

79-4110 DWLW  
DI: 405319

RESULTATEN TECHNISCHE HAALBAARHEID  
DIAGNOSESYSTEEM VOOR DE  
ASFALTBEKLEDING VAN ZEEDIJKEN



GRONDMECHANICA  
DELFT

RESULTATEN TECHNISCHE HAALBAARHEID  
DIAGNOSESYSTEEM VOOR DE  
ASFALTBEKLEDING VAN ZEEDIJKEN

Stieltjesweg 2  
Postbus 69, 2600 AB Delft  
Telefoon 015-693500  
Telex 38234 soil nl  
Telefax 015-610821

Postgiro 234342  
Bank Mees en Hope NV  
Reknr. 25.92.35.911  
K.v.K. S 146461 Delft



**GRONDMEECHANICA  
DELFT**

RESULTATEN TECHNISCHE HAALBAARHEID  
DIAGNOSESISTEEM VOOR DE  
ASFALTBEKLEDING VAN ZEEDIJKEN

CO-315630/6  
December 1991  
Rr/West/1

Opgesteld ten behoeve van:  
TAW-Werkgroep A

1. Rapport nr. TAW-A4 92-4	2. Serie nr.	3. Ontvanger catalogus nummer	
4. Titel en sub-titel Resultaten technische haalbaarheidsstudie betreffende een diagnosesysteem voor asfaltbekledingen op zeedijken.		5. Datum rapport december 1991	6. Kode uitvoerende organisatie
		8. Nr. rapport uitvoerende organisatie CO-315630/4	
7. Schrijvers ir. P.A. Ruygrok		10. Projektnaam TAWA*ASFALT	11. Kontraktnummer DW 25
9. Naam en adres opdrachtnemer Grondmechanica Delft Stieltjesweg 2, Postbus 69, 2600 AB DELFT		13. Type rapport Eindrapport	
		14. Kode andere opdrachtgever	
12. Naam en adres opdrachtgever Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Hoofdafd. Waterbouw van der Burghweg 1, Postbus 5044, 2600 GA DELFT		15. Opmerkingen Projectleider DWW: R. 't Hart.	
16. Referaat  Dit rapport presenteert de resultaten van onderzoek gericht op een systematiek ter beoordeling van asfaltbekledingen op zeedijken. Het rapport behandelt allereerst de achtergronden van het onderzoek. Vervolgens wordt de gekozen systematiek voor het diagnosesysteem behandeld. Na een bespreking van meettechnieken die mogelijk een rol kunnen spelen in het diagnose-systeem, worden conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek gepresenteerd.			
17. Trefwoorden waterkering, asfalt, dijkbekleding, diagnose, meettechniek.		18. Distributie systeem -	
19. Classificatie Vrij toegankelijk	20. Classificatie deze pagina -	21. Aant. blz. 26	22 Prijs -

bladnummer : - 3 -  
ons kenmerk: CO-315630/6  
datum : december 1991

## INHOUD:

Blz.:

1.	INLEIDING	2
1.1	Omtrent de structuur en indeling van het rapport	2
1.2	De taakstelling van het diagnosesysteem	2
2.	DE BASISACHTERGRONDEN VOOR HET SYSTEEM	4
2.1	Uitgangspunten en motivering	4
2.2	De basisfilosofie achter het diagnosesysteem	5
2.2.1	De uitgangspunten	5
2.2.2	De logistieke opzet voor het systeem	7
3.	MOGELIJKHEDEN VOOR DE TECHNISCHE INVULLING VAN HET SYSTEEM	10
3.1	Een kort historisch overzicht	10
3.2	Samenvatting van resultaten uit het haalbaarheidsonderzoek	11
3.2.1	Remote-sensing voorverkenning (resolutie niet beter dan 4 à 7 m <sup>2</sup> )	13
3.2.2	Plaatselijke verkenning (oppervlakte-resolutie beter dan 1 m <sup>2</sup> )	13
3.2.3	Sterk gelocaliseerd onderzoek (niet destructieve technieken)	19
3.2.4	Sondeermethoden	19
3.2.5	Functionele relaties	19
3.2.6	Interpretatiemodel	20
3.2.7	Duurzaamheidsparameters (schadegevoeligheidsindicatoren)	20
4.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN EN PRIORITEITSTELLINGEN	22
4.1	Diagnose-systeem voor mechanische eigenschappen	22
4.2	Achtergrondonderzoek	22
4.3	Bijzondere onderwerpen	23
4.4	Financiële aspecten van apparatuurinvesteringen	23
5.	REFERENTIES	25

APPENDIX

## SAMENVATTING

De inleidende hoofdstukken 1 en 2 omvatten naast een taakafbakening en een motivering van de uitgangspunten, de structuur en de strategische opzet voor het systeem. Verder worden de gehanteerde algemene technische criteria bij het haalbaarheidsonderzoek aangegeven.

Hoofdstuk 3 betreft de technische invulbaarheid van het systeem. Hierbij is prioriteit gegeven aan de bepalingswijze van de toetsingsgrootheden (bepaling van de bekledingsdikte, representatieve moduli voor bekleding en klankbodem). Daaraan gerelateerd wordt een methode aangegeven hoe de in situ gemeten referentiegrootheden, via een ondersteunend laboratoriumonderzoek aan representatieve monsters en een geschikt model, zijn te vertalen in termen van het ontwerprekenmodel.

Daarnaast worden de mogelijkheden en beperkingen van de groot- en kleinschalige verkenningstechnieken behandeld. Zij hebben tot doel om het te onderzoeken object representatiever in kaart te brengen dan mogelijk is bij 'willekeurig' gekozen bemonsteringsposities.

In ons land toegepaste remote-sensing-technieken zijn niet zonder meer inzetbaar. De eventuele kosteneffectieve toepassing van de infrarood thermografie hangt af van de gevoeligheid van de warmtegeleiding voor veroudering of andere degradatieprocessen in asfalt, alsmede de modelmatig te analyseren parametrische resolutie van inhomogeniteiten en constructieve afwijkingen. Voor de toepasbaarheid van microgolf-technieken is het van belang of de vochthuishouding bij intact asfalt significant verschilt van die bij gedegradeerde kwaliteit (buitendien speelt ook de vraag in hoeverre het vochtgehalte de momentane mechanische eigenschappen beïnvloedt).

Een belangrijke ontwikkeling voor een mogelijke duurzaamheidsindicator (bitumendegradatie) is de magnetische resonantie (NMR) techniek. In het bijzonder geldt de belangstelling een op termijn te realiseren (verrijdbare) opstelling voor het in situ continu-monitoren. Helaas werd voor de detectie van visueel niet waarneembare scheurvorming nog geen direct geschikte techniek gevonden. Een specifieke toepassing van hoogfrequente microgolfreflektie lijkt hiertoe een laatste mogelijkheid.

Het vooralsnog ontbreken van inzetbare grootschalige verkenningstechnieken betekent een nadrukkelijker aandacht voor plaatselijk opererende, niet-destructieve technieken voor continu-lijnmonitoring, bijvoorbeeld grondradar (artefact- en mogelijk vochtdetectie) en discontinu opererende mechanische methoden als een op taluds inzetbare valgewicht-deflectometer en een eenvoudige variant van de oppervlaktegolfmethode. Hier komt de nadruk te liggen op een zo hoog mogelijke productiviteit (kosteneffectiviteit).

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten, conclusies, aanbevelingen en daarbij te overwegen prioriteiten in het kort samengevat.

## 1. INLEIDING

### 1.1 Omtrent de structuur en indeling van het rapport

Gezien de zeer uitgebreide hoeveelheid sinds 1985 verkregen informatie en de verscheidenheid van aard van de te behandelen stof is, terwille van behoud van overzicht maar tevens gewenste beknoptheid van de rapportomvang, gekozen voor een vorm waarbij in dit rapport volstaan is met een beschrijving in hoofdlijnen. Hierbij zijn de taakstelling, motivering en basis voor de opzet van het diagnosesysteem centraal gesteld. Vervolgens zijn in het kort de resultaten van het haalbaarheidsonderzoek aangegeven. In dit rapport ligt de nadruk op de daaruit afgeleide conclusies, aanbevelingen en prioriteitsstellingen.

Voorts is uit een vrij gedetailleerde conceptrapportage, die bedoeld is als documentatie voor de A4-subgroep Diagnosesystemen, een rapport samengesteld voor Projectgroep A4 [8]. Hierin zijn de resultaten van de haalbaarheidsstudie uitgebreider met technische achtergronden en argumenten toegelicht.

Aspecten die aan de orde komen zijn onder meer de evolutie van de probleemstelling, de aanvankelijke doelstelling en de technische invulling van het aanvankelijk voorgestelde systeem sinds 1986. Factoren die hierbij van invloed waren, en nog zijn, dragen relatie tot diverse omstandigheden:

- Onzekerheden en veronderstellingen uit de brainstormingsfase zijn grotendeels achterhaald, maar anderzijds vervangen door uit het onderzoek zelf voortgekomen vragen (ontbrekende kennis).
- Zienswijzen vanuit geassocieerd onderzoek (ontwerpmodel, duurzaamheid van waterbouwasfalt, mechanische eigenschappen) zijn uiteraard ook geëvolueerd, hetgeen tot diverse accentverschuivingen leidde.
- Beleidsmatige ontwikkelingen en frequente personele wisselingen in de begeleidende projectgroepen hebben ook sporen nagelaten.

### 1.2 De taakstelling van het diagnosesysteem

Deze taakstelling is kortweg als volgt [1].

1. Het systeem moet gegevens leveren voor de toetsing van de schil van de dijk (asfaltbekleding met directe ondergrond) aan de criteria uit het vigerende ontwerpmodel [3].
2. Het aangeven van (mogelijk) bruikbare aanvullende technieken en beoordelingsmethoden voor de inschatting van de huidige bedrijfstoestand van de 'schil' [5].

Op het eerste oog lijkt er misschien weinig verschil tussen beide aspecten te bestaan, maar dat is slechts ten dele het geval. Er is weliswaar een zekere overlap in de te bepalen parameters, maar er is duidelijk verschil in de hantering en ook de aard van de interpretatie van de gegevens.

- (ad 1) Deze toetsing geeft voornamelijk antwoord op de vraag of de (bekledings)constructie steekproefsgewijs aan de ontwerpnormen voldoet, en wel voor het geval zich de veronderstelde ontwerpbelasting voordoet.
- (ad 2) Dit onderdeel betreft veel meer het aspect in hoeverre te constateren plaatselijke tekortkomingen, ook bij belastingen die duidelijk lager liggen, tot (ernstige) schade kunnen leiden [1]. Dit houdt in dat de posities van de steekproeven mede op grond van een indicatieve voorverkenning worden gekozen.

Bijkomend aspect is dat het huidige ontwerpmodel zich maar in zeer beperkte mate leent ter beoordeling van de kans op (vervolg)schade. Immers, het overschrijden van een criterium voor toelaatbare buigtrekspanning of -rek geeft wel een indicatie op het ontstaan van scheurvorming (via de regel van Miner), maar het is niet mogelijk om daarmee enige voorspelling te maken omtrent de ernst daarvan. Anders geformuleerd: het bestaande ontwerpmodel is toegesneden op het voorkomen van schade. Is al een zekere mate van initiële of voortgeschreden schade of materiaaldegradatie aanwezig, dan is daarom een ander type beoordelingsmodel nodig ter karakterisering van mogelijke gevolgen (c.q. inschatting van de restweerstand van de schil) en als hulpmiddel bij het vaststellen van een termijngebonden criterium voor vervroegd of correctief onderhoud (technisch aspect binnen een concept voor kosteneffectieve onderhoudsstrategie; zie ook appendix 1). Bovenstaande bevat in wezen dan ook de motivering voor enkele hoofdactiviteiten van Projectgroep A4:

- karakterisering van de duurzaamheid van het constructiemateriaal [7]
- in situ-methoden ter karakterisering van de conditie van de schil [5]
- beoordelingssystemen voor het hanteren van deze informatie.

Binnen dit kader heeft het onderzoek Diagnosesysteem als taken:

- het aangeven van mogelijke in situ-verkenningstechnieken voor directe en indirecte (indicatieve) bepaling van toestandsparameters
- het aangeven welke achtergrondinformatie nodig is of (tijdelijk of fundamenteel) ontbreekt om een adequate relatie tussen in situ vaststelbare verkenningsgrootheden en die toestandsparameters te kunnen leggen
- bijdragen aan de opstelling van een op schadecriteria gebaseerd gedragsmodel (beoordelingssysteem).

Hierin zitten dan ook de beide elementen van het Diagnosesysteem:

- opstellen van een detectiesysteem (het instrumentatie-aspect)
- interpretatie van de resultaten (het diagnose-aspect).



## 2. DE BASISACHTERGRONDEN VOOR HET SYSTEEM

### 2.1 Uitgangspunten en motivering

Een korte en bondige samenvatting van overwegingen en nader te analyseren objecten is indertijd door Philipse verwoord in een artikelonderdeel, genaamd 'Het onderkennen van onderhoud' [2].

Periodieke (visuele) inspecties en metingen hebben tot doel:

- het verkrijgen van referentiegegevens voor volgende inspecties
- het tijdig onderkennen van schade (tijdig herstel mogelijk)
- het signaleren van onderhoud op termijn (van belang voor het tijdig kunnen reserveren van benodigde financiën, hetgeen de omslagfluctuatie beperkt).

Daarnaast werd benadrukt dat ook de oorzaken van schade moeten worden onderzocht. In dit verband werd gewezen op de potentieel ondersteunende en aanvullende informatie uit nog weinig toegepaste metingen:

- de dikte van asfaltbetonglooiingen
- de stijfheid van de asfaltmengsels.

Ten aanzien van de verandering in de tijd van materialen en het functioneren van onderdelen van de constructie werden genoemd:

- de vermindering van materiaaleigenschappen
- de doorlatendheid van verwerkte filtermaterialen
- het functioneren van het drainagesysteem in de dijk.

Wel werd benadrukt dat de waterkeringbeheerders ervan overtuigd moeten worden dat daartoe benodigde inspanning en kosten in redelijke verhouding staan tot het beoogde nut (dus de kosteneffectiviteit). Minstens even belangrijk is echter de gevoelsmatige acceptatie, die ondersteund werd met de notie dat het niet in de bedoeling kan liggen om de eigen ervaring, inzichten en inbreng van de beheerder te vervangen, maar die juist de aspecten van ondersteunende informatie en aanvullende advisering vooropstelt.

Hierop inhakend ter illustratie enkele willekeurig gekozen voorbeelden. Het is duidelijk dat bij visuele waarneming van overmatige zetting en zettingsverschillen, vooral onder bekledingen met verouderd asfalt, de eventuele vorming van kruiptrekscheuren kan worden vermoed, met name als ter plaatse daglassen of reparaties werden uitgevoerd. Evenzo zijn bij constatering van ontgroning of verzakking in de teen nabij de overgangsconstructie, of door verplaatsing van de opsluitconstructie en eventueel lichte zanduitspoeling ter plaatse (zie [3]), ook daar lokale ('hang')trekspanningen en dus trekscheurinitiaties te verwachten. Mede afhankelijk van het tijdstip van waarneming (ruim voor of tijdens het stormseizoen) kunnen zich dan de volgende vragen voordoen:

- Hoe ernstig moeten deze zwakten ingeschat worden (op grond waarvan)?
- In welk geval kan tijdelijk met provisorische reparatie worden volstaan?
- Kan een ingrijpende correctie of revisie misschien (geruime tijd) uitgesteld worden (c.q. is daartoe voldoende 'reststerkte' present)?
- Wat is de omvang van het probleem, is het louter zeer plaatselijk of een zich over een korter of langer tijd uitbreidend effect?

De vraag is dus eigenlijk: staan de beheersdiensten voldoende informatie en hulpmiddelen ter beschikking om dergelijk afwegingen (uiteindelijk gaat het toch om 'geld versus risico') voldoende scherp te kunnen maken?

Een ander aspect is dat van de waardering van (het begrip) schade. Schade is een gevolg van een tekortkoming van constructieve of ook uitvoeringstechnische aard, dan wel materiaaldegradatie (of beide, figuur 1). Beperkte schade, optredend na veelal niet extreme golf-aanval, onder andere in de vorm van open scheuren, uitspoeling, sterke vervorming zal meestal niet direct oorzakelijk aan de laatste belasting te wijten zijn, maar een niet altijd visueel constateerbare voorgeschiedenis kunnen hebben. De hamvraag die zich dan voordoet is: Hoe ernstig had de schade er uitgezien als de laatste belasting een orde intenser en/of langduriger was geweest (bijvoorbeeld de ontwerpstorm): nog steeds 'overzienbaar' of mogelijk beduidend groter (c.q. desastreus)?

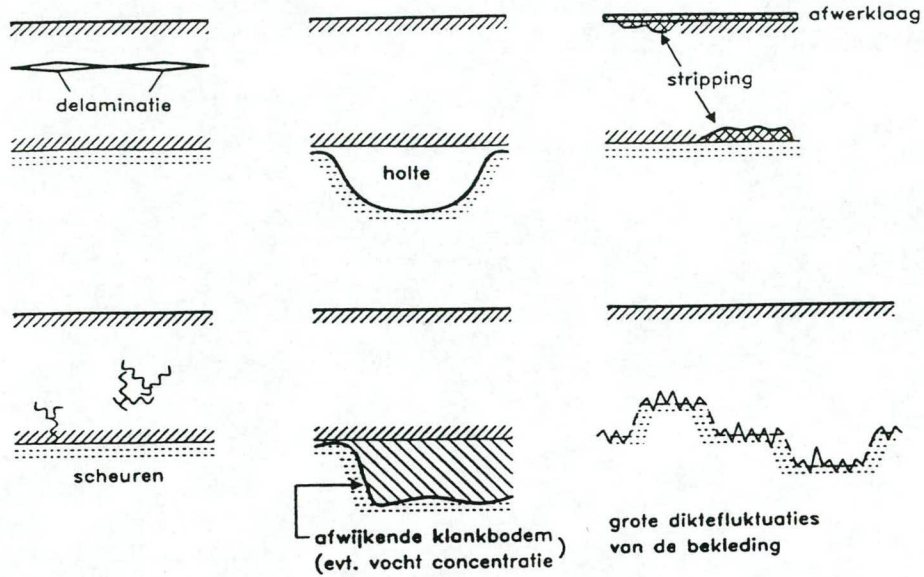
De diverse implicaties van deze vraag motiveren het onderzoek naar de uiteenlopende middelen die voor tijdige signalering nodig zijn.

## 2.2 De basisfilosofie achter het diagnosesysteem

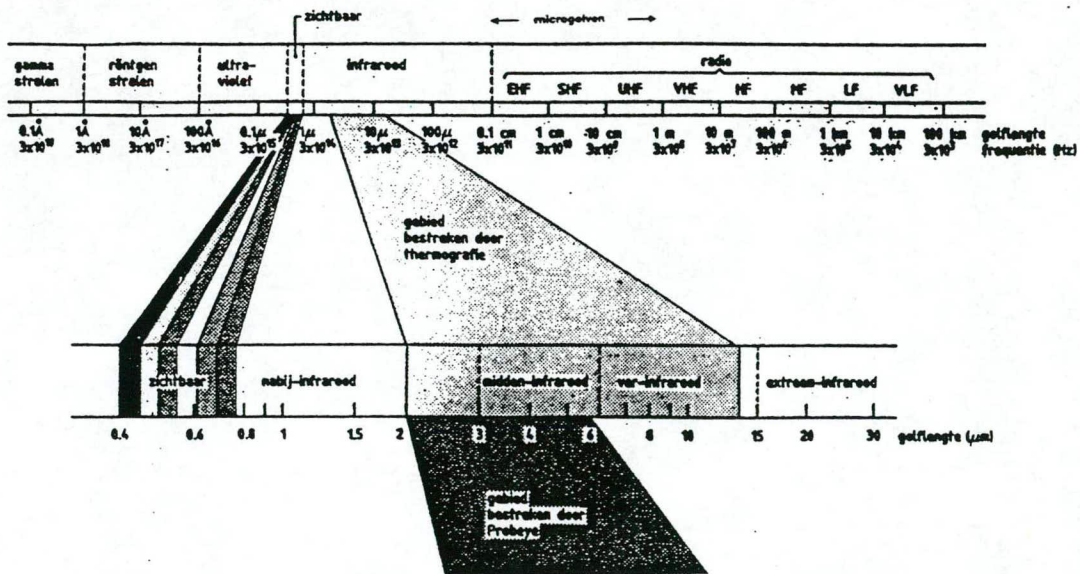
### 2.2.1 De uitgangspunten

Inhakend op de vorige paragraaf gaat het dus om het zoeken naar extra informatiebronnen voor het opsporen van posities waar zich, ondanks plaatselijke functionele 'degradatie', nog geen direct zichtbare sporen van aantasting of schade hebben gemanifesteerd (mogelijk omdat ter plaatse gedurende lange tijd geen relevante belasting plaatsvond). Enkele bijkomende overwegingen:

- (1) Schade treedt bijna nooit gelijktijdig op grote schaal op, begint altijd op aangrijpingspunten ('de zwakke schakels in de keten'), van waaruit een van diverse factoren (de aard van de hydraulische belastingen en aantasting) afhankelijke uitbreiding optreedt.



Figuur 1. Enkele geschetste varianten van plaatselijke visueel niet constateerbare tekortkomingen die mogelijk via remote-sensing contrast detecteerbaar zijn



Figuur 2. Het elektromagnetische spectrum met specifieke onderverdeling voor remote sensing met licht en infrarood thermografie

- (2) Door een samenspel van factoren (niet alleen nog niet onderkende ontwerpgebonden of plaatselijke uitvoeringstechnische manco's, maar ook omgevingsomstandigheden) kan de degradatie van materiaaleigenschappen sneller dan normaal verlopen, waardoor de constructie daar verzwakt is. Dergelijke plekken kunnen, zelfs bij regelmatige maar willekeurig gepositioneerde monsternamen, vrijwel niet worden gevonden, door het (inherent!) ontbreken van lokale correlatie van de resultaten (N.B.: dit is iets anders dan statistische spreiding!).
- (3) Dergelijke zwakke plekken kunnen geïsoleerd of als min of meer naburige groep voorkomen, maar ook als verborgen gebrek om en nabij posities die op grond van visuele inspectie al 'verdacht' werden. (Dat wil zeggen de omvang van de zwakte kan groter zijn dan lijkt.)

Dus, afhankelijk van aard, ernst en concentratie van de gebreken, af te wegen tegen de aldaar te hanteren hydraulische belasting, rijst de vraag van de mogelijke omvang van eventuele schade. In wezen is dit een vraag naar een diagnosemodel, maar voordien moet eerst de vraag naar de constateerbaarheid (de detectiemogelijkheden) worden bekeken. Die mogelijkheid moet gebaseerd zijn op enigerlei vorm van contrast (van nature present of doelgericht te activeren), hetzij met een referentie (een waarde, signaal of materiaal), hetzij met de omgeving van nog intact materiaal, dat wil zeggen als relatief contrast van de afwijking. Wil zo'n zoekactie betaalbaar blijven, dan mag zo'n methode niet het karakter hebben van de bekende naald in de hooiberg.

#### 2.2.2 De logistieke opzet voor het systeem

##### Algemene overwegingen

Naar analogie met soortgelijke problemen ligt het voor de hand eerst een globale methode te vinden die een grootschalig patroon van contrastsectoren oplevert, zoals bekend is van diverse 'remote-sensing'- technieken. Het contrast dat hiermee verkregen wordt, zal (helaas) meestal niet direct leiden tot directe uitspraken in termen van 'goed', 'verdacht' of 'slecht'. Die uitspraak is namelijk gebonden aan (mechanische) materiaaleigenschappen en/of constructieve criteria (onder andere holten onder de bekleding, delaminatie, al dan niet doorgaande scheuren, afwijkingen in de klankbodem, grondslag etc.). Remote-sensing geeft informatie in termen van fysische grootheden (zie figuur 2) van het meetprincipe (straling, geluid, interferentie) en staat meestal niet in directe relatie tot de uiteindelijk gewenste informatie. Het plaatselijk waargenomen contrast in die fysische grootheid kan wel samenhangen met die gebreken, maar ook beïnvloed worden door andere parameters (resolutievermindering, lagere significantie).

De eventuele geschiktheid als 'gidsfunctie' is dan ook onderworpen aan criteria als gevoeligheid, selectiviteit, resolutie, de mate van ongevoeligheid voor doorgaans variabele omgevingsomstandigheden, etc. Bij gunstige condities zijn er dan onderscheidbare contrastsectoren. Deze informatie moet enerzijds geconfronteerd (kunnen) worden met de gegevens uit de visuele inspectie (rapporten, databank) en anderzijds met resultaten van onderzoekstechnieken op de locatie. Bij vrij forse

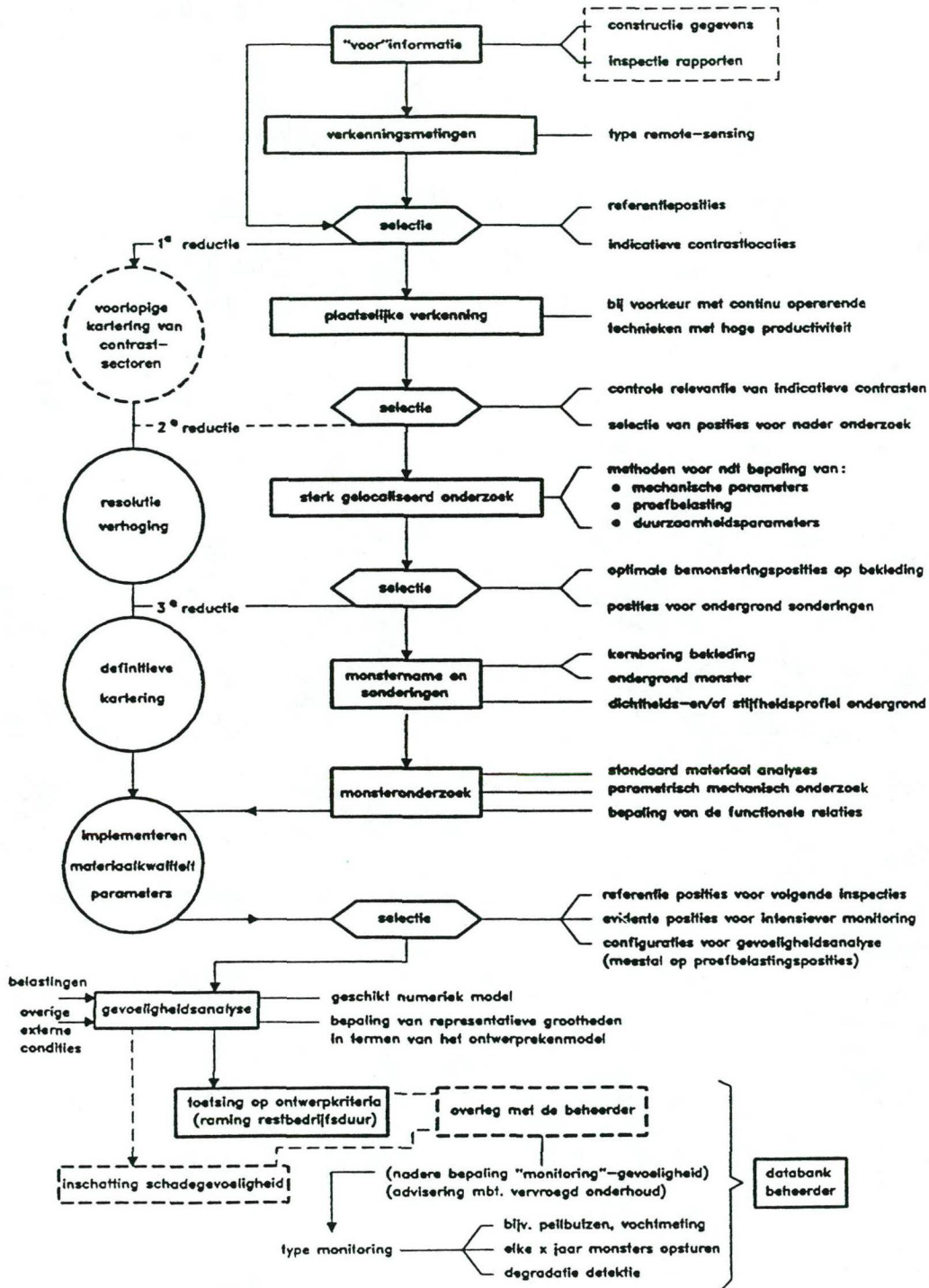
omvang van de contrastsectoren ligt het meer voor de hand eerst met plaatselijke verkenningsmethoden te werken, die in meer directe relatie staan met 'de mechanische kwaliteit'. (De valgewichtdeflectiemethode is daar een bekend voorbeeld van.) Hierdoor wordt het kwalitatief gezien indicatieve beeld van de grootschalige verkenning aanzienlijk aangescherpt, waardoor gerichte informatie ontstaat voor gemotiveerd (in plaats van ad hoc) plaatselijk onderzoek.

Het doel van bovengenoemde, getrapte, voorverkenning (zie ook figuur 3 en 4) is dus het bereiken van een hogere efficiëntie bij de volgende activiteiten:

- selectieve, en dus ook effectiever, monsternamen en 'destruc-tief' onderzoek (penetratie-sonderingen), omdat die posities optimaal gekozen kunnen worden
- afbakening van locaties die in de toekomst intensiever 'monito-ring' behoeven, alsmede referentiegegevens van de intacte sectoren (mede aan de hand van terugkoppeling vanuit standaard en zonodig specifiek monsteronderzoek op stripping, vermoeiing, etc. en zonodig gevoeligheidsanalyse van de lokale situatie).

Een en ander is weergegeven in een relatieschema (figuur 3).

Hiermee zijn we terug bij (de uitgangspunten) van de vorige paragraaf en gaat het vervolgens om de technische invulbaarheid en de daarvoor te hanteren criteria met de kosteneffectiviteit als beslisparameter, binnen het kader van een 'gewogen veiligheid'. Resteert tenslotte het omschrijven van de eerder genoemde geschiktheidscriteria bij de selectie en analyse van de technieken of meetprincipes voor de instrumentatie van het diagnosesysteem.



Figuur 3. Functieschema bij de opzet van het diagnosesysteem

### 3. MOGELIJKHEDEN VOOR DE TECHNISCHE INVULLING VAN HET SYSTEEM

#### 3.1 Een kort historisch overzicht

1982-1985 Naar aanleiding van het modelonderzoek golfklappen en rapporten van de Commissie Verdichting Asphalt-dijktaluds en de Dienst Weg- en Waterbouwkunde [4] werd primair aandacht gegeven aan verkenningsmethoden voor het dijklichaam, ook met betrekking tot de aspecten procesbewaking (opsputten, verdichting) en de filterwerking (grondwaterbeweging, verzadigingsgraad, verwekingsrisico).

1985-1987 Als gevolg van prioriteitsverlegging op aandrang van de Asphaltbegeleidingsgroep (ABG) werd het aandachtsveld allengs beperkt tot de 'schil' (bekleding en directe ondergrond) van de dijk. Ook aandachtspunten met betrekking tot overgangconstructies en mechanische eigenschappen van een voortaludbekleding van gepenetreerde stortsteen werden opgeschort. Verder werd een begin gemaakt met te pogen het begrip schade-gevoeligheid nader te formuleren, in relatie tot eventuele detectiemogelijkheden (c.q. monitoring) van visueel niet waarneembare schade-ontwikkeling [5].

1987-1991 Primair aandachtspunt in deze periode was de bepaling van benodigde parameters voor toetsing van het ontwerpmodel, bij voorkeur door middel van 'niet-destructieve' in situ-technieken. Daarnaast werd nagegaan in hoeverre zowel indirecte survey-methoden voor de verkenning van grotere oppervlakken, als meer plaatselijk werkende technieken geschikt konden zijn voor kwaliteitsbeoordeling van de bekleding (principe van selectieve reductie van te onderzoeken oppervlak) [1,5].

Bezetting van de projectgroepen in deze perioden:

1982-1987 Ir. E. Ebbens (\*), Ir. P. Ruygrok (\*\*),  
Ing. F. Schenkeveld (\*\*), Ing. B.P.H. The (\*)

1987-1989 Ir. H. Allersma (\*\*\*), Ing. R. Buiten (\*),  
Ir. A.C. Pronk (\*), J. Eikelboom (\*), Ing. C. Montauban (\*),  
Ir. P. Ruygrok (\*\*), Ir. L.E.B. Saathof (\*),  
Ing. F. Schenkeveld (\*\*)

1990-1992 Ir. R. 't Hart (\*), Ing. C. Montauban (\*),  
Ir. P. Ruygrok (\*\*),  
adviseur: Prof.Dr.Ir. A.A.A. Molenaar (\*\*\*)

\* Dienst Weg- en Waterbouwkunde

\*\* Grondmechanica Delft

\*\*\* Technische Universiteit Delft

### 3.2 Samenvatting van resultaten uit het haalbaarheidsonderzoek (Indeling naar diagnoseschema zie figuur 4)

Het schema in figuur 4, dat gerelateerd is aan het functieschema in figuur 3, bevat per categorie (verkenning of bepaling) een aantal technieken of instrumenten die in principe toegepast kunnen worden voor de aangegeven globale of meer kwantitatieve bepaling van een grootheid. Niet alle onderzochte of mogelijke technieken zijn hier genoemd:

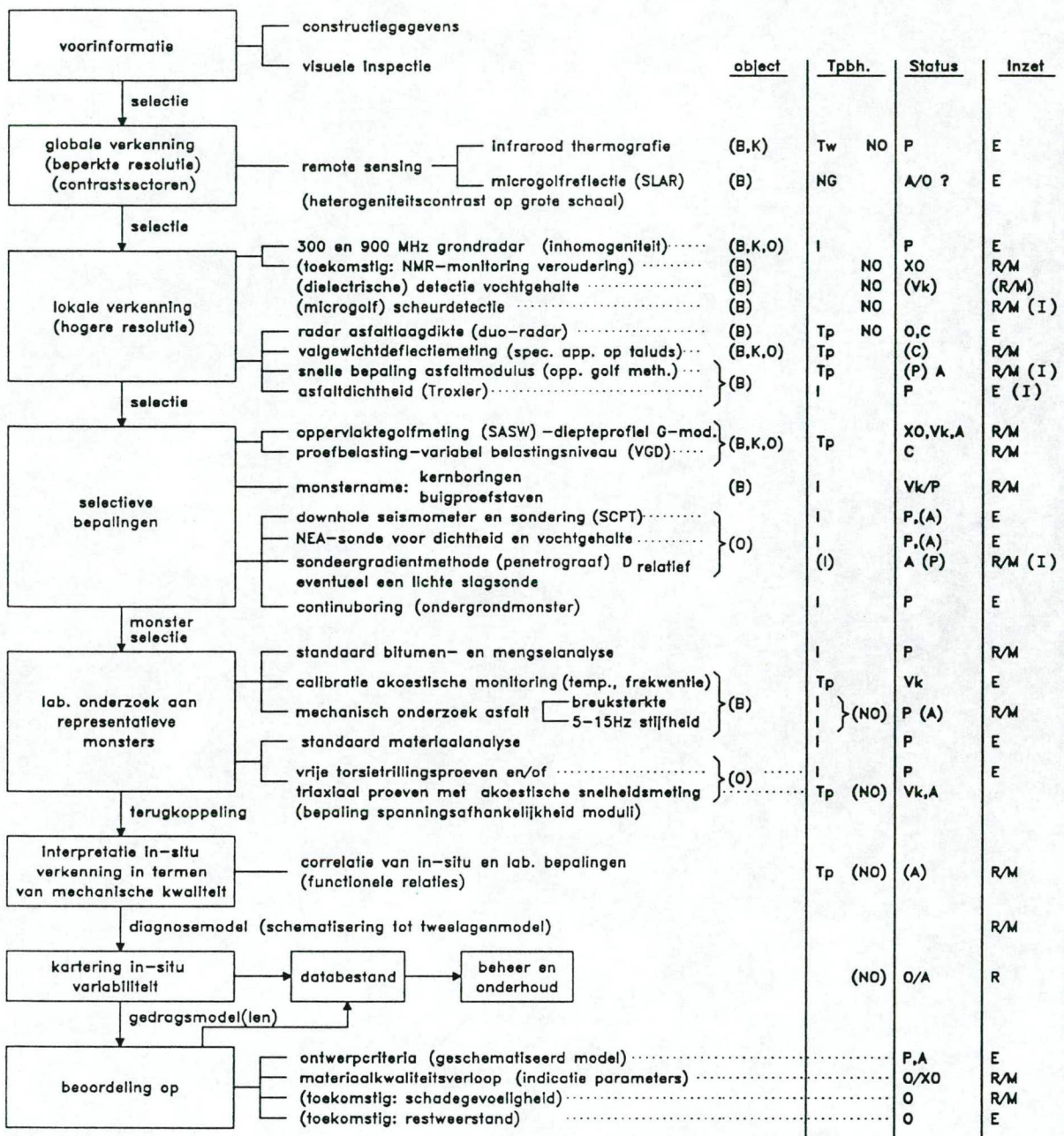
- in principe in de laboratoria-sfeer succesvolle methoden die niet, of alleen met hoge kosten, adapteerbaar kunnen worden voor in situ toepassing
- in situ-technieken die voor het gestelde doel tekortschieten of qua kosteneffectiviteit niet (kunnen) voldoen.

Deze technieken werden wel in voorgaande projectrapportages [1, 5, 8] behandeld.

Bij de hier vermelde methoden is ook de operationele status aangegeven (zie de legenda), waarbij alleen de categorie 'inzetbaar' direct operationeel en kosteneffectief wordt geacht. Bij de 'toepasbaar' gekwalificeerde methoden vergt het bereiken van die status nadere aanpassingen. Enkele genoemde technieken, gewaarmerkt met (I) in de laatste kolom, lijken in een gebruikersvriendelijke versie geschikt voor gebruik bij de Technische Diensten van de beheerder, en lenen zich goed voor het verkrijgen van direct aanvullende informatie bij de visuele inspectie.

Overigens (zie de kolom 'inzet') betreft het een instrumentarium-potentieel, dat normaliter niet bedoeld is om in geval van toetsing in zijn totaliteit te worden ingezet. Afhankelijk van de resultaten van een incidenteel voorkomende grootschalige controle (E) kan volstaan worden met reguliere (vijfjaarlijkse) metingen (R) op referentieposities of een meer intensieve monitoring (M) op afgebakende locaties, indien de ingeschatte schadegevoeligheid daartoe aanleiding geeft. Aanleiding hiertoe kunnen een meer dan gemiddeld tempo van achteruitgang van de kwaliteit van het bekledingsmateriaal, overmatige vervorming door onder andere ondermaatse kwaliteit van de ondergrond, reparatie-onvolkomenheden of tekortkomingen bij overgangsconstructies etc. zijn. Afhankelijk van de aard van de plaatselijke problematiek is het dan zaak om uit het beschikbare instrumentarium een passend en samenhangend pakket technieken te selecteren om (zo kosteneffectief mogelijk) het nodig geachte informatiegehalte te verkrijgen.





LEGENDA

object	Toepasbaarheid (bestaande techniek)	Operationele Status	Toepassing / Inzet
B- bekleding	I - inzetbaar	P - present	E - eenmalig of incidenteel (~ per 10 jaar)
K- klankbodem	Tw- toepasbaar	Vk- verkrijgbaar	R - regulier (~ per 5 jaar)
O- ondergrond	NG- niet geschikt	C - constr./blauwdruk	M - monitoring (1-2 jaar)
	NO- nader onderzoek	O - ontwikkeling nodig	I - inspectie (beheerder)
	( )- voorwaardelijk	A - aanpassing gewenst	

Figuur 4. Technische invulling en status van het Diagnosesysteem

### 3.2.1 Remote-sensing voorverkenning (resolutie niet beter dan 4 à 7 m<sup>2</sup>)

Vooralsnog is er geen direct geschikte toepassing van in Nederland gangbare technieken gevonden. Bij de infrarood thermografie lijkt de eventuele toepasbaarheid beperkt tot grotere afwijkingen (zie ook figuur 1):

- forse delaminaties (bijvoorbeeld op reparaties waar een deel van de bekleding werd uitgefreesd en opgevuld)
- plaatsen met niet continu aanliggende bekleding of grotere holten
- tekortkomingen bij de overgangsconstructie.

Mocht bij nader onderzoek blijken dat veroudering een systematisch en voldoende gevoelig effect op de warmtegeleiding heeft, dan zijn de perspectieven gunstiger [8].

De in Nederland bestaande microgolfmethode (SLAR) is door het toegepaste meetprincipe voor het diagnosesysteem onbruikbaar. Er is niet nagegaan of in het buitenland of bij militaire verkenning toegepaste varianten mogelijk geschikt zijn.

Ook moet bedacht worden dat experimenten met bovengenoemde technieken een (naar TAW-maatstaven) fors budget vergen.

### 3.2.2 Plaatselijke verkenning (oppervlakte-resolutie beter dan 1 m<sup>2</sup>)

Ten aanzien van continu metende elektromagnetische verkennings-technieken voor bekleding en directe ondergrond het volgende.

De toepassing van een infraroodscanner (zie 3.2.1 voor de onderwerpen) is te overwegen, indien:

- warmtediffusieparameters, van een representatief scala monsters uit proefvakken, uitwijzen dat voldoende contrast is te verwachten als gevolg van veroudering van het asfalt
- numerieke simulaties met een thermisch rekenmodel uitzicht bieden op het constateren van in 3.2.1 genoemde constructieve afwijkingen van relevante omvang.

De toepasbaarheid van microgolven in de vorm van grondradar is op diverse proefvakken vastgesteld:

- Voor artefactdetectie tot  $\sim 1$  m diepte is gangbare grondradar-apparatuur met een middenfrequentie in de orde 500 MHz - 900 MHz toepasbaar (voorbeeld: figuur 5).
- Voor een onafhankelijke bekledingsdikte-profielmeter is een aparte variant voorzien (principe: figuur 6). Voor de ontwikkeling hiervan ligt een gedetailleerde planning gereed [6].

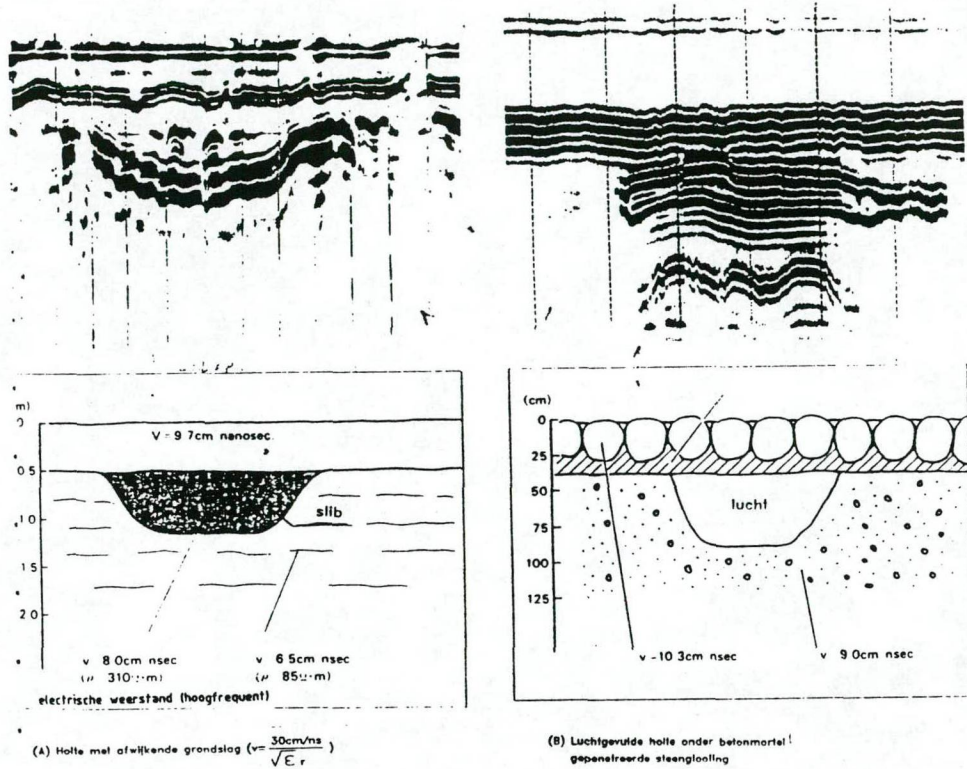
Mogelijk levert deze meettechniek als bijproduct (de diëlektrische constante) een maat op voor plaatselijk te constateren vochtgehalteverschillen (indirecte duurzaamheidsparameter).

Als discontinu werkende mechanische verkenningsmethoden met voldoende productiviteit werden twee opties beschouwd:

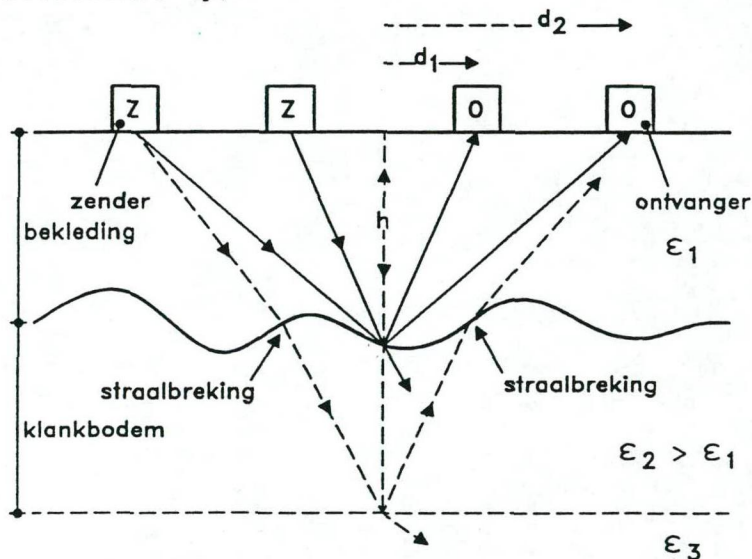
- de valgewichtdeflektometer voor steilere taluds, waarvoor een principe-ontwerp werd opgesteld (figuur 7). Als eerste verkenningscriterium is de combinatie van maximum deflectie en signatuur (figuur 7) van de deflectiecurve voorgesteld [6].
- een oppervlaktegolfmethode (werkend bij circa 6 à 8 kHz). De hiertoe denkbare variant, hetzij van het type Goodman Vibrator of een S.A.S.W.-techniek (figuur 8) voor een snelle bepaling van (plaatselijke verschillen in) de effectieve asfaltstijfheid, is sterk afhankelijk van de mogelijkheid van een snelle methode voor een goed contact tussen transducent en bekleding.

Gezien de belangrijk geachte rol van het vochtgehalte in de bekleding als duurzaamheidsparameter (en mogelijk ook voor de mechanische grootheden) is gekeken naar mogelijkheden voor ndt-bepaling van de daarvoor gevoelige complexe diëlektrische constante. Van de beschouwde uitvoeringsvarianten bleef, gezien de oppervlakteruwheid van de bekleding een breekpunt vormt, de Portable Dielectric Probe (figuur 10) van Microwave Associates over. Om te bereiken dat het dieptebereik tenminste 0,15 m bedraagt, is een aanpassing nodig. De weegfunctie van de probe neemt echter progressief met de diepte af.

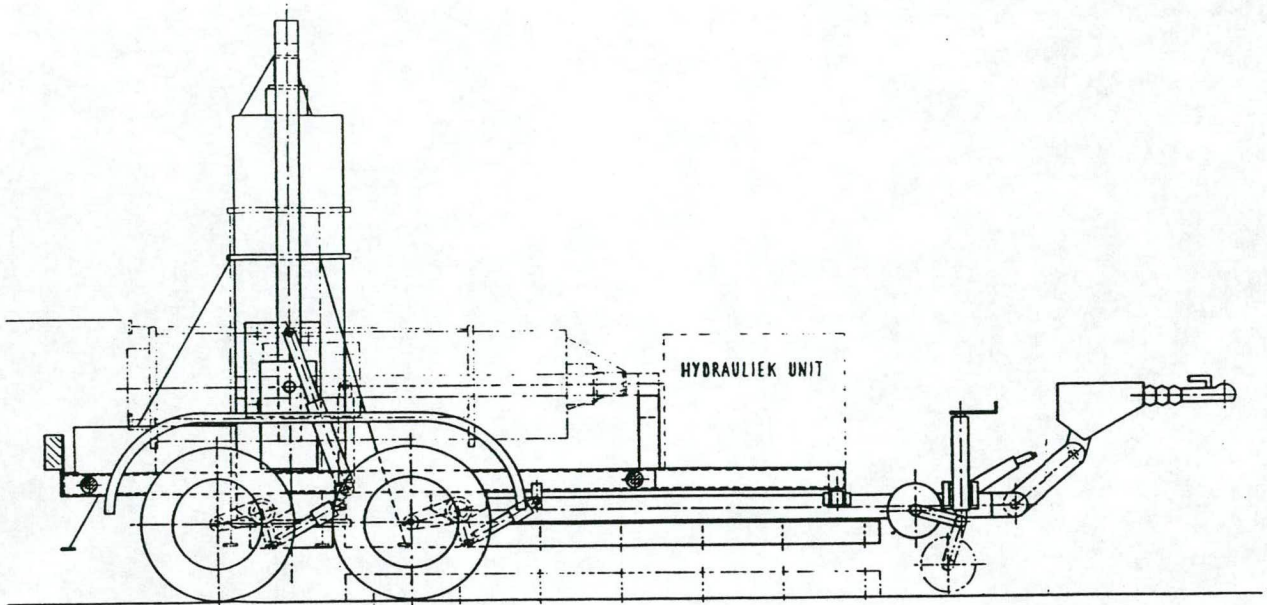
Het is echter nog de vraag in hoeverre er een eenduidige relatie bestaat tussen diëlektrische constante (c.q. vochtgehalte) enerzijds en duurzaamheid anderzijds. Daarnaast is het nog niet duidelijk in hoeverre de toplaag van de bekleding (circa 10 cm) representatieve waarden voor het vochtgehalte oplevert. Aangezien de diëlektrische probe hoofdzakelijk de toplaag bemeet, is aanvullend onderzoek ten aanzien van voornoemde punten noodzakelijk om de effectiviteit van de probe als discontinu werkende verkenningsmethode te bepalen.



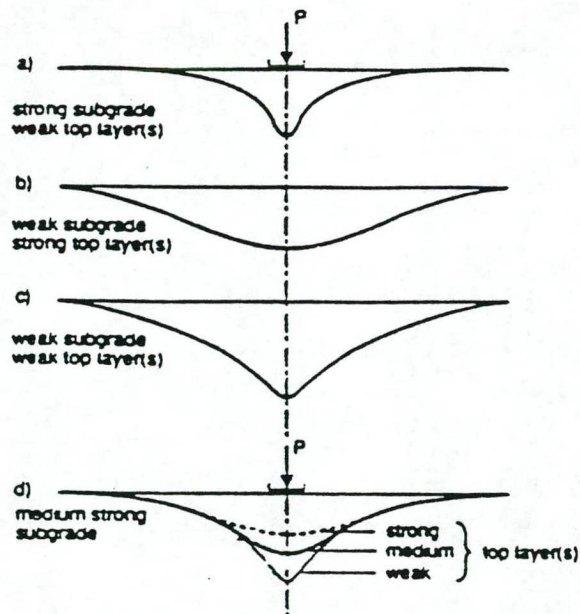
Figuur 5. Grondradardetectie van holten onder een bekleding (de snelheid in lucht is  $\sim 30$  cm/ns bij slib  $\sim 6$  cm/ns in contrast met  $\sim 12$  cm/ns in de ondergrond. Er treden ook multipele reflecties op).



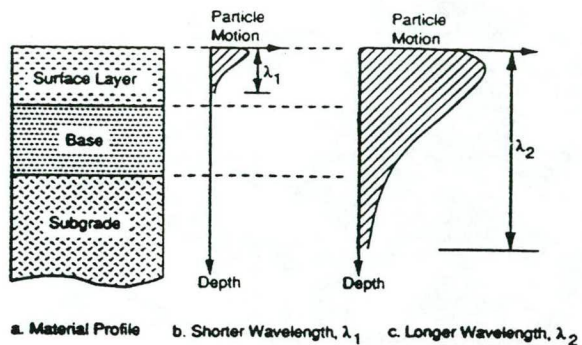
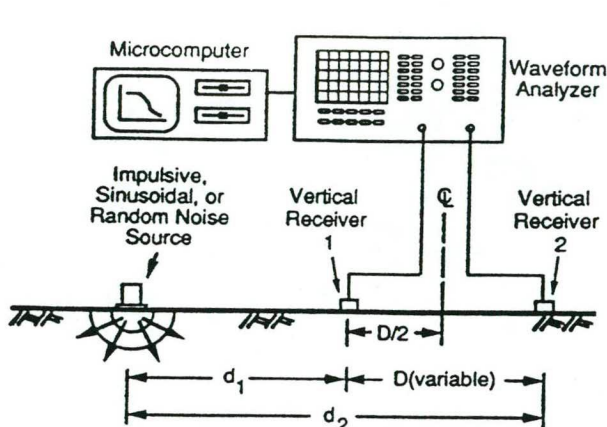
Figuur 6. Diëlektrische laagdiktebepaling met een dubbel grondradar-systeem (common depth point duo radar methode)



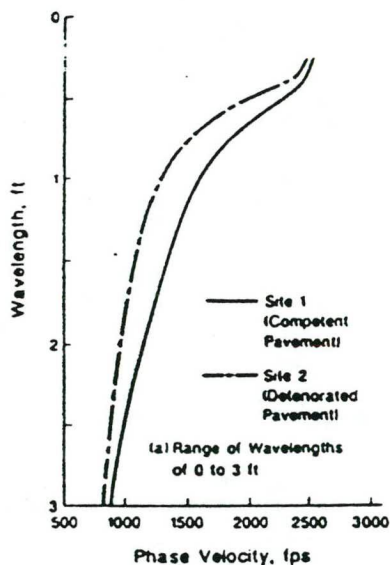
Figuur 7. Valgewichtssysteem, ontworpen bij de centrale werkplaats (TUD), dat ook geschikt is voor het opereren op taluds tot 1:4



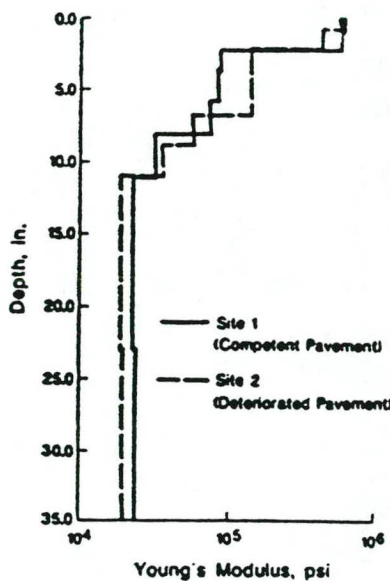
Figuur 8. Illustratie van het gebruik van de signatuur van deflectiecurven



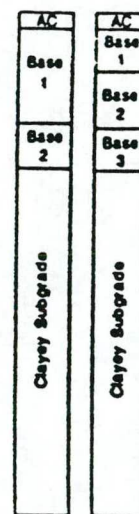
APPROXIMATE DISTRIBUTION OF VERTICAL PARTICLE MOTION WITH DEPTH FOR TWO SURFACE WAVES OF DIFFERENT WAVELENGTHS



Comparison of dispersion curves from Sites 1 and 2 before rain.

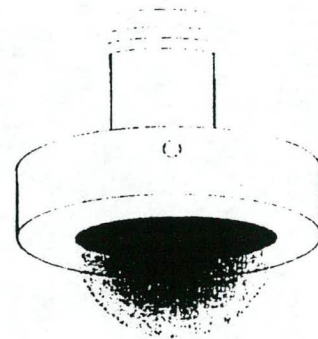


Young's Modulus Profile



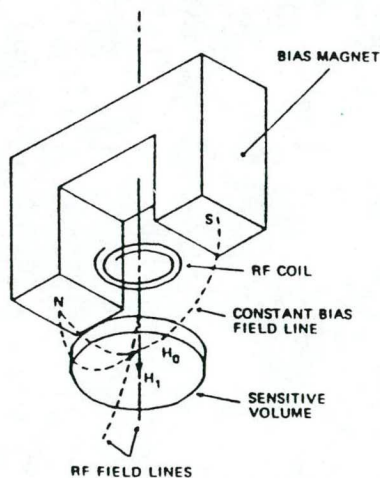
Site 1 (b) Site 2 Material Profiles from Coring

Figuur 9. Illustratie van de SASW-methode op een wegconstructie. Links de oppervlaktegolfdispersie-curve (golfsnelheid versus golflengte die ook maatgevend is voor de bemonsterde diepte). Rechts het via een inversie-algoritme verkregen modulusprofiel met de diepte voor beide locaties



Electrical field,  
 emanating from probe

Figuur 10. De diëlektrische oppervlaktesonde van A.M.C. en een schematische impressie van het participierend meetvolume



Flat configuration of NMR for field measurement of soil content

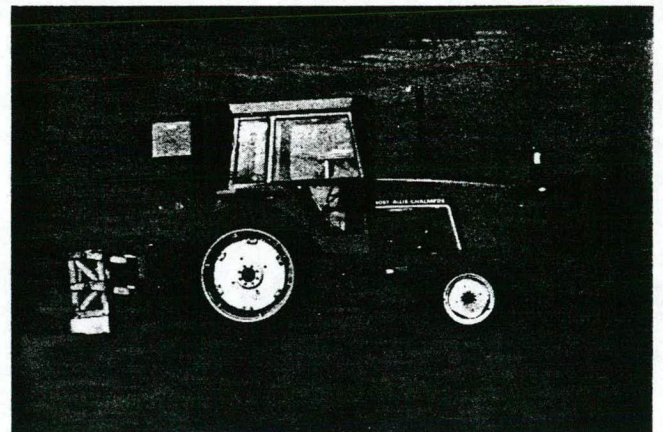


FIGURE 6 Tractor-mounted NMR soil moisture instrument

Tractor-mounted NMR soil moisture instrument

Figuur 11. NMR-eenheid voor continue in situ metingen van het watergehalte in toplagen. Op termijn kan wellicht een dergelijke opstelling ten behoeve van de in situ-monitoring verouderingsprocessen in het bitumen worden ingezet.

### 3.2.3 Sterk gelocaliseerd onderzoek (niet destructieve technieken)

Op basis van de verkenningsresultaten worden posities geselecteerd voor lokaal onderzoek. Hiertoe kunnen de volgende technieken worden aangewend ([8], zie figuren 7 en 9):

- een proefbelasting door middel van de valgewichtdeflectometer, maar nu bij meerdere belastingsniveaus en deflektiemeting in meerdere richtingen
- een oppervlaktegolftechniek (SASW methode) ter bepaling van referentie-modulusprofielen van bekleding en ondergrond.

### 3.2.4 Sondeermethoden

Op posities waar op grond van voorgaande informatie 250 mm  $\phi$  kernboormonsters uit de bekleding worden getrokken, zijn mogelijk [5]:

- dichtheid- en vochtgehalte-metingen door middel van radioactieve straling (NEA-sonde)
- seismische metingen met een sonde, die over een interval van 1 m diepte de gemiddelde elastische referentie-moduli van de ondergrond oplevert. (Voor de toplaag is dit interval wat grof, enige aanpassing van de techniek of apparatuur zou gewenst zijn.)
- toepassing van een (licht aan te passen) handzame penetrograaf (STIBOKA) om een idee te krijgen van de pakkingsvariabiliteit (relatieve dichtheid) van de toplaag, mits ijking aan een representatief grondmonster heeft plaatsgevonden.

### 3.2.5 Functionele relaties

Zowel asfalt als ondergrond (eventueel een tussengelegen klankbodem) worden gekenmerkt door parametrisch gevoelige moduli. Voor nadere bepaling van die grootheden onder winterstormcondities (golfklappen) moeten daarom de onder afwijkende omstandigheden bepaalde (referentie-)waarden worden vertaald. De daartoe nodige relaties worden gelegd via onderzoek aan monsters [5,8].

- Voor het waterbouw-asfaltbeton zijn dit (tenminste voorlopig) vierpuntsbuigproeven, uit te voeren bij een aantal relevante temperaturen en frekwenties (in de toekomst is het vermoedelijk mogelijk deze bepalingen te combineren met het driepuntsbuigproef-vermoeiingsonderzoek voor de breuksterkteparameter).
- Voor ondergrondmateriaal is de spanningstoestandsgevoeligheid van de glijdingsmodulus te analyseren met de zogeheten vrijetorsietrillingsproef. Voor een completere bepaling van de functionele relaties is een specifiek aangepaste triaxiaalproef nodig.



### 3.2.6 Interpretatiemodel

De voor het ontwerpmodel voor golfklappen maatgevende grootheid is het verloop van de buigtrekspanning onderaan de bekleding.

Het ontwerp rekenmodel (plaat op veren onder elastostatische belasting) is zo sterk geschematiseerd, dat de optredende variabiliteit in de mechanische karakteristieken niet zonder meer in de daar gehanteerde grootheden is te vertalen.

Als tussenfase in de vertaalprocedure is daarom voorgesteld om een eindige elementen dynamica rekenmodel in te lassen, dat getoetst wordt aan de resultaten van de proefbelasting (axiale symmetrie).

Vervolgens wordt de rekenconfiguratie (vlakke vervorming) belast met een geschematiseerde golfklap en de buigtrekspanning bepaald.

Via beschreven procedures zijn een effectieve laagdikte en equivalente ondergrond-stijfheid voor het ontwerpmodel te bepalen op basis van het criterium dat dezelfde buigtrekspanning in het ontwerpmodel optreedt. De rekenexercities leveren bovendien gegevens op die kunnen leren of en wanneer een statische benadering opgaat.

### 3.2.7 Duurzaamheidsparameters (schadegevoeligheidsindicatoren)

Het duurzaamheidsonderzoek aan waterbouwasfaltbeton [7] is nog niet zover gevorderd dat op metingen gebaseerde harde en eenduidige kentallen zijn te geven. Daarom zijn de aanbevelingen (zie verderop ook 4.2 en 4.3) vooral gericht op de bepaling van schadegevoeligheidsindicatoren.

Behalve voor het reeds in 3.2.2 genoemde onderzoek naar het vochtgehalte, hier meer in relatie tot holle ruimte en 'stripping', zijn er weinig direct bruikbare continue verkenningstechnieken gevonden. Sinds enkele jaren wordt systematisch onderzoek verricht naar de mogelijkheden van N.M.R. (nucleair magnetische resonantie) bij het asfaltonderzoek, onder meer door het E.N.P.C. (Ecole National des Ponts et Chaussées) en bij S.H.R.P. (Strategic Highway Research Program). Hierbij is de aandacht onder meer gericht op de diverse mechanismen van hechting van bitumen aan mineraal, veroudering van de bitumen en de relatie met de mechanische eigenschappen (onder meer vermoeiing, de relatie tot scheurvorming en de vochtgevoeligheid, die in relatie staat tot 'stripping').

De mogelijkheid van een mobiele N.M.R.-meeteenheid, (zie figuur 11) voor de detectie van zowel vocht als verouderingsparameters, is pas op langere termijn (4 à 8 jaar) te verwachten.

Voor de detectie van visueel nog niet waarneembare scheurvorming, van groot belang voor de directe schadegevoeligheid, zijn geen directe aanknopingspunten gevonden bij daartoe op andere vakgebieden toegepaste technieken.

Aanbevolen wordt een laatste mogelijkheid te onderzoeken, namelijk de toepassing van hoogfrequent (orde 10 à 40 GHz) microgolven in de vorm van een radar-reflektiemethode. Bij deze hoge frequentie ligt de relatieve diëlektrische constante van de meeste materialen in de orde  $\epsilon = 3$  à 4, hetgeen een golflengte in de orde 5 à 20 mm levert. Dit lijkt voldoende klein voor een goede reflectiegraad van ook kleinere scheuren. Twee aspecten lijken noodzakelijk:

- De radarbundel dient gecollimeerd te worden (via een parabolische spiegel of een andere geschikte techniek).
- Er moet schuin ingestraald worden (reflektie op verticale scheuren, en bij voorkeur geen maaiveldreflektie anders dan de onvermijdelijke door de oppervlakteruwheid).

Andere, discontinue, methoden als geluidsreflektie of de bepaling van de luchtdoorlatendheid zijn, gesteld dat ze in principe toepasbaar blijken, dermate onproduktief dat het uit logistiek oogpunt geen efficiënte methoden voor snelle verkenning van de lokalisering van scheuren kunnen worden.

Tenslotte is de mogelijkheid te overwegen om bij een vermoeden van plaatselijke presentie van scheuren de akoestische emissie te bepalen die kan optreden bij een geschikte belasting. Dit kan bijvoorbeeld een met voorgeschreven snelheid bewegende wielbelasting zijn.

Een eerder genoemde andere mogelijkheid is een VGD-proefbelasting ter plaatse, waarbij met toenemende belastingsniveau een toenemende afwijking in de deflectiecurve is te verwachten (contrast met intacte posities).

#### 4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN EN PRIORITEITSTELLINGEN

##### 4.1 Diagnose-systeem voor mechanische eigenschappen

Door het ontbreken van grootschalige verkenningsmogelijkheden heeft de ontwikkeling van produktieve lokale verkenningstechnieken een hoge prioriteit als selectiemethode.

1. De valgewichtdeflectometer (V.G.D.) lijkt hierbij de hoogste prioriteit te moeten krijgen, mede gezien de tweede functie als proefbelastingmethode (paragraaf 3.2.3, zie ook 3.2.6).
2. Hoewel met bestaande "1 MHz"-radarapparatuur en reguliere calibratie een bekledingsdikteprofiel is te bepalen, heeft de ontwikkeling van de 'C.D.P.-duoradar' toch vrij hoge prioriteit, mede door de potentiële toegevoegde waarde als diëlektrische contrastindicator (primair op vochtvariabiliteit), dus als duurzaamheidsindicator.
3. Bij de oppervlaktegolfmethode (SASW zie 3.2.3) zijn twee aspecten te onderscheiden:
  - a. Het meetsysteem bestaat uit commercieel verkrijgbare onderdelen en de (derde versie) interpretatiesoftware is voor een redelijke prijs te koop. Een geavanceerder model, dat ook laterale variabiliteit aan kan, is eind 1992 te verwachten.
  - b. De productiviteit van het meetsysteem hangt af van een snelle methode voor plaatsing van transducenten (laseropnemers of versnellingsopnemers en geofoons), net als bij de V.G.D.

Als aan dit onderdeel prioriteit wordt gegeven, dan is een invoering van het systeem in twee fasen te overwegen:

fase 1. Aanschaf van een goede signaalgever (breedband actuator) en een draagbare golfvormanalysator (of gelijkwaardig portable PC-systeem met inplug-kaarten). Hiermee is het mogelijk het verloop van de bekledingsmoduli over de effectieve dikte en de materiaaldemping te bepalen.

fase 2. Aankoop van de geavanceerde interpretatiesoftware, zie punt (a), waarmee bovendien het verloop van de ondergrondstijfheid met de diepte (zie figuur 9) is te reconstrueren.

##### 4.2 Achtergrondonderzoek

1. In de context van het verkrijgen van duurzaamheidsindicatoren zijn de volgende onderdelen te onderscheiden:
  - a. Hoge prioriteit voor het vaststellen van de vochtinhouding in zowel nieuw of intact als verouderd en/of gestript asfalt (o.m. het zwelgevoelingscriterium hierbij). De resultaten van dit onderzoek zijn bepalend voor de vaststelling van:
    - . verschillen in de degradatiegraad van de bekleding
    - . de te opteren (diëlektrische) detectiemethode voor vochtgehaltebepaling (3.2.2, slotalinea)
    - . de mate van invloed op de mechanische grootheden (breuksterkte, stijfheid).

- b. Bepaling van de warmtegeleidbaarheid van monsters uit proefvakken kan uitsluitend geven, of het verantwoord is alsnog door te gaan met infrarood-thermografie als lokale en/of globale verkenningmethode (zie 3.2.2).
2. Rekenexercities met het omschreven eindige elementen dynamica-model kunnen uitsluitend geven over:
- a. de eventuele noodzaak van een dynamische benadering van de V.G.D.- proefbelasting, inclusief de rol van omgevingsomstandigheden (onder andere vocht) op de stijfheden van bekleding en ondergrond
  - b. de invloed van de spanningstoestandgevoeligheid en frequentie-afhankelijkheid van de moduli bij de vertaling naar hydraulische belastingscondities onder winterstormomstandigheden
  - c. de mogelijkheden tot vereenvoudiging van de interpretatie. Hierbij is ook te denken aan verificatie van de relatie tussen kromming van de deflectiecurve en de buigtrekspanning ('surface curvature' index methode).
  - d. het catalogiseren van variabiliteitsconfiguraties, waardoor bij de verkenningmetingen (radar-dikte, selectie van de positie voor proefbelasting, etc.) adequater geselecteerd kan worden.

Een en ander dient zo mogelijk met een proefopstelling, waarbij ook rekmeters onderin de bekleding zijn ingebouwd, te worden geverifieerd.

Opmerking: Toepassing van een dynamica-rekenmodel (zie ook 3.2.6) opent bovendien de mogelijkheid de interpretatie van de valgewichtmetingen te koppelen aan verplaatsingssnelheden of versnellingen, in plaats van aan de via (onzekere) integratie te bepalen deflekties.

#### 4.3 Bijzondere onderwerpen

1. Met S.H.R.P. moet contact worden onderhouden over de voordeelingen met de magnetische resonantie-methode, met name in het stadium dat een verrijdbare verkenningmethode in zicht komt.
2. Het verdient aanbeveling tenminste oriënterend na te gaan of met gecollimeerde radar bij hogere frequentie scheurdetectie haalbaar kan zijn (zie 3.2.7).
3. Tenslotte verdient het aanbeveling om de toepasbaarheid van akoestische emissie bij scheurinitiatie en -progressie bij zowel laboratoriumproeven als in situ-meting (zie 3.2.7) te onderzoeken (ten dele studieopdracht of promotieonderzoek T.U).

#### 4.4 Financiële aspecten van apparatuurinvesteringen

Het betreft hier de in 4.1 behandelde onderdelen van het diagnose-systeem ter bepaling van de mechanische eigenschappen van de schil van de dijk. In onderstaande tabel is voor de in situ toe te passen technieken per onderdeel een kostenraming gegeven. Daarbij werd onderscheiden naar de kosten voor het vervaardigen van de totale instrumentatie en het inzetbaar maken (operationaliseren) van de systemen.

bladnummer : - 24 -  
ons kenmerk: CO-315630/6  
datum : december 1991

Methode	Materiële kosten	Operationeel maken
Valgewichtdeflectometer op taluds - mechanische constructie - meetsysteem, dataverwerking (instrumentatie)	200.000 70.000	20000
Radar gericht op bekledingsdiktebepaling - demonstratie project - aanschaf hardware	175.000 150.000	25000
S.A.S.W. methode voor stijfheids-diepte profiel - apparatuur en software - systeemassemblage, uittesten	70.000 20.000	20000

5. REFERENTIES

1. Ruygrok, P.A.  
Omtrent een mogelijke opzet van een Diagnosesysteem voor de beoordeling van zeedijken met asfaltbekleding  
LGM/CO-276071/39 (1986) TAW 4 DS 2.4
2. Philipse, L.A.  
Beheer en onderhoud van Waterkeringen  
- Asfalt in de Waterbouw - VBW uitgave nr. 5 (1984)
3. - Tech. Comm. voor de Waterkeringen. (red. J.A. van Herpen).  
Leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw.  
Staatsuitgeverij (Den Haag), ISBN 90/120/44944 (1984)
4. Ebbens, E.  
Onderzoek effect drukstootbelasting door golfklappen op dijk-  
taluds. Samenvatting, consequenties voor de praktijk en  
vervolgonderzoek  
DWW/HAWB-S-71066.B (dec. 1985)
5. Ruygrok, P.A.  
Achtergronden en Overwegingen bij de haalbaarheidstudie voor de  
opzet van een zeedijk-diagnosesysteem  
GD/CO-288032/71 (okt. 1988) TAW 4 DS 19.4
6. 't Hart, R.  
Notitie: Toelichting bij het werkplan voor apparatuur-  
ontwikkeling ten behoeve van het toetsen van asfaltbekledingen  
D.W.W. 12-09-1991, A4-91-25
7. Herpen, J.A. van (Oranjewoud)  
Onderzoek naar de duurzaamheid van waterbouwasfalt-  
dijkbekledingen  
Proj. 3298-30201 (juli, 1991) -RIG 43/11436
8. Ruygrok, P.A.  
Technische haalbaarheid van een diagnosesysteem voor zeedijken  
met asfaltbekleding.  
GD/CO-315600/13 (dec. 1991)

APPENDIX 1.

Nadere motivering bij paragraaf 1.2

In 1.2 werd de aandacht gevestigd op het onderscheid tussen toetsing op ontwerpcriteria als macroscopische norm en inschatting van de schadegevoeligheid als plaatselijk te hanteren beoordelingsaspect. Dit verschil in perceptie heeft indertijd (1986-1989) geleid tot uitvoerige discussies in de toenmalige Projectgroep A5 (Diagnosesysteem)

Bij de beoordeling van het begrip bedrijfsveiligheid van een zeedijk zijn er zowel overeenkomsten als verschillen met aanverwante sectoren. Bijvoorbeeld: zodra op een hoofdverkeersweg abrupte gebreken of direct riskante schade optreden, wordt het verkeer omgeleid en kan tenminste op zeer korte termijn enige vorm van reparatie plaatsvinden. Bij een zeedijk lijkt in geval van kritische schade de omleiding van de belasting tijdens storm niet erg haalbaar, dus hier moet de weging vooraf van de eventueel vervolgschade en consequenties nog scherper zijn.

De situatie is daarom beter te vergelijken met het mogelijk optreden van (c.q. tijdig vaststellen van het risico op) materiaalbreuk bij een voertuig in druk verkeer. Een criterium hierbij is dat bij de constructie van het voertuig rekening wordt gehouden met het falen van essentiële onderdelen. De remedie wordt gezocht in het preventieve vlak van zowel ontwerp-, onderhoud- (diagnose-apparatuur) als bedrijfssignaal-apparatuur.

Bij het dijkontwerp is dit meestal een incidentele omstandigheid: als aanlegprotectie wordt wel bijvoorbeeld een erosievertragende zandasfaltlaag toegepast, maar uit kostenoverweging alleen als dit echt nodig wordt geacht. Overwegingen om systematisch op onvoorzien bezwijken van de bekleding te anticiperen door bijvoorbeeld de toplaag van de directe ondergrond te cementeren (erosievertraging) en deze tijdwinstfactor in de restweerstand te betrekken als motivering voor uitgesteld onderhoud en verminderd calamiteitsrisico zijn onbekend. Toch zou dit goed kunnen passen in een scenario met betrekking tot een criterium voor toelaatbare schade, dat op termijn ook budgetaire voordelen kan bieden.

Het is dan wel zaak om goed inzicht in de inschatting van de mogelijke ontwikkeling van schade tijdens maatgevende belastingscondities te krijgen (in dat geval heeft een probabilistische benadering van de reststerkte in de veiligheid- of risicofactor ook een completer kader). Het paradoxale van de situatie is, dat dergelijk inzicht ook nu nodig is. De toch niet zo extreme stormen van 25 januari tot begin februari 1990 hebben dit geïllustreerd en bovendien geleerd dat het tijdsinterval tussen ongunstige belastingscondities zo kort kan zijn, dat tijdige noodreparaties niet of nauwelijks uitvoerbaar blijken.

Bovenstaande dient dus als motivering om aspecten als schadegevoeligheid en het detecteren van desbetreffende lokaties in de opzet van een Diagnostisch systeem mee te nemen.

Het tweede aandachtspunt in 1.2 stelt dus dat ook het detecteren van ondermaatse plekken van bescheiden omvang van belang is, omdat die al bij beperkte sterkte en duur van golfaanval tot schade kunnen leiden, waarvan de uiteindelijke progressie en omvang, zeker bij de huidige stand van kennis, niet zonder meer voorspelbaar zijn.

