


Blijvend Vlakke Wegen  
CROW-werkgroep Integraal Wegontwerp

## **Evaluatie van schadecases uit de praktijk**

CROW-werkgroep rapport fase 1

*Thema: Infrastructuur*

CROW is het nationale kennisplatform voor infrastructuur, verkeer, vervoer en openbare ruimte. Deze not-for-profit-organisatie ontwikkelt, verspreidt en beheert praktisch toepasbare kennis voor beleidsvoorbereiding, planning, ontwerp, aanleg, beheer en onderhoud. Dit gebeurt in samenwerking met alle belanghebbende partijen, waaronder Rijk, provincies, gemeenten, adviesbureaus, uitvoerende bouwbedrijven in de grond-, water- en wegenbouw, toeleveranciers en vervoerorganisaties. De kennis, veelal in de vorm van richtlijnen, aanbevelingen en systematieken, vindt haar weg naar de doelgroepen via websites, publicaties, cursussen en congressen. CROW heeft zijn activiteiten gebundeld in zeven thema's:

-  Openbare ruimte
-  Mobiliteit & Transport
-  Verkeerstechniek
-  Infrastructuur
-  Besteksregelgeving
-  Contractvormen
-  Bouwprocesmanagement

november 2008

CROW en diegenen die aan deze rapportage hebben meegewerkt, hebben de hierin opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze rapportage voorkomen. Gebruikers aanvaarden het risico daarvan. CROW sluit mede ten behoeve van diegenen die aan deze rapportage hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van de gegevens.

De inhoud van deze rapportage valt onder bescherming van de auteurswet. De auteursrechten berusten bij CROW.

## **CROW**

Galvanistraat 1, 6716 AE Ede  
Postbus 37, 6710 BA Ede  
Telefoon: (0318) 69 53 00  
Fax: (0318) 62 11 12  
E-mail: [crow@crow.nl](mailto:crow@crow.nl)  
Website: [www.crow.nl](http://www.crow.nl)

## Voorwoord

Hoewel we gemiddeld gezien in Nederland ten opzichte van veel van ons buitenland niet mogen klagen over de conditie van ons wegennet, en we de meeste wegen met een grondige kennis van zaken ontwerpen, aanleggen en onderhouden, rollen er jaarlijks uit de inspecties toch nog redelijk wat wegen die onverwacht kort meegaan. De oorzaken kunnen velerlei zijn. In de gebieden met een klei en veen grondslag zijn veel van de schadegevallen toe te wijzen aan een onderschatting van de invloed van de slechte ondergrond op de structurele levensduur van de wegverharding. Het simpelweg toekennen van een lage stijfheidsmodulus van de ondergrond bij de dimensionering van de laagopbouw blijkt niet voldoende te zijn om de rest van het wegontwerp via de gangbare rekenregels uit te voeren. Er komt blijkbaar veel meer bij kijken.

In het Delft Cluster programma Blijven Vlakke Wegen wordt gereedschap ontwikkeld waarmee alle partijen in de GWW-sector hun voordeel kunnen doen, zodat wegen op slappe grondslag beter ontworpen, aangelegd en efficiënter onderhouden kunnen worden. In het kader van het Delft Clusterprogramma is onder de vlag van CUR en CROW de werkgroep 'Integraal wegontwerp' in het leven geroepen. Deze werkgroep heeft als taak om op basis van reeds beschikbare kennis en innovaties ontwikkeld door Delft Cluster richtlijnen of aanbevelingen op te stellen waarmee een kwalitatief betere wegconstructie kan worden ontworpen en aangelegd. Soort en eigenschap van de gebruikte materialen en constructielagen zullen hierdoor beter op de lokale omstandigheden worden afgestemd.

Dit rapport beschrijft een onderzoek naar relevante schadecases. De analyse is gericht op het verzamelen van mogelijke schadeoorzaken en factoren die bij het opstellen van de verbetervoorstellen verder uitgewerkt moeten worden.

CROW

dr. ir. I.W. Koster, directeur

**De werkgroep ‘Integraal Wegontwerp’ was ten tijde van de oplevering van dit rapport als volgt samengesteld:**

- dr.ir. C.A.P.M. van Gulp, *KOAC•NPC (voorzitter)*
- dr.ir. A.H. de Bondt, *Ooms Nederland Holding bv*
- ir. T. van Buël, *Breijn bv*
- dr.ir. M. Duškov, *InfraDelft*
- mw. drs. C. Egmond-Weijburg, *Grontmij NV*
- ing. T.P.A. Huybregts, *Geologics bv*
- ir. A.A.M. Venmans, *Deltares*

Vanuit CROW is de werkgroep begeleid door ir. A.J. van Leest. Dit rapport is samengesteld door mevrouw drs. C. Egmond-Weijburg van Grontmij en de heren ir. P.J. Galjaard en dr.ir. C.A.P.M. van Gulp van KOAC•NPC.

# Inhoud

<b>Samenvatting</b> .....	<b>6</b>
<b>Summary</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>8</b>
1.1 Algemeen .....	8
1.2 Plan van aanpak .....	9
<b>2 Opzet analyse</b> .....	<b>10</b>
2.1 Doel analyse .....	10
2.2 Rubricering van cases .....	10
<b>3 Analyse van schadecases</b> .....	<b>12</b>
3.1 Case 1A Randschade .....	13
3.2 Case 2A Verbreding A2 Haarrijn .....	15
3.3 Case 2B/2C Dijkversterking Papendrecht .....	17
3.4 Case 2D Verbreding Huigsloterdijk - fase 1 .....	20
3.5 Case 2E Verbreding Holendrechteweg .....	21
3.6 Case 3A Verhoging waterpeil Boôvenen .....	23
3.7 Case 3B Bomen langs de weg in Tytsjerksteradiel .....	25
3.8 Case 3C Langdurige droogte .....	27
3.9 Case 3D Droogteschade bij bermbeplanting .....	29
3.10 Case 3E Vrachtverkeer tijdens dooiperiode veroorzaakte schade .....	31
3.11 Case 3F Vorstheffing van steenfunderingsmaterialen .....	33
3.12 Case 3G Klimaatinvloeden .....	35
3.13 Case 3H Verdrongen draagkracht .....	37
3.14 Case 4A Slappe grondslag beïnvloedt kwaliteit fundering .....	40
3.15 Case 4B Bloemendalergouw .....	42
3.16 Case 4C Winkelpolder .....	44
3.17 Case 5A Stabiliteitsproblemen op A27 .....	46
3.18 Case 5B Tuurluur Oudewater .....	48
<b>4 Samenvattende analyse</b> .....	<b>51</b>
4.1 Algemeen .....	51
4.2 Interactie weg-ondergrond .....	51
4.3 Aandachtspunten ontwerp, beheer en onderhoud .....	52
4.4 Nader onderzoek .....	53
4.5 Nader modelmatig onderzoek .....	54
<b>5 Referenties</b> .....	<b>56</b>

## Samenvatting

Dit rapport beschrijft een onderzoek van cases van wegontwerp, -aanleg of -verbetering waarin schade is ontstaan die zijn oorzaak vindt in de diepere ondergrond of het onvoldoende rekening houden met de interactie tussen ondergrond en wegbouwkundige constructie. Voor vrijwel alle cases is de grondslag matig tot heel weinig draagkrachtig. De cases zijn gerubriceerd naar verkeer; geometrie en hoogteligging; vochthuishouding, weer en temperatuur; materialen in de wegconstructie en de ondergrond. Per case is allereerst een korte beschrijving van de problematiek gegeven en is daarna geanalyseerd wat de schade is en hoe deze verklaard kan worden. Vervolgens is onderzocht of er kant en klare oplossingen zijn aan te dragen of dat nader onderzoek is gewenst om tot een verbetering voor de toekomst te komen.

Het rapport sluit af met een korte beschouwing in welke richting de ontwikkelingen voor een integraal wegontwerp het beste kunnen worden gezocht en welke aspecten via modelonderzoek (Eindige Elementen Methode) verder moeten worden uitgewerkt.

## Summary

This report presents an inquiry into cases of pavement design, construction and maintenance in which distress has been observed instigated by deeper subgrade or by inadequate attention for the interaction between subgrade and pavement structure. Almost all cases are situated in areas with subgrade of poor to marginal bearing capacity. The cases are classified according to traffic; cross-section and elevation; moisture, groundwater, weather and temperature; aggregates in the pavement structure and subgrade. Each case starts with a brief introduction description followed by a description of the main problems. The analysis reveals the main cause of distress and tries to explain for its origin. The next step describes feasible off-the-shelf solutions or indicates in which direction future improvements should be found.

The report ends with reflections on future actions to develop an integral approach for pavement design. Recommendations are made for issues which should be elaborated in computations with complex numerical models (Finite Element Model).

# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

In de gebieden met een slappe ondergrond worden wegbeheerders en weggebruikers vaak geplaagd door kuilen en hobbels omdat de weg ongelijkmatig verzakt is. Zijn de zettingsverschillen zo groot dat comfort en veiligheid van het wegverkeer in het gedrang komen, dan moet de wegbeheerder onderhoud uitvoeren. Vaker onderhoud plegen kost niet alleen meer, maar leidt op ons intensief benutte wegennet ook al snel tot meer hinder. Het snel aanleggen van betaalbare en onderhoudsarme wegen is dus de uitdaging voor overheden, ontwerpers en aannemers.

Tot op heden worden bij wegconstructies de ondergrond en bovenbouw afzonderlijk in beschouwing genomen. Een benadering waarin sterkte en vervorming van de ondergrond en bovenbouw integraal worden geanalyseerd ontbreekt. Voor een doorsnee constructie is dit geen probleem, maar het aantal constructies waar een integrale benadering gewenst is groeit. Oorzaken hiervan zijn complexiteit, schaalvergroting, toepassing van nieuwe technieken en materialen en combinaties van materialen.

In het kader van het Delft Cluster project 'Blijvend Vlakke Wegen' (BVW) wordt gewerkt aan de ontwikkeling van praktische gereedschappen en concepten voor het kiezen van contracteisen en aanlegmethoden, afhankelijk van de ondergrond. Het project is opgedeeld in vijf werkpakketten met de volgende deelresultaten:

- 1 integrale methodiek voor het ontwerpen op basis van functionele vlakheidseisen;
- 2 ontwerpgeredenschap voor het betrouwbaar voorspellen van restzetting, horizontale vervorming en bouwtijd;
- 3 afweegmodel voor het snel vergelijken van diverse aanlegmethoden op basis van levensduurkosten;
- 4 ontwerp-kaders en -gereedschappen voor introductie van zettingsarme paalmatrassystemen en andere innovatieve aanlegmethoden;
- 5 overgangsconstructies en wissels.

De CUR/CROW-werkgroep 'Integraal Wegontwerp (IWO)' is in het leven geroepen voor het opstellen van een praktisch ontwerpconcept en richtlijn voor een integrale benadering van het constructieve gedrag van ondergrond, bovenbouw en verharding als functie van de ontwerp-, beheer- en onderhoudstrategie.

Voorbeelden van ontwerp-problemen die in de richtlijn aandacht verdienen zijn:

- benodigde hoogteligging vanwege vorst;
- asfaltshade door wegverbreding;
- omgevingbeïnvloeding door ophoging;
- geometrie van het dwarsprofiel;
- ontwerpen van wegen op verbeterde grond.

De werkgroep heeft niet tot taak een uitgebreid wetenschappelijk onderzoeksprogramma uit te voeren om daaruit een state-of-the-art ontwerpmethodiek te ontwikkelen. De nadruk zal veel meer liggen op het ontwikkelen van praktische richtlijnen op basis van de huidige stand van kennis, de evaluatie van veel gemaakte fouten en de resultaten van het Delft Cluster project 'Blijvend Vlakke Wegen' (DC-BVW). Aanvullend heeft de werkgroep tot taak om als klankbord te fungeren voor DC-BVW.



## 1.2 Plan van aanpak

Om de problematiek van het onderzoeks- en ontwikkelveld overzichtelijk te houden, heeft de werkgroep het werkveld als volgt afgebakend:

- niet alleen rijkswegen en hogere ordewegen krijgen aandacht, maar ook lagere ordewegen moeten nadrukkelijk aan de orde komen. Vaak is de interactie van ondergrond en wegbouwkunde juist op dit soort wegen het meest van belang;
- hoewel het ontwerp van een voorspellend constructief model met daarin zowel geotechnische als wegbouwkundige aspecten nuttig kan zijn, zal de ontwikkeling van rekenmodellen niet tot de taken van de werkgroep horen. Alleen aanscherpen en verbeteren van gangbare technieken en modellen met praktische hulpmiddelen behoren tot het aandachtgebied;
- de werkgroep houdt zich bezig met de technische aspecten van het bouwproces die gekoppeld zijn aan de realisatie en het gedrag van de constructie. Problemen die specifiek betrekking hebben op bijvoorbeeld de contractvorm zullen niet aan de orde komen;
- de activiteiten van de werkgroep zullen praktisch en oplossingsgericht zijn. Diepgaande theoretische beschouwingen zullen op andere fora moeten worden gevoerd. De werkgroep zal wel gebruikmaken van theoretische onderzoeksresultaten die in het kader van DC-BVW door de Technische Universiteit Delft worden of zijn ontwikkeld;
- er zal alleen aandacht worden besteed aan traditionele bouwmethoden; er wordt dus geen aandacht geschonken aan speciale technieken en producten.

De werkgroep IWO heeft het werpprogramma opgedeeld in de volgende stappen:

- 1 inventarisatie schadegevallen en succesverhalen;
- 2 inventarisatie ontwerp-, beheer- en onderhoudprocessen;
- 3 ondersteunende computermodelberekeningen;
- 4 integratie van ontwerp-, beheer- en onderhoudaspecten in één model;
- 5 checklist succesvolle integratie geotechnische en wegbouwkundige aspecten.

In dit rapport worden de activiteiten verricht in stap 1 gepresenteerd.

## 2 Opzet analyse

### 2.1 Doel analyse

Om het gedrag van verhardingen te kunnen voorspellen en om een overzicht te krijgen van karakteristieke schadebeelden en veel gemaakte fouten is een analyse van schadecases uitgevoerd. Met de inventarisatie en analyse van de schadecases wordt beoogd:

- de belangrijkste knelpunten in wegontwerp op slappe ondergrond in kaart te brengen;
- na te gaan welke constructieve materiaaldata beschikbaar zijn voor het uitvoeren van modelberekeningen met complexe materiaal- en constructiemodellering;
- data te verzamelen om de in stap 3 van het werkprogramma van de werkgroep belangrijkste cases rekenkundig te kunnen analyseren. Hieruit kunnen verklaringen voor het waargenomen gedrag worden afgeleid en kunnen verbetervoorstellen ontwikkeld worden.

In de paragrafen hieronder wordt de opzet van de uitgevoerde analyse uiteengezet.

### 2.2 Rubricering van cases

Om de hoeveelheid te analyseren informatie overzichtelijk te rangschikken, is gebruik gemaakt van de rubricering van tabel 1.

**Tabel 1 Rubricering van onderzochte aandachtspunten**

Nr.	Aandachtsgebied
1	Verkeer
2	Geometrie en hoogteligging
3	Vochthuishouding, weer en temperatuur
4	Materialen in wegconstructie
5	Ondergrond

Voor het analyseren en rubriceren van de schadecases is gebruik gemaakt van de navolgende checklist.

#### Algemeen

- wat is het hoofdprobleem beschreven in de case?
- welk type wegconstructie is in de case beschreven?
- op welke fase of combinaties van fasen heeft de case betrekking (ontwerp, beheer of onderhoud)?

#### Verkeer

- aan welk wegtype kan de weg worden toegerekend?
- wat is de verkeersbelasting en voor welke belasting is de wegconstructie ontworpen?
- wat is de rijnsnelheid van het vrachtverkeer?

#### Geometrie

- wat is de wegbreedte en rijstrookbreedte?
- wat is de geometrie van het dwarsprofiel incl. nabije omgeving: ophoging, maaiveldhoogte, ingraving?

#### Wegconstructie

- wat is de laagopbouw van de wegconstructie?
- welke stijfheidskarakteristieken zijn gehanteerd voor het funderingsmateriaal?
- zijn in de wegconstructie niet standaardmaterialen zoals EPS-hardschuim of geokunststoffen gebruikt? Zo ja, geef dan aan wat met deze materialen werd beoogd en hoe de materialen hebben bijgedragen tot het probleem (of juist de oplossing daarvan);

#### Bodemopbouw en grondwaterstand

- Hoe ziet de bodemopbouw eruit tot op het Pleistocene zand?
- Wat is de hoogte van de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld?

#### Schade, analyse en verklaring

- welke schade is aan het wegooppervlak zichtbaar, zoals scheurvorming, langsonvlakheid, spoorvorming, etc.?
- is rekening gehouden met de grondwaterstand, wijzigingen in grondwaterstand of andere vochtproblemen?
- is het probleem toe te schrijven aan de nabije vegetatie, laanbeplanting, etc.?
- is het probleem toe te schrijven aan klimatologische factoren, zoals droogte, vorst, dooi?
- is het probleem toe te schrijven aan zetting, restzetting of verschilzetting?
- is het probleem toe te schrijven aan stabiliteitsproblemen?
- heeft de case betrekking op een wegverbreding?
- welke verklaring wordt in de case gegeven?
- welke oplossing wordt in de case gegeven?
- welke onderzoeksvraagstukken moeten na analyse van de case nader worden onderzocht alvorens een oplossingsrichting kan worden gegeven?

Vervolgens zijn de bevindingen per aandachtsgebied samengevat waaruit aanbevelingen voor nader onderzoek zijn afgeleid. Daarnaast is per aandachtsgebied aangegeven of de noodzaak aanwezig is het wegontwerp integraal te benaderen.

### 3 Analyse van schadecases

Per aandachtsgebied zijn diverse literatuurbronnen geïnventariseerd, gerubriceerd en geanalyseerd. Tabel 2 geeft een overzicht van de geanalyseerde schadecases per aandachtsgebied en deelaspect. De literatuurbronnen zijn gecodeerd naar aandachtsgebied en deelaspect. Deze rubricering is niet geheel eenduidig, aangezien de meeste schadecases een overlap laten zien van de verschillende aandachtsgebieden.

**Tabel 2**      **Overzicht geanalyseerde schadecases**

Nr.	Aandachtsgebied	Deelaspect
1	Verkeer	A. Randschade
2	Geometrie en hoogteligging	A. Verbreding rijksweg B/C. Dijkversterking D/E. Dijkverbreding
3	Vochthuishouding, weer en temperatuur	A. Verhoging waterpeil B. Bomen langs de weg C. Langdurige droogte D. Droogteschade bij bermbeplanting E. Dooiperiode F. Vorstheffing G. Klimaatinvloeden H. Ondergelopen wegen
4	Materialen in wegconstructie	A. Binding fundering B/C. Gebonden fundering op EPS
5	Ondergrond	A. Stabiliteitsproblemen B. Vervormingen ondergrond

Per literatuurbron zal telkens de volgende indeling worden aangehouden:

- casenummer;
- aanduiding van bron;
- jaartal;
- algemene zaken;
- verkeer;
- geometrie;
- wegconstructie;
- bodemopbouw en grondwaterstand;
- schade, analyse en verklaring.

Per behandelde cases zal de evaluatie worden afgesloten met een tabel. In deze tabel staat met een kruis aangegeven welke numerieke data in de case genoemd worden. Deze numerieke data, en vooral de numerieke materiaaldata zijn van groot belang om in de modelberekeningen de werkelijke materiaaleigenschappen zo nauwkeurig mogelijk te simuleren.

### 3.1 Case 1A: Randschade

<b>Case:</b>	1A
<b>Bron:</b>	Diverse voorbeelden
<b>Jaartal:</b>	Diverse

#### **Algemeen**

Er zijn diverse voorbeelden waar, in verband met een beperkte (rijstrook-)breedte van de weg, de verharding zwaar wordt belast op de randen wat tot ernstige schade leidt.

#### **Verkeer**

Het gaat over het algemeen om licht tot gemiddeld belaste wegen met een beperkte snelheid van het vrachtverkeer.

#### **Geometrie**

De wegen uit de diverse voorbeelden laten een wegbeeld zien met een beperkte wegbreedte en zijn vaak hoger gelegen dan het omringende maaiveld.

#### **Wegconstructie**

De exacte wegconstructie is niet per geval bekend. De voorbeelden betreffen wel allemaal asfaltconstructies vermoedelijk op een puinfundering.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

Over het algemeen wordt de bodemopbouw in de diverse voorbeelden gekenmerkt door meerdere meters samendrukbare lagen. De grondwaterstand bevindt zich mede door de hogere ligging van het weglichaam meer dan 1 m onder het maaiveld.

#### **Schade, analyse en verklaring**

##### *Schade*

Het schadebeeld in de voorbeelden varieert van ernstige scheurvorming tot plaatselijke verzakkingen van de rand van de weg.

##### *Analyse*

Door de beperkte breedte van de weg wordt de verharding zwaar belast op de randen, wat vaak niet wordt of is verdisconteerd in het ontwerp.

##### *Verklaring*

In een aantal gevallen is de weg versmald. Het versmallen van de weg is vaak een bewuste keuze om de snelheid te verlagen. Het fenomeen randschade wordt dan ondergeschikt aan de (verbeterde) verkeersveiligheid.

##### *Oplossing*

Verbeteren van de zijdelingse opsluiting eventueel met behulp van (houten) wanden, funderings- en/of asfaltwapening.

##### *Nader onderzoek*

-

**Tabel 3**      **Numerieke gegevens Case 1A**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>asfalt</b>	<b>fundering</b>	<b>onder-fundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel				
laagdikte				
stijfheid				
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen				x
laboratoriumproeven				

### 3.2 Case 2A Verbreding A2 Haarrijn

**Case:** 2A  
**Bron:** Rapport 'Narekenen meetdata Haarrijn', CO-356400/135, Grondmechanica Delft (nu Deltares), 1998.

#### **Algemeen**

Bij de verbreding van rijkswegen is het van belang de invloed van de verbreding op de bestaande weg van te voren goed in te kunnen schatten. In de huidige rekenmethodieken zijn de onzekerheden relatief groot. Voor een viertal proefvakken is getracht de rekenmethodiek te valideren en is de effectiviteit van de 'gap' methode onderzocht.

#### **Verkeer**

Er is geen verkeersbelasting genoemd in het rapport, maar het betreft een van de drukste delen van de rijkswegen in Nederland.

#### **Geometrie**

De te verbreden bestaande rijksweg ligt circa 2 m boven het omringende maaiveld.

#### **Wegconstructie**

De constructie van de weg is niet gegeven in het rapport. Het is aannemelijk dat dit een 'standaard' rijkswegconstructie betreft.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

De bestaande rijksweg ligt op een volledige grondverbetering. De bodemopbouw ter plaatse van de verbreding bestaat uit circa 5 à 6 m veen en humeuze klei. De grondwaterstand is geschat op circa 0,5 m-mv ter plaatse van de te realiseren verbreding.

#### **Schade, analyse en verklaring**

Figuur 1 Schade Case 2A: Verbreding A2 Haarrijn



### Schade

De schade bestaat uit ernstige scheurvorming en dwarsonvlakheid ter plaatse van de bestaande vluchtstrook.

### Analyse

Het aanbrengen van de ophoging direct naast de bestaande weg leidt tot deformaties in de ondergrond. Deze deformaties kunnen zowel door consolidatie als door bezwijken van de ondergrond veroorzaakt worden. De bestaande weg zakt niet of nauwelijks. Op de overgang van de bestaande weg naar de verbreding ontstaan grote deformatieverschillen waardoor scheurvorming en dwarsonvlakheid optreedt.

De gemeten deformaties blijken tot 30% af te wijken van de van te voren berekende deformaties doordat de rekenmethodieken niet gelijktijdig de horizontale en verticale deformaties nauwkeurig kunnen voorspellen.

### Nader onderzoek

Nader onderzoek is noodzakelijk om aanbevelingen voor de parameterkeuze op te kunnen stellen en daarmee de deformaties meer nauwkeurig te kunnen voorspellen. Deze aanbevelingen dienen vervolgens getoetst te worden op andere locaties. Daarnaast is meer inzicht nodig in het gedrag van een verharding op deformaties vanuit de ondergrond (zie ook case 2B/2C). Via rekenkundig onderzoek moet worden onderzocht of het moment van optreden van scheurvorming in de verharding voorspeld kan worden.

**Tabel 4**      **Numerieke gegevens Case 2A**

	constructielaag			
	asfalt	fundering	onderfundering	ondergrond
dwarsprofiel	x	x		x
laagdikte	x	x		x
stijfheid	x	x		x
dichtheid				x
vochtgehalte				x
numerieke beschrijving conditie				
zetting				x
stabiliteit				x
veldmetingen	x			x
laboratoriumproeven				x



### 3.3 Case 2B/2C Dijk versterking Papendrecht

- Case:** 2B/2C  
**Bron:** rapport 'Dijkversterking Papendrecht, wegafbouw', kenmerk 269358-0016, GeoDelft en rapport 'Wegconstructies Westeind / Noordhoek en Visschersbuurt / Nanengat, dijkversterking Sliedrecht-West en Papendrecht-Oost /-centrum, BSNR. 8172' kenmerk 110501/ZF7/495/300099/008, Arcadis  
**Jaartal:** 2007  
**Beschrijving:** Na het uitvoeren van een binnendijkse dijkverbetering in 1994- 1996 is een tijdelijke wegverharding aangelegd op de dijk. Deze weg vertoont aanzienlijke schade en moet afgebouwd worden waarna de weg wordt overgedragen aan de gemeente.

#### Algemeen

Na het uitvoeren van een binnendijkse dijkverbetering in 1994- 1996 is een tijdelijke weg aangelegd op de dijk. De grondverplaatsingen ten gevolge van deze dijkverbetering zijn in 10 jaar na aanleg nog altijd niet afgevlakt. Deze weg moet afgebouwd worden maar vertoont op dit moment ernstige scheurvorming (enkele centimeters tot meer dan een decimeter breedte). Na afbouw komt de dijkweg in beheer en onderhoud bij de gemeente Papendrecht. Hierbij is het belangrijk te weten of de weg met regulier onderhoud beheerd kan worden.

Het betreft een asfaltverharding op een cement gebonden fundering.

#### Verkeer

De dijkweg is een gemiddeld belaste weg. De ontwerpbelasting blijkt niet uit de beschikbare gegevens. Feit is wel dat de verkeersintensiteit toe is genomen ten opzichte van de situatie bij aanleg. De verkeersbelasting in 2007 is geschat op 50.000 herhalingen van 100 kN aslasten. De rijnsnelheid van het vrachtverkeer is geschat op maximaal 60 km/h.

#### Geometrie

De dijk ligt circa 5 m boven het omringende maaiveld. De breedte van de verharding bedraagt circa 6 m.

#### Wegconstructie

De wegconstructie van de tijdelijke weg bestaat uit 80 mm GAB op 250 mm gebonden fundering (puingranulaat met een relatief hoog aandeel metselwerk, gebonden door  $74 \text{ kg/m}^3$  cement) op een oude stabiele funderingslaag danwel nieuw aangebracht puinlaag van 250 mm.

Het ontwerp van de verharding is gedaan op basis van bewezen geschiktheid op dijkvakken met overeenkomstige opbouw.

#### Bodemopbouw en grondwaterstand

Het oorspronkelijke dijklichaam bestaat uit kleiig zand/ zandige klei, daaronder bevindt zich nog 8 à 10 m veen en klei plaatselijk doorsneden door een zandlaag.

De freatische grondwaterstand bevindt zich op circa 1 m onder de verharding.

## Schade, analyse en verklaring

Figuur 2a Schade Case 2B/2C Dijkversterking Papendrecht



Figuur 2b Schade Case 2B/2C Dijkversterking Papendrecht



### *Schade*

De schade bestaat uit ernstige scheurvorming (enkele centimeters tot meer dan een decimeter breedte).

### *Analyse*

Uit monitoring van de vervormingen en inspectie van een proefsleuf blijkt dat er sprake is van grote laterale verschillen in de samendrukbaarheid van de grond van het dijklichaam. Daarnaast is de grond van het oude dijklichaam nat (ingesloten water) en niet of bijna niet verdicht en is de fundering verkrumeld.

### *Verklaring*

De oorzaak moet vooral gezocht worden in de grote vervormingen in de ondergrond. Daarnaast spelen waarschijnlijk een rol:

- de vochtgevoeligheid van de fundering door een relatief hoog gehalte metselwerk;
- het toepassen van een cementgebonden fundering, welke niet geschikt is om zettingsverschillen te overbruggen.

De schade komt vrijwel niet voor in de rijsporen het is dan ook niet waarschijnlijk dat de scheuren veroorzaakt zijn onder invloed van het zware verkeer.

*Oplossing*

Het indringen van water in wegconstructie tegen gaan in combinatie met het aanbrengen van asfaltwapening.

*Nader onderzoek*

Hoe beïnvloeden de doorgaande vervormingen van het dijklichaam in de tijd de scheurvorming en daarmee het noodzakelijk onderhoud? Wat is hierbij de rol van de toegenomen verkeersbelasting? Wat is het effect van hoogwater?

**Tabel 5**      **Numerieke gegevens cases 2B/2C**

	constructielaag			
	asfalt	fundering	onderfundering	ondergrond
dwarsprofiel	x			x
laagdikte	x	x		x
stijfheid				x
dichtheid				x
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				x
stabiliteit				
veldmetingen	x			x
laboratoriumproeven				x

### 3.4 Case 2D: Verbreding Huigsloterdijk - fase 1

**Bron:** Rapport e0400376, KOAC•NPC, 'Aanvullend verhardingsadvies Huigsloterdijk in de gemeente Haarlemmermeer - fase 1'

**Jaartal:** 2004

#### Algemene beschrijving

Een 1 km lang deel van de Huigsloterdijk in de gemeente Haarlemmermeer is verbreed en versterkt. De verbreding van 0,25 m moest worden aangelegd aan de zijde van het naastgelegen water.

#### Verkeer

Op basis van een intensiteit van 120 vrachtwagens per dag per rijrichting in 2003 en een vrachtwagenschadefactor van 1,69 is voor 30 jaar levensduur gerekend met 3,21 miljoen herhalingen van 100 kN aslasten. Als groeipercentage is 2,5 % aangehouden.

#### Geometrie

Wegbreedte niet gegeven.

#### Wegconstructie

Geen gegevens bekend. Wel zijn boorgegevens opgenomen van boringen vlak naast de asfaltverharding in verband met de voorgenomen verbreding.

#### Bodemopbouw en grondwaterstand

Tot 1,5 m diepte is direct naast de weg een zeer wisselende 'opbouw' gevonden. Zand, ongebonden slakken en klei worden op verschillende diepten aangetroffen. De grondwaterstand varieert van 0,3 m tot 1,0 m beneden maaiveld

#### Schade, analyse en verklaring

##### Schade

Vermoedelijk is de aanleiding van het aangevraagde advies de wens of noodzaak van verbreding in combinatie met verbeteren van de vlakheid van de weg.

##### Oplossing

Geadviseerd zijn overlagingdiktes variërend van 100 mm tot 300 mm en in het geval van wegverbreding het aanbrengen van een 300 mm dikke fundering van menggranulaat naast de bestaande constructie met daarop 210 mm asfalt.

##### Nader onderzoek

-

**Tabel 6** Numerieke gegevens case 2D

	constructielaag			
	asfalt	fundering	onderfundering	ondergrond
dwarsprofiel				
laagdikte				
stijfheid				x
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen				x
laboratoriumproeven				

### 3.5 Case 2E: Verbreding Holendrechteweg

**Bron:** Rapport e0601259, KOAC•NPC, 'Advies verbreding Holendrechteweg Gemeente Ouderkerk aan de Amstel'  
**Jaartal:** 2006

#### **Algemene beschrijving**

De Holendrechteweg in Ouderkerk aan de Amstel moest met 0,10 tot 0,50 m worden verbreed. Aanleiding hiervoor was dat bij de dijkverbetering van deze weg de wegbreedte kleiner is uitgevoerd dan dat deze oorspronkelijk was. De dijkverbetering bestond uit het ophogen door een nieuwe wegconstructie te bouwen op de oude. Er is gemiddeld 340 mm menggranulaat aangebracht met daarop 120 mm asfalt. Er zijn drie alternatieven onderzocht voor het uitvoeren van deze verbreding: verbreding in asfalt, het toepassen van een bermverharding en plaatselijke verbreding m.b.v. passeerstroken.

#### **Verkeer**

In juli 2005 bedroeg de vrachtwagenverkeersintensiteit 26 per etmaal per rijrichting. De verkeerssnelheid ligt tussen de 30 en 50 km/h.

#### **Geometrie**

De wegbreedte in oorspronkelijke toestand vóór de dijkverbetering bedroeg 2,90 tot 4,50 m. Na de dijkverbetering bedroeg deze 3,00 tot 3,10 m, waarbij de oude wegconstructie 0,45 tot 1,25 m naast de nieuw aangelegde constructie doorloopt. Verbreding van de rijwegbreedte met 0,10 tot 0,50 m (eenzijdig) was gewenst.

#### **Wegconstructie**

De opbouw van de wegconstructie is 120 mm asfalt op gemiddeld 340 mm menggranulaat, waaronder zich de oude wegconstructie bevindt, bestaande uit asfalt en funderingsmateriaal.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

De ondergrond bestaat uit klei. Er zijn geen gegevens over de grondwaterstand bekend.

#### **Probleem en aangedragen oplossingen**

##### *Probleem*

De wegbreedte is te gering. Er moet verbreed worden ter grootte van 0,10 tot 0,50 m.

##### *Oplossingen*

De volgende oplossingen zijn aangedragen:

- verbreding met asfalt in een getrapte constructie;
- aanbrengen van bermverharding met grasbetontegels, Geocrete (stabilisatie) of Bermprint;
- passeerstroken, waarbij de fundering wordt verbreed (dikte 350 mm) en 100 mm asfalt wordt aangebracht.

##### *Belangrijkste conclusies*

Bij verbreding over de gehele lengte zijn de bermverhardingen met Geocrete of Bermprint duurzaam, veilig en kosteneffectief gebleken. Algehele verbreding met asfalt nodigt mogelijk uit tot een hogere rijnsnelheid. Bovendien zal de naad in de deklaag problemen kunnen geven. Bij plaatselijke verbreding gaat de voorkeur uit naar trapsgewijze aansluiting in asfalt of toepassen van passeerstroken.

##### *Nader onderzoek*

-

**Tabel 7**      **Numerieke gegevens case 2E**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>asfalt</b>	<b>fundering</b>	<b>onderfundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel	x	x		
laagdikte	x	x		
stijfheid				
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen				
laboratoriumproeven				

### 3.6 Case 3A: Verhoging waterpeil Boôvenen

**Bron:** Rapport e0500624, KOAC•NPC, 'Effect waterpeilverhoging op gedrag Boôvenen / Stheemanstraat'  
**Jaartal:** 2005

#### **Algemene beschrijving**

De Dienst Landelijk Gebied wil in zuidoost Drenthe de grondwaterstand fors omhoog brengen omdat aan één zijde van de weg bestaand landbouwgebied wordt omgevormd naar nat natuurgebied; aan de zuidzijde blijft het landbouwgebied gehandhaafd. Als gevolg van de ingreep wordt de waterstand onder de weg hoger. Beschreven wordt het effect op het draagvermogen, de stabiliteit en de gebruiksmogelijkheden van de weg.

#### **Verkeer**

De gemiddelde verkeersbelasting is laag. Er is gerekend met circa 800 aslasten van 100 kN per jaar

#### **Geometrie**

De wegbreedte bedraagt circa 5 m, zoals uit de bijlagen van het betreffende rapport valt op te maken. Van de hele lengte van het tracé is de hoogteligging in kaart gebracht. Op het middenstuk is de hoogte relatief laag, zodat daar de gewenste verhoging van het grondwater niet haalbaar is.

#### **Wegconstructie**

De constructieopbouw verschilt sterk van plaats tot plaats. Zo varieert de asfaltdikte van 75 mm tot 260 mm en worden funderingsdikten gemeld van 150 mm tot 250 mm.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

De ondergrond is niet qua samenstelling beschreven. Als onderste laag wordt zand genoemd. Over aanwezigheid van klei of veen is niets vermeld. De bodemkaart van Nederland geeft aan dat ter plaatse weinig tot iets verweerd, niet afgeveend hoogveen ligt. De grondwaterstand is in de oorspronkelijke situatie circa 1.80 m beneden de kruin van de weg. Bedoeling is deze aan één zijde (landbouwgebied aan zuidzijde) met 0,8 m te verhogen en aan de zijde van het natte natuurgebied (noordzijde) zelfs met 1,40 m.

#### **Schade, analyse en verklaring**

##### *Schade*

Niet van toepassing. De berekeningen zijn uitgevoerd om te zien of schade te verwachten viel.

##### *Analyse*

Stabiliteitsberekeningen met een 2D-programma toonden aan dat met name de bezwijklijn van bepalende invloed is. Bij verhoogde grondwaterstand bezwijkt de constructie niet onder de totale belasting van weg en vrachtverkeer.

##### *Nader onderzoek*

Volgens het statische triaxiaalonderzoek en de daaropvolgende analyses blijkt dat de constructie na verhoging van het grondwater stabiel blijft. Wat voor invloed hebben trillingen ten gevolge van rijdend vrachtverkeer? Treedt thixotropie op?

**Tabel 8**      **Numerieke gegevens case 3A**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>asfalt</b>	<b>fundering</b>	<b>onderfundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel	x	x	x	
laagdikte	x	x		
stijfheid	x	x	x	
dichtheid			x	
vochtgehalte			x	
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit			x	
veldmetingen	x	x	x	
laboratoriumproeven			x	



### 3.7 Case 3B: Bomen langs de weg in Tytsjerksteradiel

**Bron:** Rapport e95380; Stichting Wegmeetdienst; ‘Verhardingsadvies Rustenburgerweg in de gemeente Tytsjerksteradiel’  
**Jaartal:** 1995

#### Algemene beschrijving

Op de Rustenburgerweg en de Symen Halbeswei nabij Lytsegeast in de gemeente Tytsjerksteradiel zijn onregelmatig verdeeld over lengte van de wegen (grote) verzakkingen opgetreden na een droge zomer. De verzakkingen blijken afhankelijk van de locatie van bomen langs de weg en de nabijheid van sloten en weteringen.

#### Verkeer

De gemiddelde verkeersintensiteit voor deze weg bedroeg in 1980 940 mtv/dag. Er is gerekend met een groeipercentage van 3% vanaf dat jaar. Het percentage vrachtverkeer is gesteld op 4,6%. De gerapporteerde vrachtwagenschadefactor van 0,9 is betrokken op 80 kN aslasten! omgerekend naar 100 kN aslasten bedraagt de vrachtwagenschadefactor ongeveer 0,4.

#### Geometrie

De breedte van de verharding van de Rustenburgerweg bedraagt 4,4 m en valt daarmee onder wegtype 4 (1995).

#### Wegconstructie

De verhardingslaag bestaat op vijf van de zes boorlocaties uit asfalt met daaronder betonstraatstenen in laagdikte variërend van 145 tot 270 mm met daaronder een zandbed.

#### Bodemopbouw en grondwaterstand

De bodemopbouw varieert nogal. De bovenlaag bestaat uit humeus fijn zand. De daaronder gelegen laag verschilt van locatie tot locatie. Op twee locaties bevindt zich een veenlaag vanaf 0,8 m tot 1,60 m beneden maaiveld. Op een derde locatie is vanaf 0,9 m een 0,35 m dikke humeuze leemlaag aangetroffen, terwijl dit op een vierde locatie humeus fijn zand is met dezelfde laagdikte. Tenslotte is op een vijfde locatie 0,9 m zanderig veen aangetroffen vanaf 0,9 m beneden maaiveld. Opgemerkt wordt dat de verzakkingen zijn opgetreden daar waar deze tussenlagen bestaan uit veen of humeus leem. Onder deze tussenlagen zijn veen en humeus fijn zand aangetroffen.

De grondwaterstand is op ongeveer 2 m beneden maaiveld.

#### Schade, analyse en verklaring

Figuur 3 Schade Case 3B Bomen langs de weg in Tytsjerksteradiel



### Schade

Op verschillende plaatsen zijn verzakkingen en scheuren aangetroffen (zie figuur 1).

### Analyse

Uit de draagkrachtmetingen is gebleken dat de minst draagkrachtige delen samenvallen met de plaatsen waar verzakkingen zijn opgetreden. De verzakkingen blijken zich te concentreren op plaatsen waar bomen langs de weg staan. Echter niet op alle plaatsen waar bomen staan, zijn verzakkingen waarneembaar.

### Verklaring

De aanwezige bomen onttrekken in de zomer veel water aan de ondergrond. Dit kan verzakkingen opleveren vanwege de aanwezigheid van veenpakketten. De beschikbaarheid van water voor de wortels van de bomen lijkt de oorzaak van het probleem te zijn.

### Oplossing

Gescheurde gedeelten inlagen, profileren d.m.v. uitvullen en overlagen. Eventueel een vormvast grid als wapening toepassen. Er worden geen zettingsproblemen verwacht door deze gewichtstoename omdat al een dik zandpakket bovenop de samendrukbare lagen (gedurende lange tijd) aanwezig is. Wanneer de bomen gehandhaafd worden, is het mogelijk dat de problemen zich in enige mate kunnen blijven voordoen.

### Nader onderzoek

Aangeven welk soort bomen beter niet geplant kunnen worden op wegen met een vochtgevoelige ondergrond, gericht op waterbehoefte en vorm van het wortelstelsel (zie case 3D).

**Tabel 9 Numerieke gegevens case 3B**

	constructielaag			
	asfalt	fundering	onderfundering	ondergrond
dwarsprofiel	x			
laagdikte	x			x
stijfheid				
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen	x			
laboratoriumproeven				

### 3.8 Case 3C: Langdurige droogte

**Bron:** M. Dobbelsteen et al. 'Schade aan wegverhardingen door langdurige droogte'  
Wegbouwkundige Werkdagen 1990 - deel I

**Jaartal:** 1990

#### **Algemene beschrijving**

Bomen onttrekken veel vocht aan de bodem, waardoor wegen kunnen gaan scheuren en verzakken. Het artikel geeft aan wat de achterliggende oorzaken en mechanismen zijn en hoe schade bij aanleg of reconstructie kan worden beperkt of voorkomen.

#### **Verkeer**

Er worden geen specifieke gegevens genoemd.

#### **Geometrie**

Er zijn geen specifieke geometrische gegevens

#### **Wegconstructie**

In algemene zin gaat het artikel over wegen op een krimpgevoelige ondergrond

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

Krimpgevoelige ondergrond (klei, klei-veen en veen)

#### **Schade, analyse en verklaring**

##### *Schade*

Het vaak plotseling ontstaan van rafelige langsscheuren met breedtes van enige millimeters tot aan enkele centimeters. De scheuren lopen tot in de ondergrond door. Ze ontstaan op 'willekeurige' plaatsen in het dwarsprofiel. Soms ontstaan ook hoogteverschillen. Draagkrachtverlies is niet of nauwelijks geconstateerd.

##### *Analyse*

De schade komt vooral voor op plattelandswegen met een ondergrond van klei, klei-veen of veen. Deze wegen hebben een tamelijk dunne verharding en dit ondergrondmateriaal bevindt zich op geringe diepte.

##### *Verklaring*

In droge perioden zal door wateronttrekking aan de constructie (grondwaterstands daling, vochtonttrekking door begroeiing) uitdrogingskrimpt optreden. Dit proces begint, in het dwarsprofiel gezien, aan de zijkant van de wegconstructie. In de constructie ontstaan horizontale spanningen, die bij overschrijding van de sterkte van een constructiemateriaal leiden tot scheurvorming in langsrichting van de weg.

##### *Oplossing*

Bij bestaande wegen herstellen van de schade. Rekening houden met periodiek herstel 1x per 6 tot 7 jaar. Bij aanleg of reconstructie een zandbed van 0,50 tot 0,75 m onder de steenfundering aanleggen, een wapeningsgrid tussen kleilaag en fundering toepassen en kiezen voor een minder vocht-eisende begroeiing; dus geen wilg of populier.

##### *Nader onderzoek*

-

**Tabel 10**      **Numerieke gegevens case 3C**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>asfalt</b>	<b>fundering</b>	<b>onderfundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel				
laagdikte				
stijfheid				
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen				
laboratoriumproeven				

### 3.9 Case 3D: Droogteschade bij bermbeplanting

**Bron:** J.W. Bakker et al. 'Droogteschade aan wegen bij bermbeplanting' Wegbouwkundige Werkdagen 1992 - deel 2  
**Jaartal:** 1992

#### **Algemene beschrijving**

Bomen onttrekken veel vocht aan de bodem, waardoor wegen kunnen gaan scheuren en verzakken. Het artikel geeft aan in welke mate bomen in een droge periode water aan de grond kunnen onttrekken en geeft resultaten van zakkingmetingen op enkelzijdig of tweezijdig beplante en onbeplante weggedeelten.

#### **Verkeer**

Wegverkeer is niet in beschouwing genomen.

#### **Geometrie**

Geometrie is niet echt gespecificeerd

#### **Wegconstructie**

Artikel is geheel gewijd aan ondergrondeffecten als gevolg van wateronttrekking

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

Voor een aantal onderzochte locaties is de bodemopbouw gegeven en het verloop van de grondwaterstand. Hieraan is gekoppeld het type beplanting en de positie in het wegprofiel.

#### **Schade, analyse en verklaring**

##### *Schade*

Op verschillende locaties zijn wegen verzakt of gescheurd, juist in de buurt van beplanting.

##### *Analyse*

De schade wordt in deze gevallen niet toegeschreven aan een ondeugdelijke wegconstructie of aan een overmatige belasting door het verkeer. Bij enkelzijdige beplanting is de verzakking aan de kant waar de bomen staan het grootst en komt de weg scheef te liggen. De zakkingen lopen op tot wel 150 mm. De wegstukken zonder beplanting zijn niet gezakt. Daar waar bomen aanwezig zijn, kan de grondwaterspiegel wel 0,8 m lager liggen dan waar geen bomen staan.

##### *Verklaring*

De vochtonttrekking door bomen is zo groot dat uitdrogingskrimp optreedt die leidt tot verzakking en scheurvorming. Er is duidelijk waargenomen dat de mate van zakking samenhangt met de mate van uitdroging. Een lage doorlatendheid van de grond leidt tot sterk plaatselijke uitdroging wanneer de begroeiing behoefte aan water heeft. Bepalend voor de zakking is het aanwezig zijn van klei of veen en de mate van rijping daarvan.

##### *Oplossing*

Een mogelijkheid de zakkingen te beperken is het aanhouden van een zeer grote afstand tussen bomen rij en weg. Bij populieren en wilgen moet dat al gauw 15 m zijn. Beplanting aan beide zijden levert een eenmalige grote zakking als gevolg van rijping van de grond op. Wat rest is een reversibele zakking van circa 60 mm in droge perioden.

##### *Nader onderzoek*

-

**Tabel 11**      **Numerieke gegevens case 3D**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>asfalt</b>	<b>fundering</b>	<b>onderfundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel				
laagdikte				
stijfheid				
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				x
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen				x
laboratoriumproeven				

### 3.10 Case 3E: Vrachtverkeer tijdens dooiperiode veroorzaakte schade

**Bron:** Rapport e0300028, KOAC•NPC, 'Verhardingsonderhoud en -advies op de Noorderstraat in de gemeente Hoogezand - Sappemeer'

**Jaartal:** 2003

#### **Algemene beschrijving**

Een straatsteenverharding in het centrum van Hoogezand-Sappemeer wordt belast door vrachtverkeer in een dooiperiode. Er treedt abrupt schade op in de vorm van dwarsonvlakheid. Gedeeltelijk herstraten blijkt onvermijdelijk. Had het probleem voorkomen kunnen worden?

#### **Verkeer**

De werkdagintensiteit bedraagt 10900 motorvoertuigen in het jaar 2000, waarvan 8,5% middelzwaar vrachtverkeer (VSF 0,75) en 2,8% zwaar vrachtverkeer (VSF 1,5).

#### **Geometrie**

De geometrie is niet beschreven.

#### **Wegconstructie**

De weg is opgebouwd uit ABC-klinkers (62 mm dik), 40 mm brekerzand, 250 mm menggranulaat en een zandbed aangebracht op de ondergrond.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

Deze gegevens zijn niet vermeld.

#### **Schade, analyse en verklaring**

##### *Schade*

Over een lengte van circa 200 m is aanzienlijke dwarsonvlakheid ter plaatse van het rijspoor ontstaan in een straatsteenverharding.

##### *Analyse*

Na een strenge vorstperiode is de dooi ingetreden én is het gaan regenen waardoor extra water in deze elementenverharding kon binnendringen. In die periode is de constructie normaal blootgesteld aan verkeer. De ernstigste dwarsonvlakheid is abrupt ontstaan juist in die periode. Daarnaast zijn in de wegconstructie nogal dunne elementen toegepast die een minder spreidend vermogen opleveren.

##### *Verklaring*

De abrupt optredende dwarsonvlakheid wordt toegeschreven aan een combinatie van factoren, waarbij klimatologische omstandigheden de voornaamste zijn in dit geval. Er is kennelijk zoveel water in de constructie gekomen dat de opbouw van waterspanningen onder verkeersbelasting en daarmee het verlies aan draagvermogen hebben geleid tot afschuiving van de straatlaag. Wat een rol kan meespelen is de dunne elementen die zijn toegepast. Als gevolg hiervan worden de onderliggende lagen zwaarder belast.

##### *Oplossing*

Toepassen van een betrekkelijk dunne straatlaag van een stabiel brekerzand en gebruik maken van dikkere elementen.

##### *Nader onderzoek*

-

**Tabel 12**      **Numerieke gegevens case 3E**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>straatstenen</b>	<b>fundering</b>	<b>onderfundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel				
laagdikte	x	x	x	
stijfheid	x	x	x	x
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen (VGD)	x	x	x	x
laboratoriumproeven				



### 3.11 Case 3F: Vorstheffing van steenfunderingsmaterialen

**Bron:** J. Zeilmaker, 'Vorstheffing steenfunderingsmaterialen' Wegbouwkundige Werkdagen 1988 - deel 3  
**Jaartal:** 1988

#### **Algemene beschrijving**

De vorstheffing in steenfunderingsmaterialen hangt af van de korrelverdeling van het materiaal. De vorstheffing zal groter zijn naarmate het materiaal meer fijne delen bevat. Maar niet alleen de korrelverdeling, ook de mineralogische samenstelling speelt een rol. Het blijkt dat vooral in gebieden met mildere winters ijslenzen gemakkelijker aangroeien en dat dus de kans op schade (heffing, opdooi) groter is dan aanvankelijk werd aangenomen.

#### **Verkeer**

Niet in beschouwing genomen. Het betreft labonderzoek en modellering.

#### **Geometrie**

Niet van toepassing

#### **Wegconstructie**

Niet van toepassing.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

Niet van toepassing.

#### **Schade, analyse en verklaring**

##### *Schade*

Wanneer de vorst in de grond is gekomen, bestaat de kans dat funderingslagen bij invallende dooi bezwijken als gevolg van verminderd draagvermogen.

##### *Analyse*

Vorstheffing kan ook optreden in funderingsmaterialen. De vermindering van draagkracht die hier een gevolg van kan zijn, verhoogt het risico op bezwijken (afschuiving). Uit laboratoriumonderzoek is gebleken dat de mate van heffing afhangt van de korrelverdeling van het funderingsmateriaal. Daarnaast is ook de mineralogische samenstelling van belang. Tijdens dit proces van vorstheffing kunnen ook ijslenzen ontstaan. Daarnaast kan als gevolg van bevroering verfijning van het materiaal optreden.

##### *Verklaring*

Als gevolg van bevroering van poriewater in verzadigde poriën zal volumevergroting optreden. Er ontstaat een transport van water naar de bevroren zone die daar door aangroeit. De doorlatendheid van het materiaal neemt hierdoor af. In een dun waterlaagje rond de korrels dat niet bevroert, is dan nog migratie van water mogelijk. Bij invallende dooi, die van bovenaf inzet, kan het dooiwater maar moeilijk afstromen. Het funderingsmateriaal zal verweken en het afschuifdraagvermogen kan daardoor afnemen.

##### *Oplossing*

De vorstheffingsproblematiek is te verminderen door grenzen te stellen aan de hoeveelheid fijn materiaal en aan de vorstbestendigheid. Daarnaast is het beheersen van de grondwaterstand van belang.

Nader onderzoek

-

**Tabel 13**      **Numerieke gegevens case 3F**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>asfalt</b>	<b>fundering</b>	<b>onderfundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel				
laagdikte				
stijfheid				
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen				
laboratoriumproeven		X		

### 3.12 Case 3G: Klimaatinvloeden

**Bron:** L. Pelgröm, 'Klimaatinvloeden op de draagkracht van wegconstructies'  
Wegbouwkundige Werkdagen 1990 - deel I

**Jaartal:** 1990

#### **Algemene beschrijving**

Aan de hand van metingen op een drietal wegconstructies is de invloed van een variërende grondwaterstand op gemeten deflecties bepaald. Op basis hiervan is een relatie bepaald die gebruikt kan worden om de gemeten deflecties vanaf 600 mm van het lastcentrum te corrigeren voor het geval een andere, ongunstigere, grondwaterstand op kan treden.

#### **Verkeer**

Niet van toepassing.

#### **Geometrie**

Geen gegevens beschikbaar.

#### **Wegconstructie**

Metingen zijn verricht op een ongescheurde constructie van 210 mm asfalt op 800 mm zandbed, op een gescheurde constructie van 125 mm asfalt op 600 mm zandbed en op een elementenverharding bestaande uit 80 mm betonstraatstenen op 500 mm zandbed.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

De bodemopbouw is niet gegeven. De grondwaterstand varieerde van circa 300 mm tot 1000 mm t.o.v. onderkant verharding.

#### **Schade, analyse en verklaring**

##### *Schade*

De invloed van optredende vervorming in relatie tot de grondwaterstand is onderzocht. Hiervoor zijn VGD metingen verricht en zijn slagsonderingen uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd ter voorkoming van schade.

##### *Analyse*

De deflecties vanaf 600 mm nemen ongeveer met 3% toe wanneer de grondwaterstand 0,10 m hoger is. Wanneer bij lage grondwaterstand deflectiemetingen worden uitgevoerd, zal de restlevensduur van de constructie worden overschat als gevolg van een overschatting van de stijfheid van fundering of onderfundering.

##### *Verklaring*

De stijfheid van ongebonden materialen hangt samen met het vochtgehalte in die lagen. Bij deze materialen zal in het geval deze onverzadigd zijn een zuigspanning (suction) leiden tot verhoogde alzijdige spanning met als gevolg een hogere stijfheid.

##### *Oplossing*

De aangedragen oplossing van correctie van de deflecties vanaf 600 mm kan bijdragen aan het voorspellen van een meer realistische levensduur. De toepassing van deze correctie zal echter sterk materiaalgebonden zijn.

##### *Nader onderzoek*

Uitzoeken of de simpele correctieaanpak op de deflecties bruikbaar is in andere situaties.

**Tabel 14**      **Numerieke gegevens case 3G**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>asfalt</b>	<b>fundering</b>	<b>onderfundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel				
laagdikte	x		x	
stijfheid				
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen	x		x	
laboratoriumproeven				

### 3.13 Case 3H: Verdronken draagkracht

**Bron:** A.J. van Leest en W.F. Stas, Draagkrachtmetingen op ondergelopen wegen, artikel in Wegen nr. 3, maart 1995.  
**Jaartal:** 1995

#### Algemene beschrijving

Het gedrag van ongebonden materialen wordt in hoge mate beïnvloed door de aanwezigheid van water. Bij dimensioneringsberekeningen wordt uitgegaan van een normaal ‘natuurlijk’ vochtgehalte waarbij ook de karakteristieke materiaalparameters als de stijfheidsmodulus zijn bepaald. In bijzondere situaties, zoals het onder water lopen van een wegconstructie, zullen de ongebonden materialen (ondergrond, zandbed en fundering) in hoge mate verzadigd raken en verliezen daarbij een groot deel van hun stijfheid. In sommige gebieden is door zetting te verwachten dat wegconstructies vrijwel permanent een hoge verzadigingstoestand hebben. Voorbeeld zijn wegen rond Nieuwkoop en Noorden in de provincie Zuid-Holland.

#### Verkeer

Variabel

#### Geometrie

Divers

#### Wegconstructie

Variabel

#### Bodemopbouw en grondwaterstand

Bij alle voorkomende wegconstructies kan het genoemde probleem zich in uitzonderlijke situaties voordoen. Echter speciaal in gebieden met een zettingsgevoelige ondergrond kan een constructie zo laag komen te liggen dat de verzadigingstoestand vrijwel permanent aanwezig is vanwege de zeer hoge grondwaterstand.

#### Schade, analyse en verklaring

##### *Probleem*

Het onder water lopen van wegconstructies, zodat verzadiging optreedt van de ongebonden materialen (ondergrond, zandbed en fundering) en het zakken van wegconstructies als gevolg van zettingen in de ondergrond.

Figuur 4a Probleem Case 3H Verdronken Draagkracht



Figuur 4b Probleem Case 3H Verdrongen Draagkracht



#### *Analyse*

Als gevolg van de hoge verzadigingstoestand treedt een aanmerkelijke verzwakking op van de ongebonden lagen. Zo is uit deflectiemetingen gebleken dat de deflecties met een factor groter dan twee toenamen! Dit betekent dat bijvoorbeeld de optredende rek onderin een asfaltpakket aanmerkelijk toeneemt met vergaande consequenties voor de levensduur van de constructie. Hieronder een vergelijking van de achteruitgang van stijfheden van drie materiaallagen in algemene zin:

- fundering van 600 naar 200 MPa
- zandbed: van 100 naar 35 MPa
- ondergrond: van 60 naar 20 MPa

De gevolgen zijn ernstiger naarmate de asfaltlaag, die geen stijfheidsverlies ondervindt, dunner is vanwege de aanwezigheid van een ongebonden fundering.

#### *Verklaring*

In het geval van verzadiging zal bij een snelle belasting zoals verkeer veroorzaakt de belasting in hoge mate wateroverspanning veroorzaken. Het korrelskelet van de ongebonden materialen komt onvoldoende onder spanning waardoor de in rekening gebrachte materiaalkarakteristieken niet de verwachte waarde zullen bereiken. Deze zijn immers gebaseerd op voldoende hoge korrelspanningen.

#### *Oplossing*

Ofwel bij de dimensionering hier rekening mee houden ofwel overgaan tot tijdelijke afsluiting van een weggedeelte en b.v. met valgewichtdeflectiemetingen bepalen wanneer weer voldoende draagkracht is bereikt.

#### *Nader onderzoek*

Nagaan wat de gevolgen zijn wanneer de normale verkeersbelasting wordt gehandhaafd, zowel voor wat betreft de asfaltdikte als de effecten op permanente vervorming/afschuiving in de ongebonden lagen.

**Tabel 15**      **Numerieke gegevens case 3H**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>asfalt</b>	<b>fundering</b>	<b>onderfundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel				
laagdikte				
stijfheid	x	x	x	x
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen		x	x	x
laboratoriumproeven				

### 3.14 Case 4A: Slappe ondergrond beïnvloedt kwaliteit fundering

**Bron:** Keuzemodel Wegconstructies-Achtergrondrapport, CROW, april 2005

**Jaartal:** 2007

#### **Algemene beschrijving**

Bij het ontwerp van wegen met hydraulisch menggranulaat of betongranulaat in de fundering wordt rekening gehouden met enige stijfheidsontwikkeling in de tijd. Als de draagkracht van de onderbouw te laag is en de belasting te groot, vindt geen binding plaats. Het gevolg is: minder stijfheid, meer onvlakheid, meer onderhoud. Wat te doen in de ontwerpfase en uiteraard ook in de beheer- en onderhoudsfases? Wat is het effect van EPS onder een zelfbindende fundering?

#### **Verkeer**

Niet in beschouwing genomen.

#### **Geometrie**

Niet in beschouwing genomen

#### **Wegconstructie**

Diverse constructies zijn bekeken waarbij diverse invoerparameters zijn gevarieerd.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

Diverse constructies zijn bekeken waarbij diverse invoerparameters zijn gevarieerd.

#### **Schade, analyse en verklaring**

##### *Schade*

In ondergedimensioneerde constructies kan schade optreden in de vorm van bijvoorbeeld scheurvorming en dwarsonvlakheid.

##### *Analyse*

Wanneer vroegtijdig schade optreedt in een wegconstructie is het goed mogelijk dat dit een gevolg is van incorrecte uitgangspunten in de ontwerpfase. Een voorbeeld hiervan is een lagere verdichtingsgraad of lagere stijfheid van een laag ongebonden funderingsmateriaal dan beoogd werd.

##### *Verklaring*

Een mogelijke verklaring kan liggen in de aanwezigheid van slappe lagen onder de fundering. In dat geval kan het zijn dat verdichten van een funderingslaag een lastige zaak wordt vanwege het ontbreken van een goede klankbodem. Resultaat is dan een minder stijve en minder stabiele laag dan normaalgesproken verwacht mag worden. Daarnaast is het mogelijk dat een zelfbindende fundering aan te grote vervormingen wordt blootgesteld onder verkeersbelasting waardoor de verwachte binding niet tot stand komt.

##### *Oplossing*

Bij de dimensionering dient met dergelijke effecten rekening te worden gehouden.

##### *Nader onderzoek*

Nagaan met welke materiaalparameters gerekend zou moeten worden wanneer optimale verdichtingswaarden niet worden bereikt of wanneer optredende vervormingen dusdanig groot zijn dat stijfheidstoename niet optreedt. Zijn toelaatbare vervormingen te kwantificeren?



**Tabel 16**      **Numerieke gegevens case 4A**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>asfalt</b>	<b>fundering</b>	<b>onderfundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel				
laagdikte				
stijfheid				
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen				
laboratoriumproeven				

### 3.15 Case 4B: Bloemendalergouw

**Bron:** projectdossier Bloemendalergouw, Grontmij  
**Jaartal:** 2003-2004

#### **Algemeen**

In verband met de reconstructie van de Bloemendalergouw is ter plaatse van een fietspad een tijdelijke weg aangelegd, die na het gereedkomen van de hoofdrijbaan weer wordt omgebouwd tot fietspad. Tijdens het gebruik als tijdelijk weg is de asfaltverharding volledig gecraqueleerd. Bovendien vertoont de verharding grote langs- en dwarsonvlakheden.

#### **Verkeer**

De Bloemendalergouw is een licht belaste weg naar een kleine dorpskern. De verkeersbelasting bedraagt circa 37.000 herhalingen van 100 kN aslasten voor een periode van 20 jaar. De rijnsnelheid van het vrachtverkeer bedraagt naar schatting circa 30 km/h.

#### **Geometrie**

De wegbreedte bedraagt 3,5 m en de hoogte van de weg is gelijk aan het omringende maaiveld.

#### **Wegconstructie**

De wegconstructie bestaat uit 80 mm warmbereid koudasfalt op 400 mm AGRAC op 500 mm EPS op een uitvullaag van bims.

De constructie is uitgerekend als evenwichtsconstructie.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

De bodemopbouw ter plaatse bestaat uit circa 1 m kleiige toplaag gevolgd door circa 10 m veen en klei. De grondwaterstand is geschat op circa 0,6 m-mv.

#### **Schade, analyse en verklaring**

Figuur 5 Schade Case 4B



### Schade

Ernstige (langs-)scheurvorming en dwars- en langsonvlakheid kort na aanleg.

### Analyse

Wegbouwkundig onderzoek bestaande uit een globale visuele inspectie en valgewichtdeflectiemetingen laat zien dat de draagkracht van het asfalt in orde is. De fundering laat echter een aanzienlijk lagere draagkracht zien dan op basis van de toegepaste materialen verwacht zou mogen worden (85 à 550 MPa, normaal is 2500 à 4000 MPa). Hieruit kan geconcludeerd worden dat er niet voldoende binding van het asfaltgranulaatcement is opgetreden (ondanks het voorschrijven van een rustperiode in verband met het bindingsproces).

### Verklaring

Een mogelijke verklaring is overbelasting van de constructie voorafgaand aan het aanbrengen van de asfaltlaag. Zo kan onder een te zware belasting van het (bouw-) verkeer het asfaltgranulaatcement en misschien het EPS bezweken zijn.

### Oplossing

Bij het ontwerp van de constructie moet rekening gehouden worden met het feit dat de verkeersbelasting in de uitvoeringsfase maatgevend kan zijn. De ervaring is namelijk dat het stellen van restricties aan de verkeersbelasting tijdens de uitvoering vaak niet het gewenste effect heeft.

### Nader onderzoek

Deze constructie van asfalt op AGRAC op EPS is elders (Sijtwende, Voorburg) wel succesvol toegepast. Dit geval betreft echter de aanleg op een tunneldek waarmee de interactie met de natuurlijke ondergrond komt te vervallen. Wellicht dat de schade niet alleen veroorzaakt is door overbelasting, maar dat ook het effect van de slecht draagkrachtige ondergrond meegenomen moet worden. Misschien is het interessant om de situatie van overbelasting voor beide situaties (zowel draagkrachtige als slecht draagkrachtige ondergrond) te modelleren om meer inzicht te verkrijgen in de verschillende situaties (zie ook case 4A).

**Tabel 17 Numerieke gegevens case 4B**

	constructielaag			
	asfalt	fundering	onderfundering	ondergrond
dwarsprofiel				
laagdikte	x	x	x	x
stijfheid	x	x	x	x
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				x
stabiliteit				
veldmetingen	x	x	x	
laboratoriumproeven				

### 3.16 Case 4C: Winkelpolder

**Bron:** projectdossier Winkelpolder gemeente Ronde Venen, Grontmij  
**Jaartal:** 2000

#### Algemeen

In 1999 is een toegangsweg naar het recreatiegebied Winkelpolder in de gemeente Ronde Venen aangelegd. De verhardingsconstructie is opgebouwd uit EPS, schuimgranulaat en asfalt. In het voorjaar van 2000 vertoont de weg al ernstige schade (craquelé en dwarsonvlakheid).

#### Verkeer

De toegangsweg naar het recreatiegebied is in principe een licht belaste weg. De weg wordt echter ook gebruikt voor transport van houtafval. Deze vrachtwagen-aanhangercombinaties komen qua belasting overeen met 3 gemiddelde vrachtwagens. De rijnsnelheid van het vrachtverkeer bedraagt 30 km/h.

#### Geometrie

De breedte van de weg is geschat op 4 à 5 m, de hoogte van de weg is gelijk aan het omringende maaiveld.

#### Wegconstructie

De constructie van de toegangsweg is als volgt opgebouwd:

110 mm warmbereid koudasfalt, 100 mm schuimgranulaat, Mesh-Track wapening, 300 mm schuimgranulaat, 400 mm EPS.

Deze constructie is in twee fasen aangebracht. In de eerste fase zijn het EPS en 300 mm schuimgranulaat aangebracht als tijdelijke verharding. Deze verharding is vervolgens tijdelijk afgedekt met circa 20 mm dikke staalplaten om een betere belastingspreiding te krijgen. De constructieopbouw is na het aanbrengen van de eerste fase aangepast om meer vrachtverkeer te kunnen toelaten. Daarom is de oorspronkelijk geadviseerde laagdikte schuimgranulaat van 300 mm verhoogd naar 400 mm, is een Mesh-Track wapening ingebracht en is de oorspronkelijk geadviseerde asfaltdikte vergroot van 80 mm naar 110 mm.

Ondanks de toepassing van EPS is er geen sprake van een evenwichtsconstructie, met andere woorden er is (geringe?) zetting te verwachten.

#### Bodemopbouw en grondwaterstand

De bodemopbouw ter plaatse bestaat uit circa 7,5 m veen en humeuze klei. De grondwaterstand is geschat op 0,4 à 0,6 m-mv.

#### Schade, analyse en verklaring

##### *Schade*

De constructie is vrijwel volledig ernstig gecraqueleerd en is er sprake van dwarsonvlakheid (spoorvorming).

##### *Analyse*

Medio 2000 zijn er valgewichtdeflectiemetingen uitgevoerd. Bij de metingen bleek dat bij een normale klapgrootte (50 kN) de deflecties groter zijn dan het meetbereik van de deflectieopnemers toe laat. De klapgrootte is aangepast naar 20 à 30 kN. Uit de berekende elasticiteitsmoduli van het EPS (3 à 6 MPa) kan worden geconcludeerd dat het EPS zodanig belast is dat er sprake is van plastische vervormingen bij ieder volgende belasting. De elasticiteitsmoduli van het schuimgranulaat zijn ook veel lager dan verwacht (35 à 215 MPa). Dit duidt op een onvoldoende hydraulische binding.

Op basis van de resultaten van de valgewichtdeflectiemetingen kan worden geconcludeerd dat de aan de bovenzijde van het asfalt waarneembare schade wordt veroorzaakt door een gebrek aan draagkracht van de totale constructie. Verder is er al tijdens de uitvoering aanzienlijke zetting opgetreden en is er sprake van een vervorming van de wegconstructie van circa 0,20 m bij passage van een enkele vrachtwagen.

#### *Verklaring*

Waarschijnlijk is de bindende werking van het schuimgranulaat onder invloed van de verkeersbelasting en de vervormingen in de grond niet of vertraagd op gang gekomen. Door het ontbreken of de verminderde mate van binding in het schuimgranulaat is het EPS zwaarder belast waardoor de toelaatbare stuik in het EPS overschreden is.

#### *Oplossing*

Indien er geen tijd is om voor te belasten en er geen evenwichtsconstructie gerealiseerd kan worden, dient een funderingstype gekozen te worden welke minder gevoelig is voor vervormingen.

#### *Nader onderzoek*

-

**Tabel 18**      **Numerieke gegevens case 4C**

	constructielaag			
	asfalt	fundering	onderfundering	ondergrond
dwarsprofiel				
laagdikte	x	x	x	x
stijfheid	x	x	x	x
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				x
stabiliteit				
veldmetingen	x	x	x	
laboratoriumproeven				

### 3.17 Case 5A: Stabiliteitsproblemen op A27

**Bron:** Rapport e0604248, KOAC•NPC, 'Verhardingsadvies A27 - Flevoland'  
**Jaartal:** 2007

#### **Algemene beschrijving**

Op de A27 tussen Almere en Stichtse brug hebben zich stabiliteitsproblemen voorgedaan. Deze problemen hebben geruime tijd na openstelling geresulteerd in vervormingen en daardoor scheuren in de gebonden fundering. Wat te doen in de beheer- en onderhoudsfasen?

#### **Verkeer**

Per richting passeren ongeveer 2800 vrachtauto's per dag.

#### **Geometrie**

Er zijn geen geometrische gegevens opgenomen.

#### **Wegconstructie**

De wegconstructie bestaat uit asfalt met een dikte tussen 150 mm en 210 mm op één of meer funderingslagen van asfaltgranulaatcement en/of betongranulaat. Daaronder bevindt zich zand van verschillende samenstellingen en graderingen.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

Op meer locaties worden op een diepte van 2,5 m tot 5 m samendrukbare lagen aangetroffen (klei en veen). De grondwaterstand bevindt zich op een diepte van circa 1,50 m beneden maaiveld.

#### **Schade, analyse en verklaring**

##### *Schade*

Op verschillende plaatsen is scheurvorming ontstaan, die zich al vrij snel na aanleg manifesteerde. Het betreft ook lengtescheuren in de AGRAC. Tevens zijn plaatselijk grote zettingsverschillen opgetreden. De scheurontwikkeling is in de jaren na aanleg op veel plaatsen verder gegaan. Het betreft voornamelijk langsscheuren.

##### *Analyse*

Voor de hoger gelegen weggedeelten zijn AVI-slakken toegepast. In die gevallen waar veel langsscheuren zijn ontstaan blijken onder de ophoging slappe lagen aanwezig te zijn die in dwarsrichting ook niet altijd homogeen zijn. Vaak bleek het niet mogelijk een sondering uit te voeren door de AVI-slakken heen. Uit metingen van de grondwaterstand is naar voren gekomen dat lokaal water bleef staan op de AVI-slakken.

##### *Verklaring*

De samendrukbare lagen hebben vanwege hun grillige verloop geleid tot het ontstaan van scheuren. Onvoldoende afwatering door een dichte laag AVI-slakken heeft mogelijk bijgedragen aan verweking van het talud met als gevolg vermindering van de stabiliteit van het talud.

##### *Oplossing*

Gezien de dikte van de samendrukbare lagen wordt verwacht dat de zetting en daarmee de scheurvorming de komende tijd nog zal doorgaan. Het toepassen van een gebonden fundering wanneer dergelijke pakketten samendrukbare lagen voorkomen, is niet geschikt. Daarnaast moeten badkuipconstructies (water op de AVI-slakken) te allen tijde worden vermeden.

In het onderzoek is geadviseerd ter plaatse van de scheuren tot op de fundering het asfalt weg te frezen en de scheuren met een groutmengsel te vullen om enige samenhang te krijgen en inwatering tegen te

gaan. Vervolgens wordt een wapeningsgrid ingebed in een laagje bitumen en wordt de asfaltconstructie weer opgebouwd.

*Nader onderzoek*

-

**Tabel 19**      **Numerieke gegevens case 5A**

	<b>constructielaag</b>			
	<b>asfalt</b>	<b>fundering</b>	<b>onderfundering</b>	<b>ondergrond</b>
dwarsprofiel				
laagdikte	X	X	X	
stijfheid	X	X	X	X
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				
stabiliteit				
veldmetingen	X	X	X	X
laboratoriumproeven				

### 3.18 Case 5B: Tuurluur Oudewater

**Bron:** Rapport 'Tuurluur te Oudewater, analyse aanlegmethode en onderhoudsadvies op basis van geotechnisch en verhardingsonderzoek', Grontmij  
**Jaartal:** 2003

#### **Algemeen**

Kort na aanleg van een nieuwe weg tussen de A12 en Oudewater is ernstige scheurvorming in het asfalt geconstateerd.

De weg is aangelegd als een constructie op het bestaande maaiveld bestaande uit 130 mm asfalt op 400 mm menggranulaat op een geotextiel. Het verticaal alignement volgt het bestaande maaiveld, waarbij oneffenheden zijn uitgevuld met een laag menggranulaat. Bestaande sloten en watergangen zijn gedempt met boomschors en voorbelast met een overhoogte van 1,0 m menggranulaat, die na zetting is vervangen door bims tot de onderzijde van de wegfundering.

#### **Verkeer**

Het gaat hier om een gemiddeld belaste weg met een rijsnelheid van het vrachtverkeer van circa 60 km/h. De beoogde ontwerplevensduur was vijf jaar (overeenkomend met 25.000 herhalingen van 100 kN aslasten) in verband met een voorgenomen wijziging in het peilbesluit.

#### **Geometrie**

De breedte van de weg is 6,5 m en de hoogte is gelijk aan het omringende maaiveld.

#### **Wegconstructie**

De wegconstructie bestaat gemiddeld uit 165 mm (100 à 220 mm) asfalt op 515 mm (200 à 790 mm) menggranulaat. Uit valgewichtdeflectiemetingen blijkt een gemiddelde stijfheid van het funderingsmateriaal van 125 MPa (50 à 370 MPa) wat aanzienlijk lager is dan op basis van de toegepaste materialen verwacht mag worden. Bij de valgewichtdeflectiemetingen is in verband met de slecht draagkrachtige ondergrond de klapgrootte gereduceerd tot 30 kN.

#### **Bodemopbouw en grondwaterstand**

De natuurlijke bodemopbouw bestaat uit een kleiige toplaag van ongeveer 0,8 m. Vervolgens is er tot circa 6,5 m-mv veen aanwezig.

De freatische grondwaterstand bevindt zich op 0,4 à 0,6 m-mv.



## Schade, analyse en verklaring

Figuur 6 Schade Case 5B



### *Schade*

De geconstateerde schade bestaat voornamelijk uit ernstige scheurvorming in de rijsporen. Hierbij is er evenveel scheurvorming in de lengte- als in de dwarsrichting (grofmazige craquelé).

### *Analyse*

Uit de analyse van valgewichtdeflectiemetingen blijkt dat de elasticiteitsmodulus van het asfalt en de fundering aanzienlijk lager is dan op grond van de toegepaste materialen en de ouderdom van deze materialen verwacht mag worden. Deze verminderde elasticiteit kan theoretisch worden veroorzaakt door: een slechte kwaliteit van de toegepaste materialen, slechte uitvoering van het werk, overbelasting of te grote dynamische vervormingen. Voor de eerste drie punten zijn niet of nauwelijks aanwijzingen gevonden. De te grote dynamische vervormingen moet hier als schadeoorzaak aangemerkt worden.

### *Verklaring*

Door de sterk samendrukbare ondergrond leidt de passage van een voertuig tot een grotere vervorming dan bij het ontwerp van de verharding wordt aangenomen. Door de vervormingen in de ondergrond ontstaan spanningen in de bovenliggende lagen, die bij de spanningen als gevolg van het verkeer moeten worden opgeteld. Deze grote spanningen leiden tot een versnelde vermoeiing van de materialen en bij overschrijding van de maximaal toelaatbare spanning tot breuk. Hierdoor neemt de elasticiteitsmodulus van de materialen af, waardoor de vervormingen nogmaals toenemen. Het proces van bezwijken wordt hierdoor versneld.

Bovendien ontstaat als gevolg van de grote doorbuigingen ook aan de bovenzijde van de verharding scheurvorming.

Gebrek aan stijfheidsontwikkeling van fundering door te grote elastische doorbuigingen en vervormingen bij elke passage van zwaar verkeer en bouwphase en eerste gebruiksfase leidt ook tot herhaalde breuk in pas gevormde cementbrugjes tussen grover aggregaat en geen opbouw van de hydraulische binding. Helaas zijn geen data beschikbaar over dichtheid en verdichtingsgraad van de fundering. Waarschijnlijk is in het ontwerp uitgegaan van een relatief hoge stijfheid van de fundering.

Doordat deze in de praktijk niet werd gehaald is de structurele conditie veel zwakker en is de levensduur ook veel korter, waardoor versnelde schadeontwikkeling is opgetreden.

#### *Oplossing*

Achteraf moet geconstateerd worden dat een ander ontwerp beter was geweest. Daarbij moet echter opgemerkt worden dat de gangbare ontwerpprocedures in Nederland geen of onvoldoende aandacht schenken aan het aspect van grote dynamische vervormingen.

#### *Nader onderzoek*

Hoe moeten de ontwerpprocedures worden aangepast om grote dynamische vervormingen mee te nemen in het ontwerp van een verharding?

**Tabel 20 Numerieke gegevens case 5B**

	constructielaag			
	asfalt	fundering	onderfundering	ondergrond
dwarsprofiel				
laagdikte	x	x		x
stijfheid	x	x		x
dichtheid				
vochtgehalte				
numerieke beschrijving conditie				
zetting				x
stabiliteit				
veldmetingen	x	x	x	
laboratoriumproeven				

## 4 Samenvattende analyse

### 4.1 Algemeen

De analyse van de bestudeerde literatuurbronnen heeft slechts in beperkte mate geleid tot bruikbare numerieke waarden voor materiaalparameters waarmee modelberekeningen zouden kunnen worden uitgevoerd. Het merendeel van de cases bevatte wel gegevens over wegbreedte, laagdikte en gebruikte materialen en in sommige gevallen deflectiegegevens, vrijwel nooit werden materiaalkarakteristieken gepresenteerd. Een uitzondering was Case 3A; in de analyse naar de mogelijkheid om de grondwaterstand fors te verhogen onder een weg, was triaxiaalonderzoek uitgevoerd om op basis van de bezwijkarakteristieken van de grond en de geometrie van het weglichaam stabiliteitsberekeningen uit te voeren.

Het is jammer dat in tal van schadecases geen meetcijfers van net na de aanleg beschikbaar zijn. In een aantal cases trad de schade al snel op. Het was voor een grondige analyse van de oorzaak wenselijk geweest, dat parameters als verdichtingsgraad en vochtgehalte zouden zijn vastgelegd. Helaas is dit in te weinig cases gebeurd.

Het geheel van geanalyseerde cases heeft duidelijk gemaakt dat vocht een van de belangrijkste parameters is die in een integraal wegontwerp verdisconteerd moet worden. Veel van de beschreven schades vinden hun oorzaak direct of indirect in het vergeten, negeren of in ieder geval onvoldoende verwerken van de invloed van hoge vochtgehaltenes en hoge grondwaterstanden.

In een aantal gevallen is in het ontwerp uitgegaan van een bepaalde constructieve oplossing waarbij te weinig aandacht is geschonken aan de negatieve invloed van de hoge grondwaterstand. Bij een hoge grondwaterstand is de draagkracht van de grondslag meestal gering. Verdichten van constructielagen op deze samendrukbare grond is vaak moeizaam omdat te weinig klankbodem beschikbaar is. Hierdoor wordt de gewenste stijfheid en verdichtingsgraad van een constructielag niet gehaald, waardoor de prestaties op het gebied van lastspreiding, vermoeiing en weerstand tegen permanente deformatie geringer zijn dan bij een weg op goede grondslag. Het vermoeden rijst dat in een aantal van de bestudeerde cases 'standaard' waarden voor materiaaleigenschappen van constructielagen zijn gebruikt, terwijl de lokale situatie dit soort aannamen niet rechtvaardigt. Het is een van de hoofdtaken van de werkgroep 'Integraal Wegontwerp' om voor dit soort situaties richtlijnen te ontwikkelen ter voorkoming van de gemaakte fouten.

Voor het formuleren van de vervolgstappen voor de werkgroep zijn naast de bestudeerde cases enkele relevante documenten bestudeerd [1-7]. Deze zullen beknopt in het vervolg van dit hoofdstuk aan de orde komen.

### 4.2 Interactie weg-ondergrond

In de uitgevoerde analyse zijn de in tabel 21 gepresenteerde aandachtspunten in meer of mindere mate aan bod geweest. Deze punten moeten voor een goed structureel en functioneel gedrag van een wegverharding in voldoende mate in elke fase van ontwerp, beheer en onderhoud aandacht krijgen. Het is echter niet voor elk punt nodig om dit via een integrale benadering van boven- en onderbouw te realiseren. Tabel 21 geeft aan in welke mate een integrale benadering gewenst is.

**Tabel 21 Noodzaak voor integrale benadering**

Aandachtspunt	Toelichting	Noodzaak integrale benadering
Randschade, wegversmalling	-	nee <sup>1</sup>
Wegverbreding	vaak aardebaan verbreed	ja
Vochtonttrekking	peilwijziging, bomen	meestal ja
Toename vochtgehalte	(tijdelijke) verhoging grondwaterstand	meestal ja
Draagkracht onderbouw	wegen op slappe grondslag	ja
Dooi	-	nee
Vorstheffing	granulaire materialen cohesieve materialen in ondergrond	nee ja <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Met uitzondering van de gevallen met een beperkt geometrisch profiel

<sup>2</sup> Formeel 'ja' maar met in Nederland voorkomende materialen meestal geen probleem.

Voor de ontwikkeling van de richtlijnen voor de ontwerp-, beheer- en onderhoudsfase moeten in de volgende fase ieder geval de volgende onderwerpen aandacht krijgen.

### 4.3 Aandachtspunten ontwerp, beheer en onderhoud

#### 4.3.1 Verkeer

- Welke belasting is voor de constructie maatgevend; het verkeer tijdens de bouwfase of het verkeer in de definitieve situatie? In veel gevallen wordt de focus te veel op de uiteindelijke gebruiksfase gelegd en worden de grote spanningen op de onafgebouwde, en dus zwakkere wegconstructie veronachtzaamd. Hierdoor kan schade al vroeg ontstaan doordat de gewenste stijfheid of verdichting niet gehaald wordt of verstoord wordt door het bouwverkeer.
- Wordt de rand van de verharding zwaar belast? Is de steun onder de asfaltverharding of elementenverharding structureel voldoende?

#### 4.3.2 Geometrie en hoogteligging

- Gaat het om een verbreding van een bestaande weg? In welke mate wijkt het zettingsgedrag van de verbreding af van dat van de reeds aanwezige aardebaan?
- Gaat het om een verhoging van een bestaande weg? Is de huidige constructie aan substantiële zakking van meer dan 0,01 m per jaar onderhevig of is er sprake van een zettingsvrije constructie, zoals op een volledige grondverbetering of een constructie op palen?
- Is de beschikbare ruimte dusdanig beperkt dat de taluds steiler dan 1:2 noodzakelijk zijn? Dit soort steile taluds hebben een grotere kans op instabiliteit.
- Is er sprake van parallel gelegen greppels of watergangen?

#### 4.3.3 Vochthuishouding, weer en temperatuur

- Bevindt de freatische grondwaterstand zich dichterbij dan 1,2 m onder de bovenkant van de verharding? Als dit het geval is zal altijd rekening moeten worden gehouden met kwalitatief mindere prestaties qua draagkracht, stijfheid, duurzaamheid en weerstand tegen permanente deformatie.
- Zijn er wijzigingen in grondwaterstand of open waterpeil voorzien? Verhoging van de waterstand leidt tot verminderde constructieve eigenschappen en gedrag; verlaging van de waterstand kan leiden tot irreversibele krimp van veenlagen.
- Is er beplanting aanwezig/voorzien naast de verharding binnen het bereik van de wortels? Sommige boomsoorten kunnen in de zomer door evapotranspiratie veel vocht uit de ondiepe bodem onttrekken en daardoor scheuren in cohesieve grondlagen en bovenliggende constructielagen veroorzaken.
- Is de constructie vorst- en dooibestendig en/of kan er water opgesloten raken in de constructie?

- Hoe groot zijn de natuurlijke variaties in (grond-)waterstanden? Zijn deze mogelijk groter dan 1 m? Waarschijnlijk wel in gebieden zonder gecontroleerde grondwaterstand, maar niet in de gebieden met slappe grondslag.
- Moet er rekening worden gehouden met het onderwater lopen van de constructie of overstromingsgevaar?

#### 4.3.4 Materialen en ondergrond

- Wordt er hydraulisch menggranulaat of betongranulaat toegepast waarbij er stijfheidontwikkeling in de tijd wordt verondersteld? Als dit het geval is dan moet gegarandeerd worden dat de klankbodem aan een minimum eis voldoet. Bij een slechte klankbodem, zoals bij slecht draagkrachtige ondergrond of bij toepassing van EPS of bij hoge verkeersbelastingen of combinaties van beide aspecten, kan de vervorming onder verkeersbelasting te groot zijn om de zelfbindende werking van dit soort funderingsmaterialen op gang te helpen.
- Wordt er een gebonden fundering toegepast op een sterk samendrukbare ondergrond? Zo ja, dan moet er rekening worden gehouden dat er ongelijkmatige zettingen kunnen optreden.
- Zijn er grote dynamische vervormingen te verwachten? Indicaties hiervoor zijn zettingen groter dan 0,10 m à 0,20 m, slecht draagkrachtige ondergrond, geringe dikte van de constructie bijvoorbeeld bij het ontbreken van een zandbed of een hoge verkeersbelasting.

#### 4.4 Nader onderzoek

In de door de werkgroep 'Integraal Wegontwerp' uit te brengen richtlijnen moet duidelijk worden gemaakt dat de ongebonden en zelfbindende funderingslagen geen vaste waarde voor de stijfheidsmodulus hebben. Deze eigenschappen zoals stijfheid en weerstand tegen permanente deformatie zijn sterk afhankelijk van de eigenschappen van de onderliggende lagen en ondergrond en van de energie die gestoken is in de aanleg en verdichting van de laag. Wanneer meer rekening met dit fenomeen wordt gehouden, zal de kans op voortijdig falen van wegen op slappe grondslag sterk verminderen. Diverse publicaties [1-7] leveren bruikbare informatie voor het opstellen van deze richtlijnen. Op basis van uit te voeren Eindige Elementen berekeningen zal dit verder onderbouwd moeten worden.

Uit de evaluatie is duidelijk geworden dat in de ontwerpfase van een wegverharding regelmatig onvoldoende rekening wordt gehouden met de draagkracht van de ondergrond. Het verdient aanbeveling te onderzoeken of, en in welke mate eisen gesteld moeten worden aan de draagkracht van de ondergrond om een wegconstructie te ontwerpen en aan te leggen met voldoende betrouwbare levensduur. In de ons omringende landen worden in de ontwerpmethodieken eisen gesteld aan de stijfheidsmodulus van de onderbouw [3, 4]. Mogelijk is de Light Weight Deflectometer (LWD) een hulpmiddel om in de aanlegfase te controleren of de aannemer aan de gestelde ontwerpeisen met betrekking tot de stijfheid van de onderbouw voldoet [6]. In het Verenigd Koninkrijk wordt onderscheid gemaakt tussen vier niveaus van minimum draagkracht van de onderfundering en onderliggende lagen.

Indicatief onderzoek heeft uitgewezen dat door per meetpunt met de LWD meer klappen te geven, de ontwerper inzicht kan krijgen in de mate van verdichting [7]. De verdichting heeft een grote invloed op de prestaties van de fundering en onderfundering.

In [2] wordt aangegeven hoe de deformatie- en stijfheidseigenschappen van de in Nederland veel gebruikte funderingsmaterialen menggranulaat, betongranulaat en hydraulisch menggranulaat wijzigen als functie van verdichtingsgraad, gradering, draagkracht onderbouw en leeftijd. Tevens kan uit de onderzoeksdata een simpele methodiek worden afgeleid om aan te tonen of een weg in aanbouw c.q. kort na opening voor verkeer gevaar loopt overbelast te worden of te grote vervormingen ondergaat waardoor de bindende werking van hydraulisch menggranulaat of betongranulaat niet of niet geheel tot stand komt.

In [5] wordt een praktische aanpak gepresenteerd waarmee via een indexsysteem kan worden bepaald in welke mate vocht invloed heeft op het structurele gedrag van asfaltwegverhardingen. Met het indexsysteem kan een afweging worden gemaakt welke materialen voor een gegeven toepassing(sgebied) het meest in aanmerking komen. De index is niet alleen gericht op de ontwerpfase maar ook op beheer en onderhoud. Belangrijke factoren zijn:

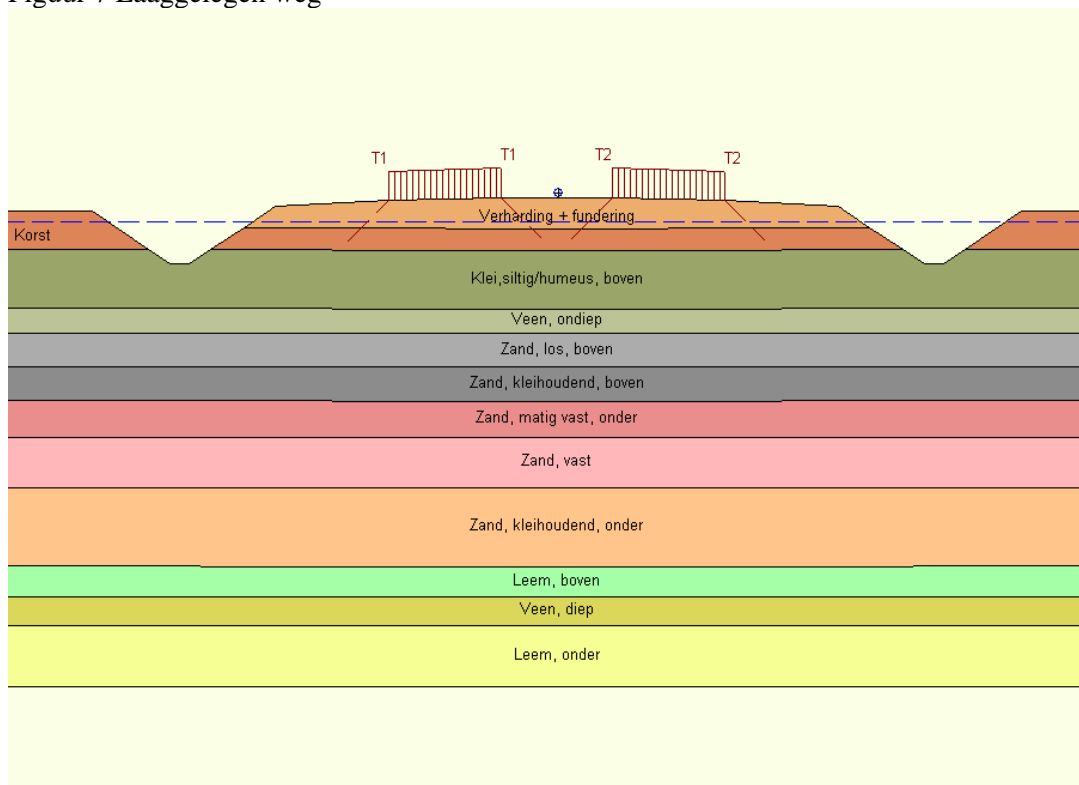
- klimaatzone (in Nederland niet veel variatie);
- drainerend vermogen van de granulaire lagen en wegconstructie;
- korrelverdeling en gehalte aan fijn materiaal in de ongebonden lagen;
- dwarsprofiel en hoogteligging (ingraving, ophoging);
- type en conditie van afwatering (sloten, buizen)
- visuele conditie van asfaltwegverharding (scheuren, rafeling, etc.)

#### 4.5 Nader modelmatig onderzoek

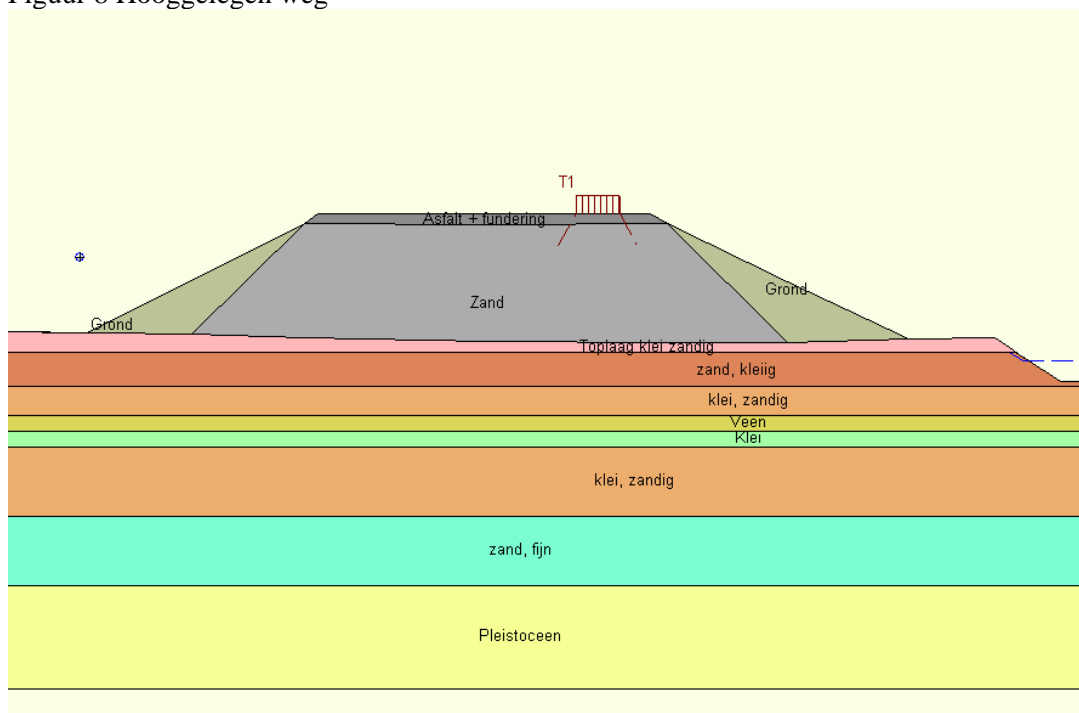
Op basis van de geanalyseerde cases en de geformuleerde aandachtspunten voor een beter ontwerp, beheer en onderhoud bij een geïntegreerde aanpak, wordt voorgesteld in een modelonderzoek aandacht te besteden aan de volgende punten:

- in welke mate nemen kritieke ontwerpreeksen en/of -spanningen toe naarmate het vrachtverkeer in plaats van ver van de rand dicht bij de rand of zelfs op de rand van de wegverharding gaat rijden?
- wat gebeurt er met de structurele conditie, c.q. levensduur of in ieder geval met de spanningstoestand in de fundering en de wegverharding als de grondwaterstand hoger komt te staan of het vochtgehalte toeneemt?
- welk effect heeft de hoogteligging van een wegverharding van een plattelandsweg op de kritieke ontwerpparameters? Hierbij moet in ieder geval een case met een weg net boven maaiveld en een weg ruim 3 m boven maaiveld worden doorgerekend (figuur 7 en 8).
- de ondergrond zal in een gebied met slappe grondslag altijd onderhevig zijn aan zetting. Vanwege variatie in eigenschappen zal deze zetting ongelijkmatig zijn over de lengte van het tracé. Wat voor een effect hebben deze ongelijkmatige zettingen en vervormingen op de structurele eigenschappen van de wegverharding? Waarschijnlijk zal in een gebonden fundering scheurvorming optreden. Tot welke ongelijkmatige vervormingen zijn gebonden funderingen nog toepasbaar? Zijn hier vuistregels voor te ontwikkelen?

Figuur 7 Laaggelegen weg



Figuur 8 Hooggelegen weg





## 5 Referenties

- 1 Unbound granular materials for road pavements. Final Report of COST Action 337. European Commission, Directorate-General for Energy and Transport. Brussel, 2000.
- 2 Van Niekerk, A.A., Mechanical behavior and performance of granular bases and sub-bases in pavements. PhD-thesis. Delft University of Technology. Delft, September 2002.
- 3 Design Guidance for Road Pavement Foundations. Interim Advice Note 73/06 (Draft HD 25). Highways Agency. United Kingdom.
- 4 A design and specification guide for Scotland's road authorities to facilitate the use of recycled and secondary aggregates. ISBN 1-84405-249-4. The Waste & Resources Action Programme. Banbury, Oxon, United Kingdom. January 2006.
- 5 Carpenter, S.H., Darter, M.I. and Dempsey, B.J., A Pavement Moisture Accelerated Distress (MAD) Identification System, Volume 2. Report No. FHWA-RD-81-080. National Technical Information Service. Springfield, VA, USA, September 1981.
- 6 Lambert, J.P., Novel Assessment Test for Granular Road Foundation Materials. PhD-thesis. Department of Civil & Building Engineering, Loughborough University. Loughborough, United Kingdom, March 2007.
- 7 Van Gurp, C.A.P.M. and Beuving, E., Experience with various types of foundation tests. 5th International Symposium on Unbound Aggregates in Roads. A.A. Balkema. Rotterdam, 2000, pp. 239-246.