te leggen. Van de meting bij Ouwerkerk is te zien dat daar waar een boorkern is genomen de MPDI waarde een grote verandering laat zien. Er is geen verschil tussen de meting waar al een boorkern genomen is en waar nog geen boorkern genomen is. Van de boorkernen is geen holle ruimte bekend zodat een verband met de meting niet goed te leggen is.

Het is de vraag of het leggen van een relatie mogelijk is.

Om een relatie te kunnen leggen moeten er meer metingen en boringen worden uitgevoerd. Hierbij moet van een kern de holle ruimte in de bekleding worden bepaald. Ook moet van die locatie voordat wordt geboord de MPDI waarde worden bepaald.

5 Resultaat overleg deskundigen

5.1 Inleiding

Onderdeel van het project is een overleg met deskundigen waarin een criterium wordt vastgelegd die gebruikt kan worden voor de toetsing van de penetratie van een breuksteenbekleding. Tijdens het overleg is gebruik gemaakt van de volgende discussiepunten:

1. Is de eis gesteld in de RAW gewenst, voldoende en bruikbaar?
2. Zijn er meer tekortkomingen die tijdens de uitvoering op kunnen treden?
3. Kan er aan de hand van de functies van de bekleding en de te verwachten hydraulische belasting een inschatting van de ernst van het probleem gegeven worden? Gedacht wordt aan de volgende functies:
 - a. Bescherming van de ondergrond
 - b. Weerstand bieden tegen statische overdruk: plaatwerking
 - c. Weerstand bieden tegen erosie-werking van golven (afzonderlijke stenen moeten vast blijven zitten)
 - d. Duurzaamheid (inwerking van zeewater)
4. Is de voorgestelde methode voor het uitvoeren van de kwaliteitscontrole tijdens het werk gewenst en uitvoerbaar?
5. Is de meetmethode van Miramap bruikbaar als toetscriterium voor de hoeveelheid holle ruimte in de bekleding?

Een deel van het overleg is onafhankelijk van deze discussiepunten gevoerd maar zijn wel terug te herleiden op deze discussiepunten. In de volgende paragrafen zijn de discussiepunten behandeld waarbij de in het overleg naar voren gebrachte punten zijn gerapporteerd. Eerst is de algemene lijn van het overleg samengevat.

5.2 Samenvatting overleg

Bij de behandeling van het voorliggende rapport is ingestemd met de conclusie dat een vooronderzoek en geschiktheidsonderzoek van groot belang voor het werk is. Al snel kwam naar voren dat er in de sortering van de breuksteen binnen de gestelde eisen teveel fijne fractie voorkomt (zie § 5.4). Ook wordtesignaleerd dat er een kennis tekort is ontstaan door het tijdelijk niet meer toepassen van gietasfalt in de waterbouw (vanwege milieu eisen). De prestatiebestekken geven teveel ruimte aan de uitvoerende partij om minder gietasfalt toe te passen dan gewenst is. Ook wordt minder gecontroleerd waardoor het eerder voorkomt dat niet aan de gestelde eisen wordt voldaan. Duidelijk is geworden dat het aanbrengen van de breuksteen vaak door een andere partij gebeurt dan het penetreren met het gietasfalt. Beide materialen moeten afzonderlijk worden getoetst op het resultaat.

Qua kwaliteitsborging is het voorstel, uitgewerkt in voorliggend rapport, een goede methode. Het gebruiken van een toetsing waarbij de frequentie en intensiteit afhangt van de prestatie van de uitvoerende partij is een gewenste toevoeging. Dit zorgt voor het niet alleen afstraffen van fouten maar ook van beloning bij goed werk.

Het blijft een feit dat gewerkt wordt met prestatiebestekken zodat er een noodzaak is ontstaan om de bekleding ook achteraf te toetsen. Duidelijk is geworden dat holtes van beperkte omvang

in de bekleding niet als een probleem worden gezien. Holtes in de bekleding zullen na verloop van tijd dicht vloeien. Grindnesten zijn een probleem als deze een oppervlakte van 1 m² of groter hebben. Als (middels boorwerk) gezocht wordt naar grindnesten kan dit het best in het onderste deel van het talud gebeuren omdat zich hier de meeste grindnesten bevinden blijkt uit de praktijk. De hoeveelheid boringen kan afhankelijk worden gemaakt van de toetsing van het proces.

Een andere methode die mogelijk kan worden gebruikt is het uitvoeren van metingen met de passieve radiotechnologie. De metingen hebben gevoelsmatig potentie maar zijn tot dusver niet voldoende gevalideerd om als methode gebruikt te kunnen worden voor het opsporen van holle ruimtes in de bekleding. Hiervoor moet meer onderzoek uitgevoerd worden. Voorgesteld is om hier proeven voor uit te voeren.

5.3 Eisen RAW Standaard

Ten aanzien van de eisen die in de RAW Standaard worden gesteld is een aantal onderwerpen behandeld tijdens het overleg.

In de RAW Standaard wordt een vulling tot 50% van de bovenste steenstukken geëist. De vraag is wat de maat is waarmee 50% wordt bepaald. Is dit van de diameter van de steen of het volume van de steen? In de praktijk blijkt te worden uitgegaan van de diameter van de steen in het oppervlak.

De vraag is gesteld of bij de werken die afgelopen jaren zijn uitgevoerd ook vooronderzoeken en geschiktheidsonderzoeken zijn uitgevoerd. Uit het overleg is gebleken dat bij enkele werken deze wel zijn uitgevoerd. De vraag blijft staan of vervolgens ook gecontroleerd is of het werk volgens het geschiktheidsonderzoek is uitgevoerd.

Een gemis in de RAW Standaard ten aanzien van de voorgeschreven gietasfaltmengsels is dat er geen vermelding wordt gemaakt van de mogelijkheden van hergebruik van materialen. In de praktijk wordt in het gietasfalt tot 50% materiaal hergebruikt. Hierbij wordt aangegeven dat de eigenschappen van het hergebruikte materiaal bekend moet zijn om tot een juist mengsel te komen. Gesignaleerd is dat hierover weinig bekendheid is in Nederland.

5.4 Tekortkomingen tijdens de uitvoering

Een groot probleem bij het aanbrengen van de bekleding zijn de fijne fracties en de vervuiling in de breuksteensorteringen. De breuksteen wordt geleverd onder certificaten zodat ervan uit wordt gegaan dat aan de sortering wordt voldaan. Er wordt echter gezocht naar de ondergrens in de sortering oftewel er wordt zoveel als toegestaan fijn materiaal in de sortering gelaten. Deze fijne materialen in de breuksteensortering hebben als gevolg dat bij het aanbrengen van de bekleding en het toevoegen van gietasfalt er grindnesten ontstaan. De penetratie van de bekleding is op die locatie niet voldoende. Er is daarom in Zeeland overgegaan van een sortering van 5-40 kg naar 10-60 kg omdat grindnesten minder voorkomen in deze laatste sortering.

Opgemerkt wordt dat bij het van toepassing verklaren van de RAW Systematiek en toezicht tijdens de uitvoering deze grindnesten niet voorkomen omdat de fijne fracties dan wel worden weggelaten. Dit omdat het gietasfalt per ton wordt verrekend door de opdrachtgever in plaats van per m² zoals in de nieuwe contractvormen gebeurt. Door de fijne fractie weg te laten ontstaan meer holle ruimtes in de bekleding waardoor meer gietasfalt toegepast wordt. Blijkbaar is het mogelijk om (op het werk) de fijne fracties te verwijderen waardoor een gewenste sortering verkregen wordt.

Het vooraf eisen van een specifieke (nauwere) sortering is mogelijk maar moet ver voor de uitvoering gebeuren. Dit omdat tijdens het stormseizoen de sorteringen worden geproduceerd en gesorteerd in de groeve die tussen de stormseizoenen in worden geleverd en aangebracht op de waterkering. Een aanpassing op korte termijn is niet mogelijk omdat de specifieke sortering op dat moment niet beschikbaar is.

Verder is opgemerkt tijdens het overleg dat het van belang is om tijdens het ontwerp rekening te houden met de koude vloeit van de mengsels. Er moet rekening worden gehouden dat het materiaal blijft vloeien ook na afkoeling.

5.5 Functies van de bekleding en inschatting ernst van de problemen

De volgende functies van de bekleding zijn behandeld:

- a. Bescherming van de ondergrond
- b. Weerstand bieden tegen statische overdruk: plaatwerking
- c. Weerstand bieden tegen erosie-werking van golfklappen (afzonderlijke stenen moeten vast blijven zitten)
- d. Duurzaamheid (inwerking van zeewater/ zuurstof/ uv-licht)

Ten aanzien van de functies a. en b. is gesteld dat een grindnest ter grote van 1 m² of meer onacceptabel is. De bekleding kan de functies niet vervullen als zich er een grindnest van dergelijke grootte in de bekleding bevindt.

Ten aanzien van functie c. is het van belang dat er zich geen doorgaande kanalen in de bekleding bevinden. Het is bekend dat er grote krachten op kunnen treden in kanalen waardoor schade door golfinslag ontstaat. Verder komt het voor dat de gietasfalt wel eens van de kop van een steen wordt afgeslagen.

5.6 Methode kwaliteitscontrole

De methode zoals beschreven in voorliggend rapport is uitvoerbaar en kan in een prestatiebestek worden gebruikt om de uitvoering van het werk te controleren. Ervaring van het gebruik van de methode in de praktijk zal nodig zijn om te valideren of de methode voldoende resultaat oplevert.

Opgemerkt is dat gebruik kan worden gemaakt van thermokoppels waarmee de temperatuur op een bepaald locatie wordt gemonitord. Door de thermokoppel tot een bepaald diepte tussen de breuksteen te laten meten kan worden vastgesteld of het warme gietasfalt tot dat punt gepenetreerd is. Deze methode wordt veel toegepast en is bruikbaar gebleken.

5.7 Meting met Miramap

Van metingen met de passieve radiotechnologie is duidelijk dat deze mogelijk veel potentie heeft in het opsporen van afwijkingen in de bekleding. De afwijkingen zoals de hoeveelheid holle ruimte of laagdikte zijn nog onvoldoende op te sporen. Ook is het de vraag wat de invloed van zout water op de meting is of bijvoorbeeld water aan het oppervlak van de bekleding. Wordt een variatie in de ondergrond bijvoorbeeld ook gemeten of is de meting hier onafhankelijk van. Meer onderzoek is noodzakelijk om antwoord te geven op deze vragen. Voorgesteld is om met praktijkonderzoek, door bijvoorbeeld proefvakken te maken waarvan de eigenschappen bekend zijn, vast te stellen wat de invloed van de laagdikte, holle ruimte en water op de bekleding is.

6 Referenties

- [1] Leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw, 1984
- [2] Ontwerp en meting van overvulde waterbouwkundige asfaltmengsels voor bodembescherming en breuksteenpenetratie (projectnr 53-27154/ Archiefnr. W-5 TAW 89), Technische Adviescommissie voor de waterkeringen, Werkgroep A, Projectgroep 4, Oosterhout, December 1989
- [3] Evaluatie van de verwerking van gietasfalt bij minimale verwerkingstemperatuur op praktijkschaal (rapport MEE-R-91165/Archiefnr. W-5 DWW 91), C.C. Montauban, C. van der Neut, 27 november 1991
- [4] Penetratie-proeven gietasfalt West Kapelle (ADG-88-29/ W-5 BITU 88), Conceptverslag, TAW/ ABG, Juni 1988.
- [5] Praktijkonderzoek met gietasfalt (Flaauwe Werk) (MAO-R-87031/ W-5 DWW 87), Dienst weg- en waterbouwkunde, April 1987
- [6] Vloeioproeven met gietasfalt-I (MAO-N-87016/ W-5 DWW 87), Dienst weg- en waterbouwkunde
- [7] Standaard RAW bepalingen 2010, CROW, Ede
- [8] Eisen aan vol en zat geopenetreeerde breuksteen, R. 't Hart, 20 April 2012
- [9] Detectie van holle ruimtes in de dijkbekleding bij Texel met behulp van Passieve Microgolven Technologie, Miramap B.V., Amsterdam/ Culemborg, Mei 2010
- [10] UAV-GC, Model basisovereenkomst & UAV-GC 2000 voorzien van toelichting, CROW, Ede, Juni 2000
- [11] The rock manual, The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition), CIRIA, CUR, CETMEF, C683, CIRIA, London, 2007

Bijlage 1 Eisen aan vol en zat gepenetreerde breuksteen

R. 't Hart

Versie 2: 24 juli 2012

Inleiding

Vol en zat gepenetreerde breuksteen is een bekledingstype wat op de Nederlandse dijken vrij frequent is toegepast. Het wettelijk toetsinstrumentarium stelt aan vol en zat gepenetreerde bekledingen niet veel eisen. Maar in het kader van kwaliteitssystemen bestaat er behoefte om te komen tot vastgelegde kwaliteitseisen voor de uitvoering van dit type bekleding. Hieraan is behoefte omdat specifieke kennis met betrekking tot dit type bekleding zeldzaam wordt bij opdrachtgevers en toezicht door of namens de opdrachtgever wordt beperkt.

Vol en zat gepenetreerde breuksteen is een bekledingstype die op verschillende niveaus op dijktafstanden kan worden toegepast. Maar vanouds wordt dit bekledingstype relatief laag op het talud toegepast, vroeger zelfs vrijwel alleen als verdediging van de teen van het dijktafstand. Als de bekleding laag op het talud ligt, dan wordt de bekleding onder frequent optredende stormomstandigheden al zwaar belast. Dat maakt dat ernstige uitvoeringsfouten al relatief snel tot zichtbare schade kunnen leiden. Dat maakt dat in de wettelijke toetsing de vol en zat gepenetreerde breuksteen weinig aandacht krijgt: de bekleding levert een relatief gering veiligheidsrisico op.

Toepassingen

De belangrijkste toepassingen van vol en zat gepenetreerde breuksteen op primaire waterkeringen zijn:

1. verdediging van de teen van de dijk
2. zelfstandige bekleding op een dijktafstand
3. overlaging van een bestaande (ontoereikende) bekleding

Afhankelijk van de toepassing en specifieke omstandigheden zullen er andere eisen aan de bekleding worden gesteld en zullen tekortkomingen aan de bekleding wel of niet binnen enkele jaren tot problemen kunnen leiden.

In deze studie worden de algemene criteria op een rij gezet. In specifieke gevallen zouden sommige criteria niet relevant kunnen zijn, bijvoorbeeld als de ondoorlatendheid of zanddichtheid niet van belang is. Dit zou bijvoorbeeld het geval kunnen zijn voor de toepassing als een overlaging van een bestaande (ontoereikende) bekleding. Het uitgangspunt bij het formuleren van de eisen is dat de bekleding een minimale kwaliteit heeft voor alle gebruikelijke functies.

functies

De vol en zat gepenetreerde breuksteen-bekleding dient de ondergrond te beschermen tegen hydraulische belastingen. Zolang deze bekleding vormvast en zand- danwel grond dicht blijft, het oppervlak gesloten is, zal die primaire functie worden vervuld.

Eis: voldoende bescherming bieden tegen uitspoelen van de ondergrond. Criterium: oppervlak gesloten, tussen alle stenen dient gesloten penetratie zichtbaar te zijn, geen scheuren door verzakkingen of andere grootschalige vervormingen.

De eis ten aanzien van zand- of gronddicht kan in principe ook door een geotextiel onder de bekleding worden verzorgd, zoals dat gebruikelijk is bij breuksteen. Maar na aanleg van de bekleding is de gronddichtheid van dat geotextiel niet meer verifieerbaar. Bij het plaatsen van zware stortsteen kan er schade aan het geotextiel ontstaan. Daarom wordt de zand- of gronddicht van de bekleding op dit punt slechts op de uiterlijke kenmerken beoordeeld.

(Nb. bovenstaande is gebaseerd op de veronderstelling dat de toegepaste geotextielen van het type “woven” zijn. En dat de “woven” bij geringere rekken scheuren dan de “non-woven”.)

Een tweede (neven)functie die de vol en zat gepenetreerde breuksteen-bekleding wel heeft, is infiltratie remmende eigenschap. De geringe toplaagdoorlatendheid verhindert dat er veel water via de bekleding in de dijk dringt tijdens hoogwater en/of bij het optreden van toetspeil. Dit kan van belang zijn om wateroverlast achter de dijk danwel hoge grondwaterstanden in de dijk te voorkomen. Hoge grondwaterstanden kunnen nadelig zijn met het oog op de stabiliteit van het dijklichaam.

Bezwijkmechanismen

De bekleding dient alle optredende belastingen gedurende zijn levensduur en ook de maatgevende belasting, te kunnen weerstaan, teneinde de vereiste functies te kunnen vervullen.

Aantasting oppervlak

Golven zullen losse onderdelen van de bekleding afvoeren, omdat de betreffende breuksteen-sortering zonder penetratie niet stabiel is. Dergelijke schade kan tot een onvoldoende laagdikte leiden met consequenties voor de stabiliteit van de bekleding danwel de ondergrond. Maar losse onderdelen kunnen alleen voorkomen bij vol en zat gepenetreerde breuksteen als de penetratie onvoldoende is.

Serieuze aantasting van de penetratie is zeer onwaarschijnlijk omdat de duurzaamheid van het mengsel door een hoog bitumengehalte erg groot is. Afslijten van de penetratie van de koppen van de stortsteen is niet als relevant.

Losse stenen kunnen enige tijd door de golven over het oppervlak rollen en nog meer stenen losslaan.

Golfklappen

Golfbelastingen op een plaatvormige bekleding leveren buigspanningen op die in het uiterste geval tot scheuren van de bekleding kunnen leiden. Vol en zat gepenetreerde breuksteen zijn dusdanig plastisch, in de praktijk dusdanig weinig gevoelig voor schade dat, afgezien van een minimale bekledingsdikte, er geen eisen met betrekking tot dit mechanisme worden gesteld.

Wateroverdrukken

De vol en zat gepenetreerde breuksteen-bekleding dient gronddichtheid te zijn, maar is dan doorgaans ook waterdicht. Dat houdt in dat dit type bekleding gevoelig is voor opdrukken. Van opdrukken is sprake als de hoge grondwaterstand een (quasi) statische waterdruk levert onder de bekleding die bij vallend water niet meer wordt gecompenseerd door de druk als gevolg van een hoge stilwaterlijn tegen het talud. Het niveau van de grondwaterstand wordt o.a. bepaald

door de bodemopbouw van de dijk zelf en van de ondergrond van de dijk, door de doorlatendheid van de dijkteen, door het niveau en de waterhuishouding van het achterland, door de neerslag en door het verloop van de buitenwaterstand.

Om stabiel te zijn dient de bekleding voldoende massa te hebben om evenwicht te maken met de grondwaterdrukken.

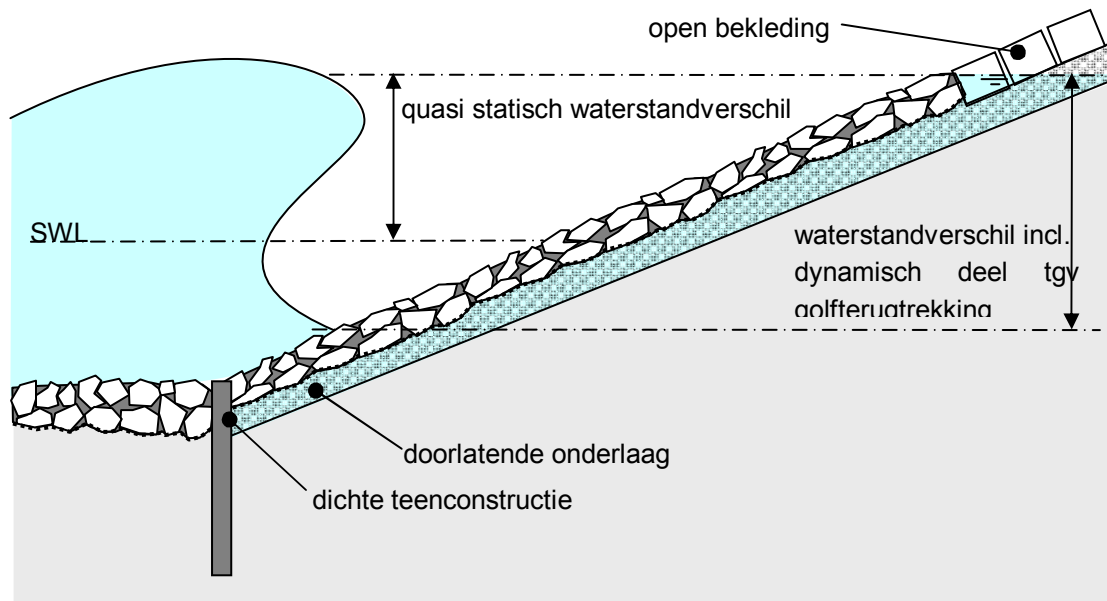
Zeker als de vol en zat gepenetreerde breuksteen wordt gebruikt als overlaging op een bestaande constructie moet rekening worden gehouden met de doorlatendheid van de onder de overlaging aanwezige lagen.

Hieronder worden de volgende situaties nader beschouwd:

1. Vol-en-zat-gepenetreerde bekleding op een matig of slecht doorlatende ondergrond;
2. Vol-en-zat-gepenetreerde bekleding op een goed doorlatende ondergrond;
3. Vol-en-zat-gepenetreerde bekleding als overlaging van een steenzetting met filterlaag op een slecht doorlatende ondergrond;
4. Vol-en-zat-gepenetreerde bekleding op een zandscheg.

1. Als de ondergrond waarop de bekleding ligt een doorlatendheid heeft van zand of een kleinere doorlatendheid, dan is dat een relatief simpele situatie, vergelijkbaar met nieuwe asfaltbekledingen aangelegd op een ondergrond van zand. Er mag geen combinatie van grondwaterstand en buitenwaterstand optreden waarbij er een zodanig quasi-statisch stijghoogteverschil optreedt dat de bekleding opdrijft.

2. Is de doorlatendheid van de laag direct onder de ondoorlatende bekleding groter dan die van zand dan is dat een ongelukkig opgebouwde constructie. Er moet dan aan zwaardere eisen worden voldaan. Als zich in de doorlatende laag onder de dichte bekleding een grondwaterspiegel kan instellen, dan moet naast een eventuele quasi-statische waterspanningscomponent ook rekening worden gehouden met de belasting door golfterugtrekking: de dynamische waterspanningscomponent. Door een grote doorlatendheid van de onderlaag kan ook bij de relatief snelle vervormingen als gevolg van golfterugtrekking er gemakkelijk water toestromen. Gedurende de golfterugtrekking valt de druk op het talud ter plaatse weg, terwijl de druk onder de bekleding redelijk in stand blijft. Dit vraagt normaliter om aanzienlijk zwaardere toplagen dan als alleen rekening hoeft te worden gehouden met de quasi-statische wateroverdruk. Daarom dient deze constructieopbouw te worden vermeden. In de praktijk zal hij ook zelden of nooit worden aangetroffen.



Figuur A dichte toplaag op doorlatende onderlaag met dichte teenconstructie

3. Als de ondoorlatende overlaging op een steenzetting met filter op een slecht doorlatende ondergrond ligt, dan kan de grondwaterstand in de steenzetting erg hoog oplopen als er geen maatregelen worden genomen om dit te voorkomen. De berging in de steenzetting is immers gering dus reeds bij een kleine infiltratie loopt de grondwaterstand in de steenzetting snel op. Het grootste risico op schade treedt op als de overlaging aan de bovenzijde grenst aan een open bekleding (bijvoorbeeld een steenzetting op filter), terwijl de teen van de overlaging ondoorlatend is, zie figuur A. In het ergste geval kan de quasi-statische wateroverdruk dan oplopen tot waarden overeenkomstig met het niveauverschil tussen de boven en onderrand van de overlaging. Om dit te voorkomen en de belastingen binnen proporties te houden is het gebruikelijk om de overlaagde steenzetting aan de bovengrens ontoegankelijk te maken voor het buitenwater, zie figuur B. Een gepenetreerde constructie tot op de slecht doorlatende laag onder de steenzetting, een zogenaamd "waterslot", moet voorkomen dat de grondwaterstand in de steenzetting niet al te hoog oploopt.

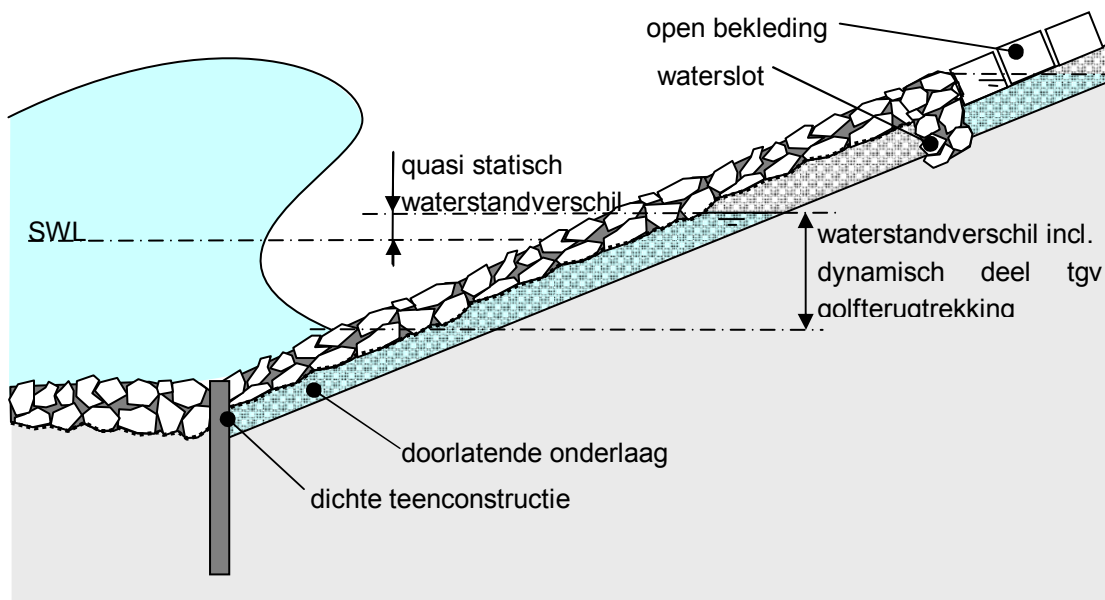
Overigens kunnen bij de noodzaak en de effectiviteit van een waterslot de volgende kanttekeningen geplaatst worden:

- Het waterslot zelf zal in de praktijk nooit perfect aansluiten op de ondergrond en is ook niet altijd voldoende gepenetreerd. Hierdoor kan de effectiviteit van het waterslot tegenvallen;
- De overlaagde steenzetting is doorgaans matig tot sterk ingeslibd, waardoor de doorlatendheid relatief gering is in vergelijking met de indertijd aangelegde steenzetting. Dit betekent dat water aan de bovengrens van de overlaagde steenzetting maar moeilijk doordringt en dat de overlaagde steenzetting geen groot gevaar vormt voor de stabiliteit van de overlaging. In feite maakt de overlaagde steenzetting dan deel uit van een matig of slecht doorlatende ondergrond (zie 1.);
- De onderlaag onder de overlaagde steenzetting is nooit geheel ondoorlatend. Vaak is sprake van zandige, matig doorlatende klei. Vanwege het grote contactoppervlak met de steenzetting kan de voeding of afstroming via een dergelijke onderlaag veel groter zijn dan

de voeding vanuit een nieuwe filterlaag aan de bovengrens van de steenzetting. De modellering is voor een dergelijke situatie veel complexer; of een waterslot voor die situatie zinvol is, zal uit een analyse moeten blijken.

Een waterslot is niet in alle gevallen van overlagen van steenzettingen met een vol-en-zat-gepenetreeerde bekleding een middel wat zinvol is.

4. Als de dichte bekleding direct op zand ligt, met daarachter een kleikern en de ondergrond van de dijk is slecht doorlatend, dan is er sprake van een zandscheg en moet serieus rekening worden gehouden met hoog oplopende grondwaterstanden en hoge quasi-statische wateroverdruk. De doorlatendheid van het zand is niet zo hoog dat rekening moet worden gehouden met de bijdrage van de golfteugtrekking: een kleine vervorming van het talud laat de waterspanningen onder het talud meteen teruglopen, omdat toestromen in zo korte tijd niet mogelijk is.



Figuur B dichte bekleding op doorlatende ondergrond met waterslot

Schade door wateroverdrukken zal over het algemeen als de buitenwaterstand zakt tot onder de maatgevende grondwaterstand in de constructie. De belasting leidt tot vervormingen van het talud en de bekleding. Daardoor kunnen er scheuren of spleten in de toplaag ontstaan waardoor de erosiebescherming ontoereikend zou kunnen worden. Overigens, in geval van een overlaging van een steenzetting zal een schade aan de overlaging door overdrukken ertoe leiden dat de quasi statische overdrukken kunnen ontsnappen. Als de golfhoogte in verhouding tot de toplaagdikte niet heel erg extreem is, dan is vervolgschade niet aannemelijk. De oude steenzetting vormt in feite een filterlaag die uitspoelen van de ondergrond uitsluit.

Tekortkomingen in de uitvoering en mogelijke gevolgen

Uitgangspunt is dat de vol en zat gepenetreerde breuksteen-bekleding goed is gedimensioneerd. Tekortkomingen in de uitvoering kunnen echter maken dat de bekleding niet de vereiste sterkte heeft, of zelfs gevoelig is voor andere mechanismen dan waarop is gerekend.

De tekortkomingen aan vol en zat gepenetreerde breuksteen-bekledingen, waar hier aandacht aan wordt besteed, hebben allemaal betrekking op de uitvoering:

1. Penetratie in orde maar tekort aan laagdikte van het vol en zat gepenetreerde breuksteen-pakket.
2. Plaatselijk ontbreekt penetratie aan het oppervlak: losliggende stenen aan het oppervlak.
3. Plaatselijk ontbreekt penetratie over de volle hoogte.
4. Onvoldoende diep gepenetreerd in de breuksteenlaag die wel dik genoeg was.
5. Penetratie bevat extreem veel luchtinsluitingen.
6. Penetratie bevat veel met elkaar verbonden holle ruimten, tot op de onderlaag toe.
7. Een overschot aan penetratie.
8. Een overschot van penetratiemortel nabij de teen van de constructie, hoger op het talud een tekort.

In de volgende subparagrafen wordt ingegaan op deze tekortkomingen: op de mogelijke consequenties, op de oorzaken en op de mogelijkheden de tekortkomingen in de praktijk te onderkennen.

1 Penetratie in orde maar tekort aan laagdikte van het vol en zat gepenetreerde breuksteen-pakket.

Als bekend is hoe dik de vol en zat gepenetreerde breuksteen-bekleding daadwerkelijk is, kan middels een (her)berekening worden nagegaan of dat de bekleding voldoende dikte heeft.

Deze uitvoeringsfout kan optreden doordat op een werk onvoldoende materialen zijn verwerkt om de gewenste laagdikte te verkrijgen. Maar veelal zal het een lokaal probleem zijn: over het gehele werk zijn voldoende materialen verwerkt, maar op de ene plaats is er een overdikte aangebracht die ten koste ging van de laagdikte elders. De laagdikte kan voor verschillende mechanismen van belang zijn. Maar in alle gevallen gaat het om de eigenschappen over een afstand van enkele strekkende meters (buiging als gevolg van golfklappen) of vierkante meters (opdrukken). Een enkele strekkende of vierkante meter die tekort schiet is daarom niet problematisch. Maar een daadwerkelijk te krappe laagdikte over meerdere strekkende meters (buiging) of vierkante meters (opdrukken) kan de bekleding ontoelaatbaar verzwakken.

Theoretisch kan een tekort aan verwerkte materialen in een dijkvak wordenesignaleerd door weging van de verwerkte materialen (weegbrieven?). Ongelijke verdeling van de materialen over een werk zal moeten wordenesignaleerd door een meting van het profiel voor het aanbrengen te vergelijken met een meting van het profiel na gereed komen van het werk. Lokale depressies in het gereed gekomen talud kunnen aanleiding zijn om de laagdikte in het werk met kernboringen te controleren.

2 Plaatselijk ontbreekt penetratie aan het oppervlak: losliggende stenen aan het oppervlak.

Als stenen aan het oppervlak los liggen, zullen deze bij serieuze golfaanval van de bekleding eraf spoelen en dus geen bijdrage aan de sterkte van de bekleding leveren. Dit kan betekenen dat de bekledingsdikte tekort schiet.

Als er slechts incidenteel stenen losliggen op de vol en zat gepenetreerde breuksteen-bekleding zijn de tekortkomingen steeds zeer lokaal. Zoals al onder het voorgaande punt is aangegeven, is een tekortkoming over een afstand van een enkele m's (buiging als gevolg van golfklappen) of m²'s (opdrukken) niet problematisch. Als de tekortkoming over wat grotere oppervlakken optreedt, dan kan de (gemiddelde) laagdikte tekort schieten en is reparatie noodzakelijk.

Deze tekortkoming kan optreden als de hoeveelheid penetratiemortel niet in overeenstemming is met de hoeveelheid aangebrachte breuksteen. De weegbrieven van de verwerkte materialen levert een eerste indicatie of de juiste hoeveelheid materialen is verwerkt. Om na te gaan of daadwerkelijk sprake is van een te geringe laagdikte kunnen kernboringen worden uitgevoerd.

3 Plaatselijk ontbreekt de penetratie over de volle bekledingsdikte.



Figuur: Voorbeeld van gat in gepenetreerde breuksteenbekleding. De onderlaag, een oude steenzetting, is zichtbaar.

Deze tekortkoming leidt ertoe dat de bekleding onvoldoende zal functioneren: de onderlaag, veelal een geotextiel, kan gemakkelijk beschadigd raken door de losse breuksteen in het gat. Daardoor kan erosie van de ondergrond gaan optreden: de bekleding faalt, met mogelijk ernstige consequenties voor de dijk als geheel.

Oorzaak is een onzorgvuldige uitvoering.

Als deze tekortkoming aanwezig is, dan is deze aan het oppervlak zichtbaar door het volledig ontbreken van de penetratie over ca. 1 m² of meer.

4 Onvoldoende diep gepenetreerd in de breuksteenlaag die wel dik genoeg is.

Deze tekortkoming is zeer ernstig: als het onderste deel van de breuksteenlaag niet is gepenetreerd, dan vormt deze in feite een doorlatende filterlaag onder een (te) dunne ondoorlatende toplaag. Door de extra filterlaag wordt de bekleding veel gevoeliger voor opdrukken, terwijl de toplaag nog dunner is dan beoogd.

Oorzaken die kunnen leiden tot deze tekortkoming zijn:

- a. slecht mengselontwerp: het penetratiemengsel niet goed afgestemd op de te penetreren steensortering (te viskeus);
- b. te dikke breuksteenlaag die niet in één slag is te penetreren;
- c. ontmenging van de steensortering en of te veel fijn materiaal in de steensortering, waardoor lokaal een sortering met te geringe steendiameter terecht is gekomen: een steendiameter die niet goed te penetreren is.
- d. een te lage verwerkingstemperatuur van de penetratiemortel op het werk (te viskeus).

Achteraf is deze tekortkoming slechts te signaleren door het nemen van boorkernen.

Als voorafgaand aan het eigenlijke werk een proefvakje wordt aangelegd, kunnen daarin de penetratiemogelijkheden worden beoordeeld. Aldus kan deze tekortkoming worden voorkomen.

Tijdens de uitvoering moet aan de hoeveelheid verwerkte penetratiemortel het probleem kunnen worden onderkend: er gaat te weinig penetratiemortel in het werk.

Wellicht biedt microgolven-radiometrie (Miramap) een mogelijkheid om de omvang van het probleem in kaart te brengen.

5 Penetratie bevat extreem veel luchtinsluitingen.

Als de bekleding veel luchtinsluitingen bevat, maar overal wel waterdicht is, dan is de bescherming tegen erosie nog wel voldoende: het defect reduceert niet de constructiehoogte, de totale laagdikte. De luchtinsluitingen hebben voor de stijfheid van de constructie en de sterkte, de plaatwerking, niet al te grote consequenties. Door grote hoeveelheden lucht in de bekleding is het soortelijk gewicht van de bekleding wel iets minder. Het is onwaarschijnlijk dat de dimensionering op overdrukken zo kritisch is, dat door de lucht insluitingen het gewicht van de laag te gering is geworden.

Ter indicatie: als ca. 20% van de gietmortel in een vol en zat gepenetreerde breuksteenmengsel wordt vervangen door lucht, dan is de dichtheid ca. 7% minder.

Door de grote hoeveelheden luchtinsluitingen zal de bekleding mogelijk wat minder duurzaam zijn. Het ligt in de lijn der verwachting dat de holtes in de loop van de tijd met elkaar in verbinding zullen komen te staan. Aldus kan een wat doorlatende bekleding ontstaan. Als de waterondoorlatendheid een eis is in het ontwerp, dan vormen veel luchtinsluitingen een potentieel probleem op de langere termijn.

De wijze van penetratie beïnvloedt de kans dat er luchtinsluitingen voorkomen. Het snel uitgieten van de penetratiemortel met een brede bak van een hydraulische kraan zal de kans op luchtinsluitingen aanzienlijk vergroten dan wanneer er met een gesloten straal wordt gepenetreerd vanuit een trechter.

De hoeveelheid verwerkte breuksteen en penetratiemortel kan wellicht een indicatie geven over extreem veel luchtinsluitingen. Nazakkingen van de penetratiemortel, die zichtbaar zijn door een lokaal laag penetratiepeil tussen de mortel-omhulde-stenen, vormt een indicatie voor extreem veel luchtinsluitingen. Kernboringen kunnen concreet aantonen dat er sprake is van luchtinsluitingen.

Mogelijk biedt microgolven-radiometrie (Miramap) een mogelijkheid om de omvang van het probleem in kaart te brengen.

6 Penetratie bevat veel met elkaar verbonden holle ruimten, tot op de onderlaag toe.

Voor de consequenties wordt verwezen naar het vorige punt: alleen hier is nu al direct na aanleg sprake van een doorlatende constructie. Als er vanuit het ontwerp eisen zijn met betrekking tot de waterondoorlatendheid, dan is deze tekortkoming ernstig. Daarnaast levert deze tekortkoming het risico op van onvoldoende zand-/ grond dichtheid.

Wegzigen van water in gaten in de bekleding is het teken dat er sprake is van doorgaande holtes in de bekleding. Als de bekleding in de getijzone ligt, dan maakt het feit dat er bij een teruglopende waterstand water in alle kuiltjes tussen de stenen blijft staan, duidelijk dat er geen sprake is van een doorlatende bekleding als gevolg van doorgaande kanalen. Met een emmer water kunnen twijfelachtige plekken gericht worden beproefd.

7 Een overschot aan penetratiemortel aan het oppervlak van de bekleding.

Op zich is een overschot aan penetratiemortel aan het oppervlak niet problematisch. Echter als de hoeveelheid penetratiemortel goed is afgestemd op de hoeveelheid te penetreren breuksteen is het een indicatie dat een deel van de breuksteenlaag niet goed is gepenetreerd. Zie daarvoor punt 4.

De overmaat aan penetratiemortel is zichtbaar aan het oppervlak, danwel nabij de teen van de te penetreren constructie, zie punt 8.

8 Een overschot van penetratiemortel nabij de teen van de constructie, hoger op het talud een tekort

Als de viscositeit van de penetratiemortel niet goed is afgestemd op het werken op het talud en op de steensortering, dan kan dat leiden tot het uitzakken van de penetratiemortel richting teen van de te penetreren constructie. Nabij de teen zal de mortel het talud uitlopen, hoger op het talud zakt de penetratie (te) diep weg in de steenlaag.

Afhankelijk van de mate waarin er penetratiemortel in de steenlaag achter blijft, kan de bekleding toch nog voldoen. Daarbij dient bedacht te worden dat golven altijd de grootste belasting in een zone onder de stilwaterlijn leveren en dat rond de maatgevende waterstand de belastingsduur geringer is dan bij lagere waterstanden. Ook overdrukken zijn vooral van belang voor de delen wat lager op het talud. Dus als de gepenetreerde bekleding vrij hoog op het talud ligt, dan zal de bovenste helft van de bekleding waarschijnlijk niet maatgevend zijn.

Deze tekortkoming is eenvoudig waar te nemen op het talud. Het zal bij een attente uitvoerder alleen aan het begin van het werk kunnen voorkomen, nooit over grote oppervlakken optreden, omdat de tekortkoming eenvoudig kan worden onderkend. Eenmaal onderkend kan de mengselsamenstelling of de verwerkingstemperatuur worden aangepast.