

INHOUD:

ONDERZOEK NAAR HET GEDRAG VAN DIVERSE
WEGVERHARDINGEN EN FUNDERINGEN
OP DE RIJKSWEGEN

door

IR F. H. J. JANSSEN

Ingenieur 1e kl. van de Rijkswaterstaat

Uitgegeven door

het Ministerie van Verkeer en

Waterstaat



INHOUD

	Blz.
I. Inleiding	5
II. Beschrijving viagraaf.	6
III. Meetbereik en graad van nauwkeurigheid.	7
IV. Vastlegging en registratie der observatievakken	12
V. Vergelijking van de toestand van het Rijkswegennet met die van enkele jaren daarvoor	14
VI. Bijzonderheden omtrent enkele wegvakken	21
VII. Onderzoek betonnen wegdekken	29
VIII. Algemene conclusies uit de viagraaf-waarnemingen	34
IX. Vlakke afwerking van nieuwe wegdekken	36
X. Toestandskaat van de Rijkswegen	36
Bijlage: Toestandskaat van de Rijkswegen	

I. INLEIDING

In 1938 kwam bij de Rijkswaterstaat de wenselijkheid naar voren om verschillende punten van autowegen, die aan min of meer hinderlijke verzakkingen onderhevig zijn, geregeld te controleren.

Voor dit doel werd toen een viagraaf aangeschaft, een toestel, dat op buitengewoon gemakkelijke en voor de praktijk alleszins bevredigende wijze de golven en verzakkingen in een weg registreert.

De constructie van dit apparaat en de wijze waarop de ermede verkregen resultaten beoordeeld moeten worden, zijn verschillende malen in de literatuur uitvoerig beschreven (o.a. in het boek „Cementbetonwegen” van Ir J. C. N. Ringeling), zodat daarop in het navolgende slechts met een enkel woord zal worden teruggekomen.

In de paar jaren voor de oorlog zijn met dit apparaat enkele honderden waarnemingen verricht, zowel op klinkers, asfalt als beton, over vaklengten van 50 m tot enkele honderden meters. In de oorlogsjaren zelf is aan dit werk weinig meer gedaan vanwege benzinegebrek, doch daarna zijn deze viagraaf-waarnemingen wederom voortgezet en werden ook de vroegere vakken nogmaals opgenomen. Bij deze heropnamen kwamen vaak dermate verrassende gegevens naar voren, dat in 1946 besloten werd tot een systematisch onderzoek van vrijwel het gehele Rijkswegennet. Daarbij werden de wegen ingedeeld in vakken van 1 à 2 km lengte, van welke vakken een representatief gedeelte van 100 of 200 m lengte als observatie-object werd uitgekozen.

Van deze observatievakken bestaan er thans:

413 op de klinkerverhardingen,
562 op de bitumineuze wegdekken en
378 op de cementbetonverhardingen.

Begonnen werd met het onderzoek van de wegen in Zuid-Nederland, daarna volgden in 1947 de wegen in het midden van het land en vervolgens in 1948 die in het noorden.

In de jaren 1949/51, dus 3 à 4 jaar na de eerste opnemingen, werden deze vakken nogmaals geviagrafeerd.

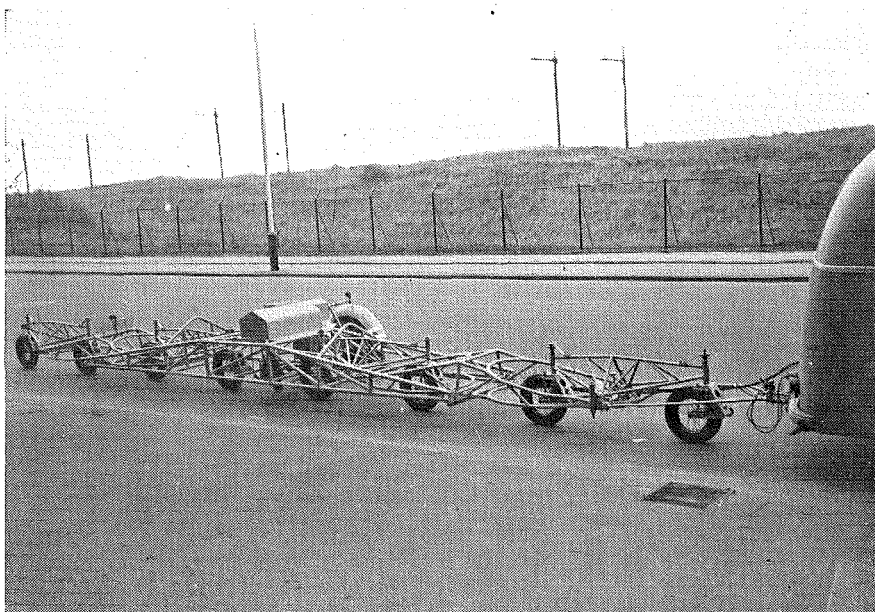
In een volgend hoofdstuk zal van de resultaten dezer heropneming in vergelijking met die der eerste het een en ander worden medegedeeld.

De bedoeling van dit onderzoek is nl., om uit de aard en uit de mate van achteruitgang der diverse verhardingen iets te weten te komen omtrent de sterkte der toegepaste dekconstructies, de stabiliteit der funderingen en het gedrag van de ondergrond. Deze gegevens, gecombineerd met die uit de praktijk, zullen in vele gevallen van reconstructie van bepaalde wegvakken of bij aanleg van nieuwe wegen kunnen bijdragen tot een juistere keuze van het verhardingstype en van de funderingssterkte.

Ongetwijfeld zijn voor een vollediger beoordeling nog andere gegevens nodig, doch met deze viagraafuitkomsten en praktijkgegevens weet men vaak reeds, in welke richting men de verbetering van een bepaald wegvak moet zoeken.

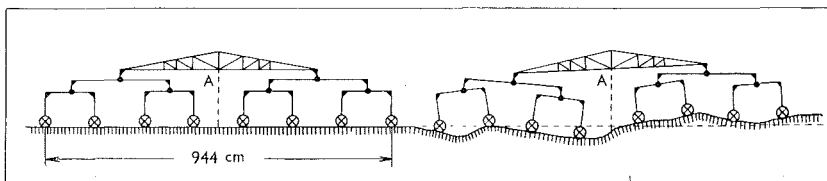
II. BÈSCHRIJVING VAN DE VIAGRAAF

Dit apparaat van Franse origine bestaat uit vier kleine tweewielige bruggen, die twee aan twee gecombineerd zijn tot twee secundaire bruggen, waarvan de middens weer gekoppeld zijn door een primair of hoofdframe (zie figuur 1 en 2).



Figuur 1. De viagraaf gekoppeld achter de meetauto.

De onderlinge afstand der wielen bedraagt 1,35 m, zodat de totale lengte van het apparaat ± 10 m is. Aangenomen wordt nu, dat de heffingen en dalingen, die de wieltjes ieder voor zich aan het midden van het toestel zouden geven, elkaar

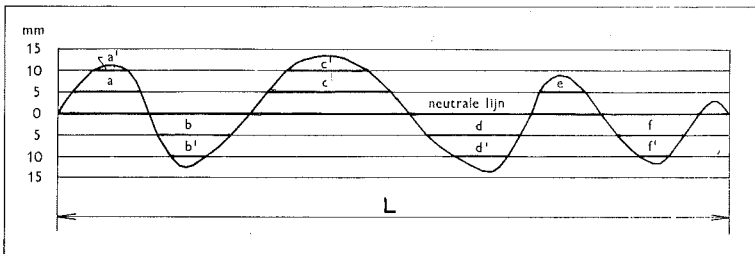


Figuur 2. Schema van de viagraaf.

compenseren, waardoor dus dit midden evenwijdig aan en steeds op dezelfde hoogte boven het gemiddeld langprofiel van de weg blijft lopen. Ten opzichte van dit midden worden dan door middel van een ijzeren tastwieletje en een overbrengingsmechanisme de weggolven op een papierrol geregistreerd op een schaal van 1 : 100 voor de lengte en van 1 : 1 voor de hoogte.

Om tot een juiste waardering van het langspoor van een weg te komen, zou men feitelijk het oppervlak moeten planimetreren, dat begrepen is tussen de „golf”-lijn en de z.g. neutrale lijn of 0-lijn. Dit is veel te omslachtig en daarom wordt volstaan met alleen de lengten van de koorden op te meten, die respectievelijk gelegen zijn op een afstand van 5, 10, 15 mm enz. boven en onder de neutrale lijn (zie figuur 3).

Dit opmeten der koorden gaat tegenwoordig ook geheel automatisch door middel van een elektrisch registreerapparaat. De totale lengte dezer koorden, gedeeld door de lengte van het wegvak, geeft dan het z.g. afwijkingspercentage, hetgeen tevens een maat is voor evenbedoeld golf-oppervlak, immers door deze totale lengte der koorden te vermenigvuldigen met 5 mm vindt men ongeveer de grootte van dit oppervlak. De Fransen gebruiken dit afwijkingspercentage tevens om er de rijkwaliteit van een weg mee uit te drukken, hetgeen niet altijd even juist is en in elk geval niet overeenstemt met andere rijkwaliteitsbeoordelingen, zoals die met de Amerikaanse bumpintegrator.



Figuur 3. Golflijn met de koorden gelegen op resp. 5, 10, 15 mm enz. afstand van de neutrale lijn.

Het zijn namelijk niet in de eerste plaats de lengten en amplitudes der golven, die de rijkwaliteit bepalen, doch de abrupte wijzigingen in het langspoor, want deze veroorzaken de stoten, die zo van invloed zijn op de rijkwaliteitsbeoordeling.

III. MEETBEREIK EN GRAAD VAN NAUWKEURIGHEID

Dat het midden van het apparaat een rechte lijn zou beschrijven, die steeds evenwijdig aan en op dezelfde hoogte boven het gemiddeld wegprofiel loopt, komt in de praktijk natuurlijk niet voor, want, ten eerste is van een regelmatige golfvorming op een wegdek haast nooit sprake en ten tweede, al zou deze voorkomen, dan nog hangt het van de golfengete af, hoe het midden van het apparaat zich zal bewegen.

Onderstaande theoretische beschouwingen kunnen dit nog nader verduidelijken.

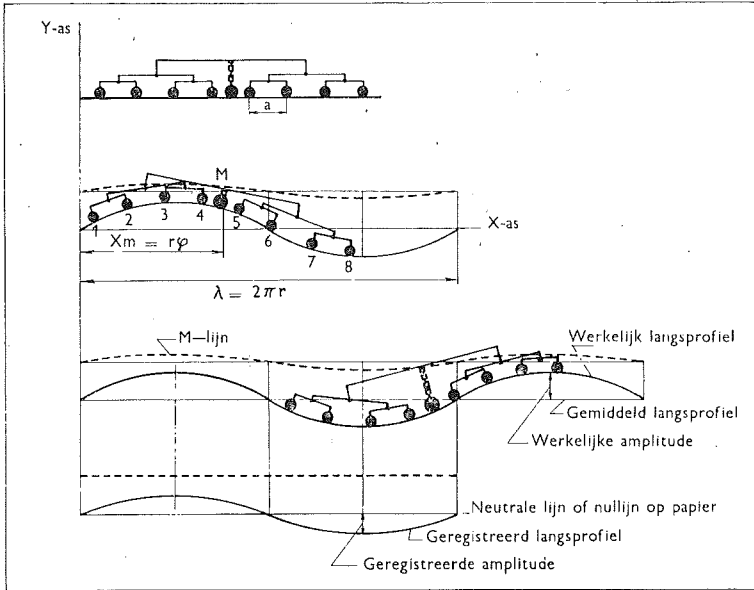
Wanneer men als golflijn b.v. een sinusoïde aanneemt met de parameter vergelijkingen:

$$y = pr \sin \varphi \quad (0 < p < 1) \text{ en}$$

$$x = r \varphi$$

dan is de vraag dus: de lijn te bepalen welke het midden van de viagraaf beschrijft als deze zich over de sinusoïde voortbeweegt (zie figuur 4).

Stellen we ter vereenvoudiging van de berekening de booglengthe = haar projectie op de X-as, wat bij wegdekcolven van in de regel zeer geringe amplitude zeker geoorloofd is, dan is $y_M = 1/8 \sum_1^8 y$.



Figuur 4. Schema van de voortbeweging van de viagraaf over een sinusöide met aanduiding van de lijn, die het midden M van de viagraaf beschrijft en van het door middel van het tastwiel geregistreerde langsgeslacht.

De onderlinge afstand tussen de wielen is $a = r \alpha = \frac{\alpha}{2\pi} \lambda$ (r en α variabel). Bij een bepaalde stand van M, nl. $x_M = r \varphi$, is:

$$\begin{aligned} y_4 &= pr \sin \left(\varphi - \frac{1}{2} \alpha \right) & y_5 &= pr \sin \left(\varphi + \frac{1}{2} \alpha \right) \\ y_3 &= pr \sin \left(\varphi - 1 \frac{1}{2} \alpha \right) & y_6 &= pr \sin \left(\varphi + 1 \frac{1}{2} \alpha \right) \\ y_2 &= pr \sin \left(\varphi - 2 \frac{1}{2} \alpha \right) & y_7 &= pr \sin \left(\varphi + 2 \frac{1}{2} \alpha \right) \\ y_1 &= pr \sin \left(\varphi - 3 \frac{1}{2} \alpha \right) & y_8 &= pr \sin \left(\varphi + 3 \frac{1}{2} \alpha \right) \end{aligned}$$

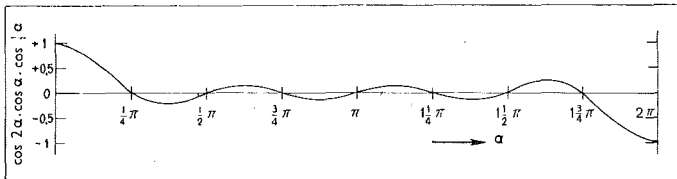
Wanneer we de termen $y_1 + y_8$, $y_2 + y_7$, enz. bij elkaar voegen, vinden we $y_M = 1/8 p 2r \sin \varphi (\cos \frac{1}{2} \alpha + \cos 1 \frac{1}{2} \alpha + \cos 2 \frac{1}{2} \alpha + \cos 3 \frac{1}{2} \alpha)$ of $y_M = pr \sin \varphi \cos 2 \alpha \cos \alpha \cos \frac{1}{2} \alpha$.

Uit deze laatste formule zien we dus dat de M-lijn ook een sinusöide is met dezelfde golflengthe, doch met een in de regel kleinere amplitude, aangezien $-1 \leq \cos 2 \alpha \cos \alpha \cos \frac{1}{2} \alpha \leq 1$.

Uit deze formule blijkt tevens, dat slechts voor speciale gevallen $y_M = 0$, nl. als $\cos 2 \alpha$ óf $\cos \alpha$ óf $\cos \frac{1}{2} \alpha = 0$, dus voor $\alpha = (2n + 1) 2^m \cdot \frac{\pi}{4}$ ($n = 0$ of een geheel getal en $m = 0, 1$ of 2).

Alleen voor deze waarden van α beschrijft M dus een rechte lijn. Duidelijker wordt dit, wanneer we $F = \cos 2\alpha \cos \alpha \cos \frac{1}{2}\alpha$ grafisch voorstellen (zie fig. 5).

Voor onze praktische doeleinden hebben we in hoofdzaak te maken met het gebied waarin α varieert tussen 0 en 2π . In dit gebied komen 7 waarden van α voor, waarvoor $F = 0$, nl. $\alpha = 1/4\pi, 1/2\pi, 3/4\pi, \pi, 5/4\pi, 3/2\pi$ en $7/4\pi$;



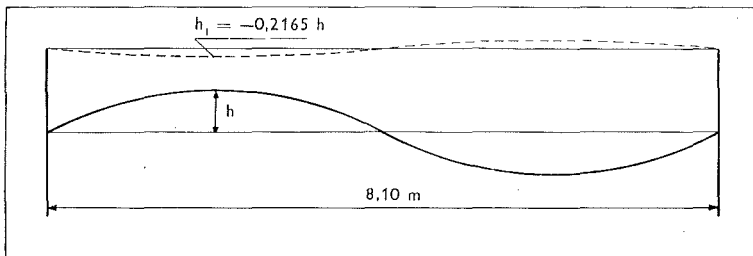
Figuur 5. Grafische voorstelling van de functie $F = \cos 2\alpha, \cos \alpha, \cos 1/2\alpha$.

daartussen geeft de viagraafregistratie óf een te grote óf een te kleine waarde.

Dit moge verduidelijkt worden met de volgende voorbeelden:

Voor $\alpha = 1/3\pi$ (dus $\lambda = \frac{2\pi}{1/3\pi}$, $a = 6a = 8,10$ m) vinden we: $\cos 2\alpha \cos \alpha \cos \frac{1}{2}\alpha = -0,2165$.

Op de viagraafopname geeft dit een golf met een amplitude = $1,2165 \times$ de werkelijke (zie figuur 6).



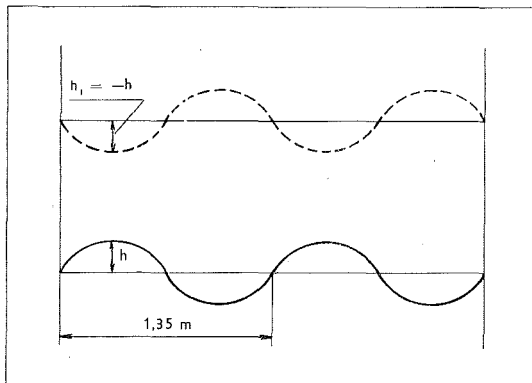
Figuur 6. Weggolf van 8,10 m lengte met daarboven de lijn die M beschrijft (phaseverschil $1/2\lambda$).

Nemen we echter $\alpha = 5/3\pi$ (dus $\lambda = \frac{2\pi}{5/3\pi}$, $a = 6/5 a = 1,62$ m), dan is $F = +0,2165$ en krijgen we dus een amplitude, die slechts $1 - 0,2165 = 0,7835 \times$ de werkelijke is.

Voor zeer lange golven, dus voor golven waarvoor $\alpha = \frac{2\pi}{\lambda}$, a tot 0 nadert, krijgen we dat M praktisch de golflijn volgt en de viagraaf dus vrijwel geen afwijking registreert.

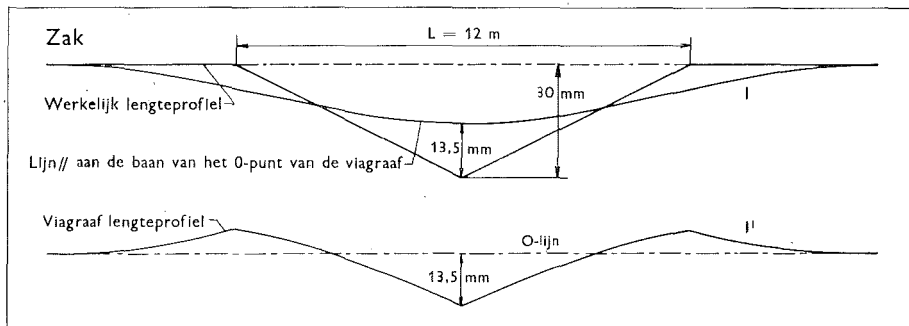
In het andere grensgeval ($\alpha = 2\pi$) wordt $y_M = -\text{pr} \sin \varphi$, want $\cos 2\alpha \cos \alpha \cos \frac{1}{2}\alpha = -1$; voor deze golflengte $\lambda = a$ wordt de geregisteerde amplitude dus eens zo groot, vandaar dat wals- en washboard-golven, die ongeveer deze lengte hebben, zo duidelijk naar voren komen (zie figuur 7).

Uit deze theoretische beschouwingen blijkt dus wel, dat van een juiste weergave van het langspanprofiel geen sprake is; hoogstens zou men kunnen zeggen, dat voor golflengten van 1,60 tot 11 m nog de minst grote miswijzingen in de amplitude



Figuur 7. Weggolven van 1,35 m lengte met daarboven de M-lijn (phaseverschil $1/2 \lambda$).

gevonden worden. Dit betekent intussen geenszins dat daarom het apparaat voor het gestelde doel, nl. om van een wegvak de achteruitgang in de loop der jaren te controleren, minder geschikt zou zijn. Immers bij deze controle gaat het hoofdzakelijk om de lengten der ontstane golven en die worden wel juist aangegeven.



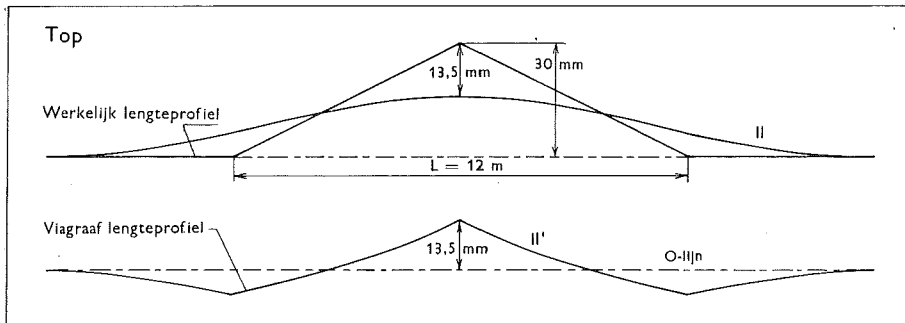
Figuur 8. Het werkelijke en het volgens de viagraaf verkregen langspanprofiel van een verzakking in een betondek.

Er hebben zich echter in de praktijk een paar bijzondere gevallen voorgedaan, waarbij in de viagraafopname een belangrijke correctie nodig was.

Een dezer gevallen doet zich b.v. voor bij de dwarsvoegen in betonwegen, waar de platenenden aan weerszijden van een voeg soms wel over enkele centimeters naar beneden „druipen”. Het midden van de viagraaf beweegt zich dan parallel aan de gebogen lijn I in figuur 8 en de zak bij de voeg tekent zich op de viagraaf af volgens de lijn I¹. De diepte van de zak t.o.v. de 0-lijn blijkt hierbij belangrijk minder te zijn dan zij in werkelijkheid is.

Verder zou men uit de beide knikpunten in de viagraaflijn ter weerszijden van de dwarsvoeg kunnen opmaken, dat de platen hier plaatselijk omhoog gegaan zijn, wat in werkelijkheid helemaal niet het geval is.

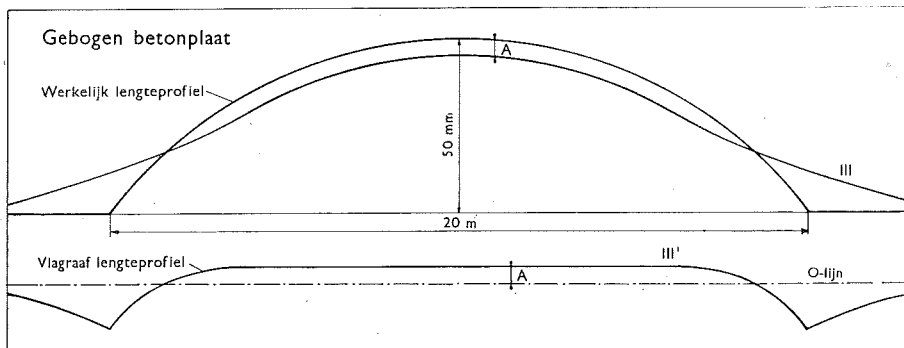
Het tweede geval doet zich voor boven duikers, aan weerskanten waarvan het



Figuur 9. Het werkelijke en het volgens de viagraaf verkregen langsprofiel van een betondek, dat aan weerszijden van een duiker verzakt is.

betonwegdek verzakt is. Ook hier is blijkens de viagraaflijn II¹ in figuur 9 de tophoogte belangrijk minder dan de werkelijke.

Het derde geval treedt op bij bolronde overwegen en bij sterk gebogen lange betonplaten.

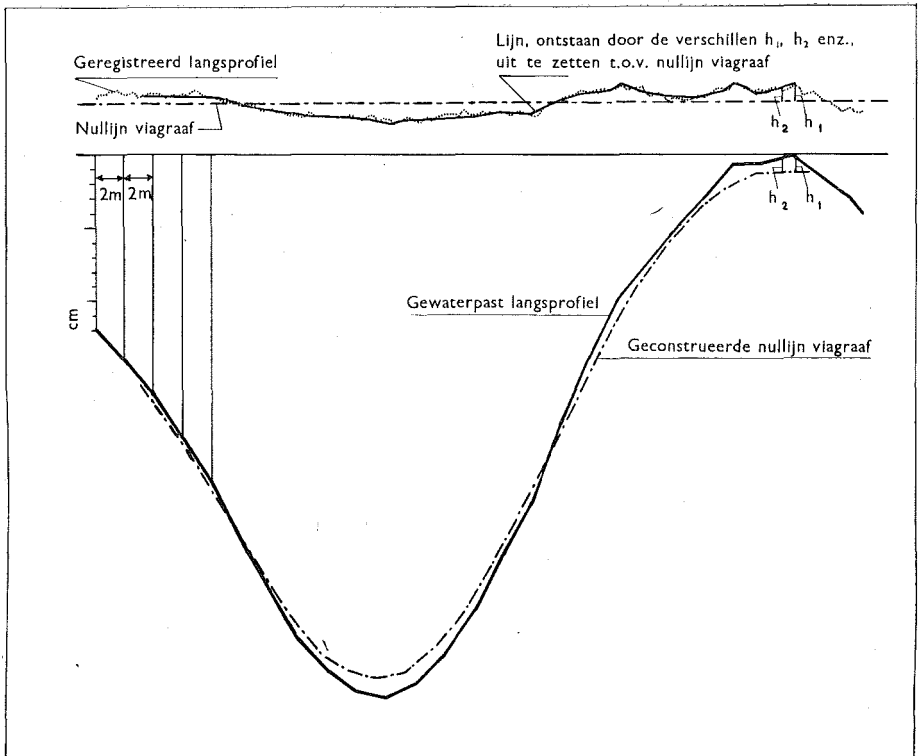


Figuur 10. Het werkelijke en het volgens de viagraaf verkregen langsprofiel van een sterk gebogen lange betonplaat.

Een afronding van de constante kromtestraal tekent zich op de viagraafrol af als een constante afwijking A boven de 0-lijn (zie figuur 10).

In figuur 11 is ten slotte de waterpassing weergegeven van een zeer lange golf van ± 30 cm diepte, met daarboven de viagraafopname. Uit deze laatste blijkt alleen de lengte der golf, doch de werkelijke diepte ervan is daaruit zeer lastig af te leiden.

Bovenstaande voorbeelden geven dus wel aan, dat bij de interpretatie der viagraaflijnen wel enige voorzichtigheid betracht moet worden.



Figuur 11. Het door waterpassing verkregen langprofiel van een zeer lange weggolf met daarboven de viagraafopname.

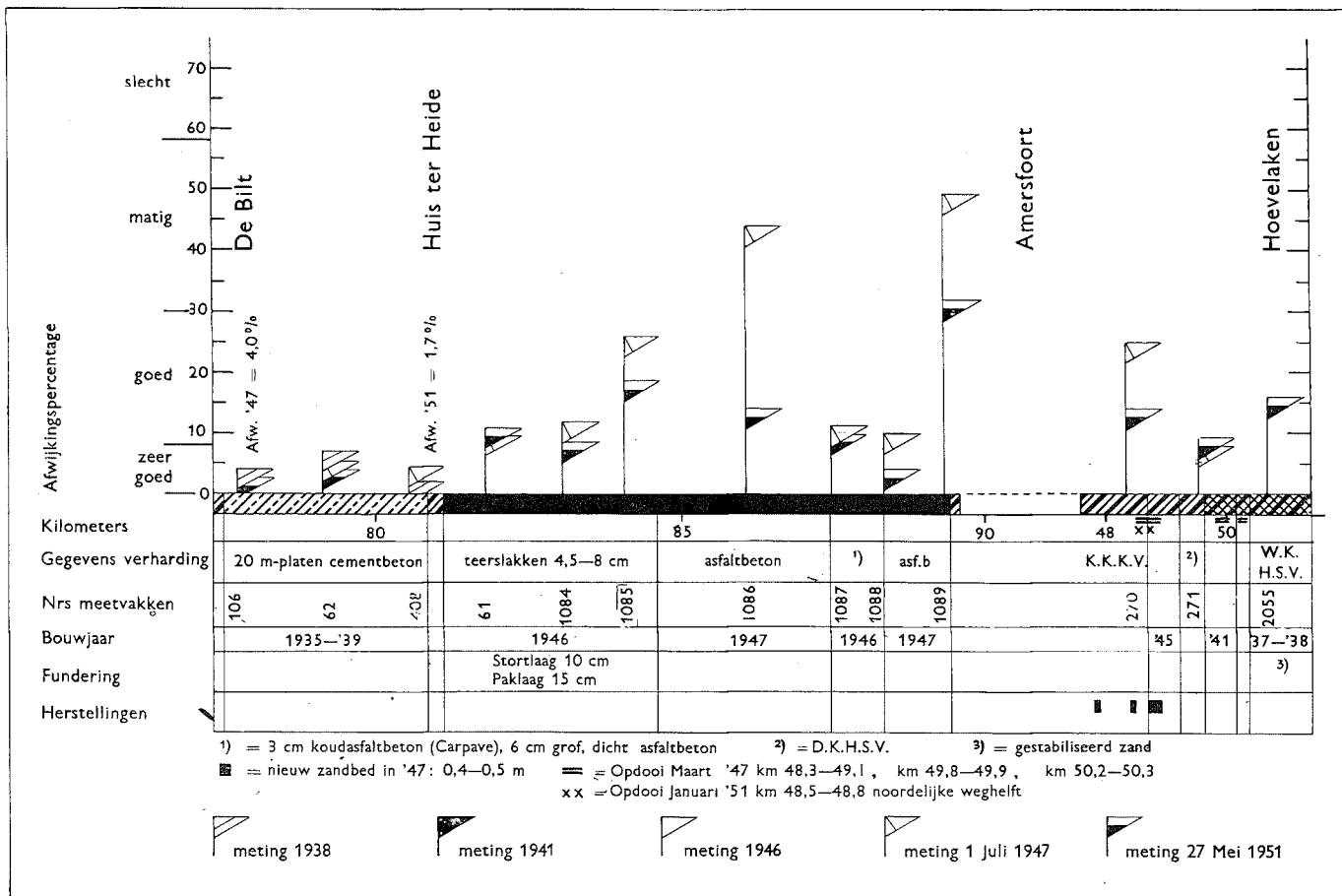
IV. VASTLEGGING EN REGISTRATIE DER OBSERVATIEVAKKEN

Zoals boven reeds vermeld, werd t.b.v. het onderzoek van het Rijkswegenet uitgegaan van een min of meer regelmatige indeling der wegen in stukken van 1 of 2 km lengte, van welke stukken een representatief gedeelte van 100 of 200 m lengte als observatievak werd uitgekozen.

Deze regelmatige indeling had ook de bedoeling om daardoor een meer algemene indruk te verkrijgen van de vlakheid der Rijkswegen en ook om de vlakheid van diverse wegen en wegverhardingen met elkaar te kunnen vergelijken.

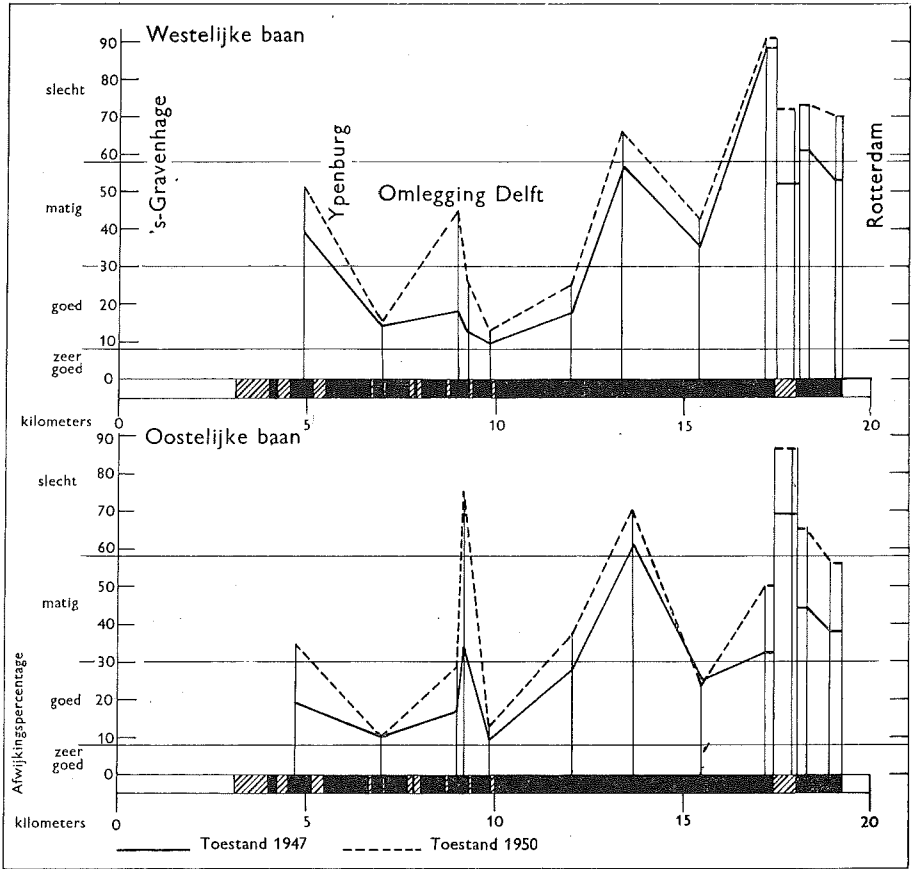
Deze observatievakken zijn alle opgenomen in een kaartstelsel, waarin de voornaamste gegevens staan vermeld, zoals plaats en nummer van het vak, jaar van aanleg, data waarop de respectievelijke opnamen zijn verricht, met afwijkingpercentages, gegevens omtrent de dek- en funderingsconstructie en van de ondergrond, plaats gehad hebbende herstellingen, etc.

Om een overzichtelijk beeld der resultaten te krijgen, is bovendien van elke weg een z.g. vlakheidskaart gemaakt op lengteschaal 1 : 100 000, met aanduiding der diverse verhardingen en kilometerafstanden (zie voorbeeld in figuur 12).



51 Figuur 12. Model van een vlakheidskaart, oorspronkelijk op lengteschaal 1 : 100 000.

De plaatsen der observatievakken staan hierop aangegeven met nummers en vlaggetjes. De hoogten dezer vlaggetjes boven het wegdek geven de afwijkingspercentages aan; een hoog vlaggetje betekent dus een slecht en een laag vlaggetje



Figuur 13. Model van een vlakheidsgrafiek, aangevende het verschil in vlakheid over een tijdsverloop van drie jaar.

een goed vak. Door de toppen dezer vlaggetjes onderling te verbinden wordt een meer sprekend beeld van de toestand verkregen, zoals b.v. in figuur 13 voor de weg no 13 van het Rijkswegenplan, 's-Gravenhage—Rotterdam, is gedaan.

V. VERGELIJKING VAN DE TOESTAND VAN HET RIJKSWEGENNET MET DIE VAN ENKELE JAREN TERUG

Zoals boven reeds opgemerkt, werden de wegen in de drie zuidelijke provincies voor het eerst in 1946 in observatie genomen, daarna volgden in 1947 en 1948 resp. de wegen in midden- en noord-Nederland. In 1949—1951, dus drie jaren later, werden deze opnemingen herhaald.

Om een indruk te geven van de vóór- c.q. achteruitgang van de diverse verhardingen, werden weggewijze de gemiddelden bepaald van de op de observatievakken gevonden afwijkingpercentages, resp. bij het begin en bij het einde van de observatieperiode.

Op deze wijze werden de grafieken A, B en C van figuur 14 verkregen, resp. voor de asfalt-, cementbeton- en klinkerwegstrekkingen. Uitgezonderd enkele wegen in het zuiden, waarover nog te weinig gegevens beschikbaar zijn, leveren deze grafieken een vrij goed beeld van de toestand van het Rijkswegennet in vergelijking met die van drie jaar terug. Over het geheel genomen geven deze grafieken de indruk dat de toestand van de Rijkswegen in de laatste jaren is achteruitgegaan, wat in verband met de sterke toeneming van het verkeer ook niet te verwonderen valt (zie figuur 15).

Het zou te ver voeren, om alle toestandswijzigingen hier uitvoerig toe te lichten; wat de verbeteringen betreft, zou dit een eentonige opsomming worden van alle in de tussentijd uitgevoerde herstellingen of vernieuwingen en wat de achteruitgang betreft, zou het voor vele wegvakken niet meer betekenen dan een gissing naar de vermoedelijke oorzaken. Daarom zal volstaan worden met enige algemene opmerkingen t.a.v. de op de drie hoofdverhardingen geconstateerde toestandswijzigingen.

Asfalt

De voornaamste achteruitgang vond plaats op wegvakken langs kanalen en op slappe ondergrond; dit blijkt duidelijk wanneer we de op deze wegvakken betrekking hebbende grafiek A¹ uit figuur 14 vergelijken met grafiek A, waarin voor de desbetreffende wegen ook de afwijkingen der stabielere vakken verwerkt zijn.

De zakken en golven in deze onstabiele wegstrekkingen variëren in lengte van 7 tot 15 m, met diepten van 6 tot 12 cm. Dit soort golven wijst duidelijk op slappe gronden in de diepere lagen.

Degradaties als gevolg van een te lichte fundering zijn alleen op grond van de viagraafwaarnemingen niet met zekerheid vast te stellen. De kortere golven van 2 tot 5 m lengte, die hieruit vaak voortspruiten, kunnen nl. ook optreden bij minder goed gewalste funderingen of bij funderingen waarin in de bovenlagen te zacht materiaal is gebruikt.

Figuur 14. Vooruitgang, c.q. achteruitgang over een periode van 3 jaren:

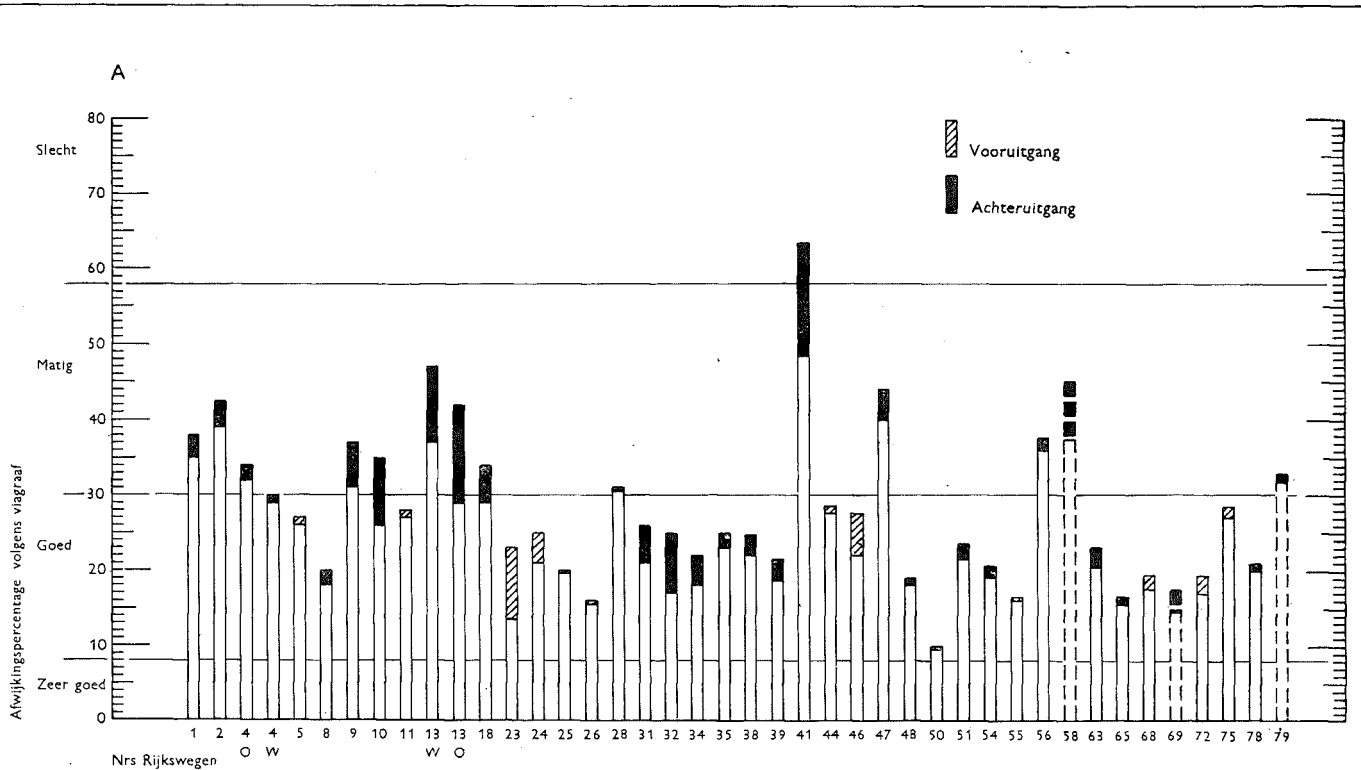
- A. van de meeste *asfaltwegen* van het Rijkswegenplan 1948;
- A¹. van *asfaltwegen* langs kanalen en op slechte ondergrond;
- B. van de meeste *cementbetonwegen* van het Rijkswegenplan 1948;
- C. van de meeste *klinkerwegen* van het Rijkswegenplan 1948.

Hierbij zij het volgende opgemerkt:

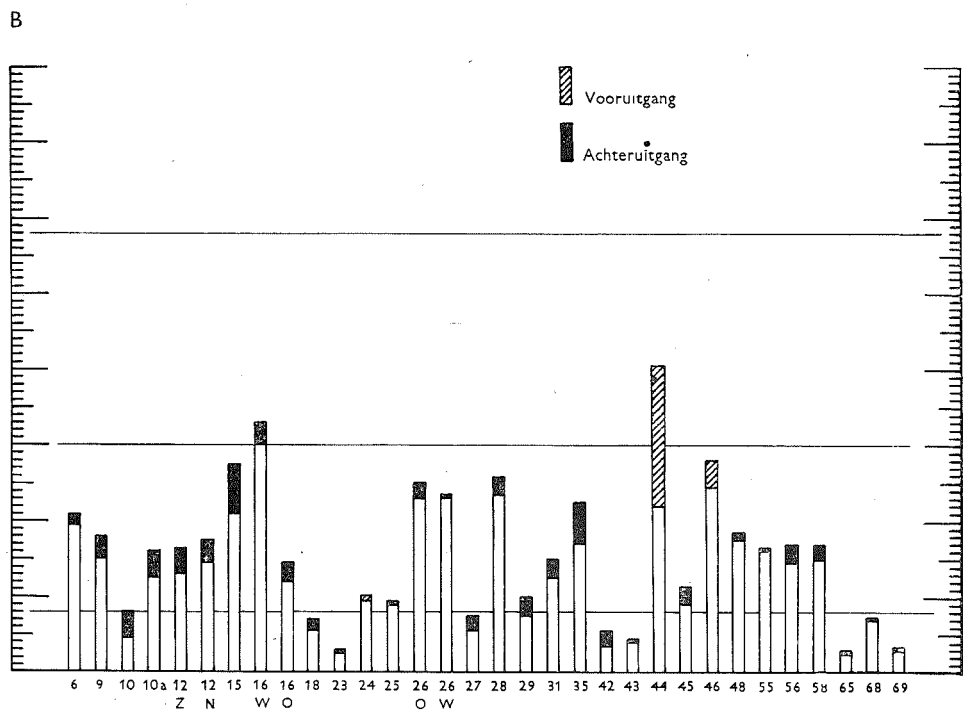
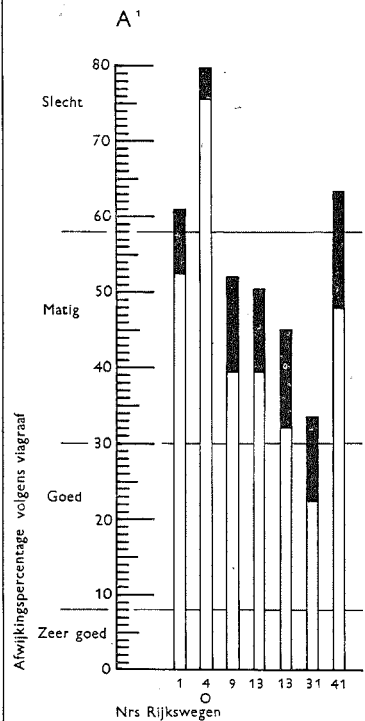
Grafieken A en B: voor de wegen in de zuidelijke provinciën geldt de periode 1946—1949, voor de wegen in de overige provinciën de periode 1947/48—1950/51. De gebroken lijnen in grafiek A hebben betrekking op wegen, waarop slechts enkele waarnemingen zijn verricht;

Grafiek A¹: voor deze wegen geldt de periode 1947/48—1950/51;

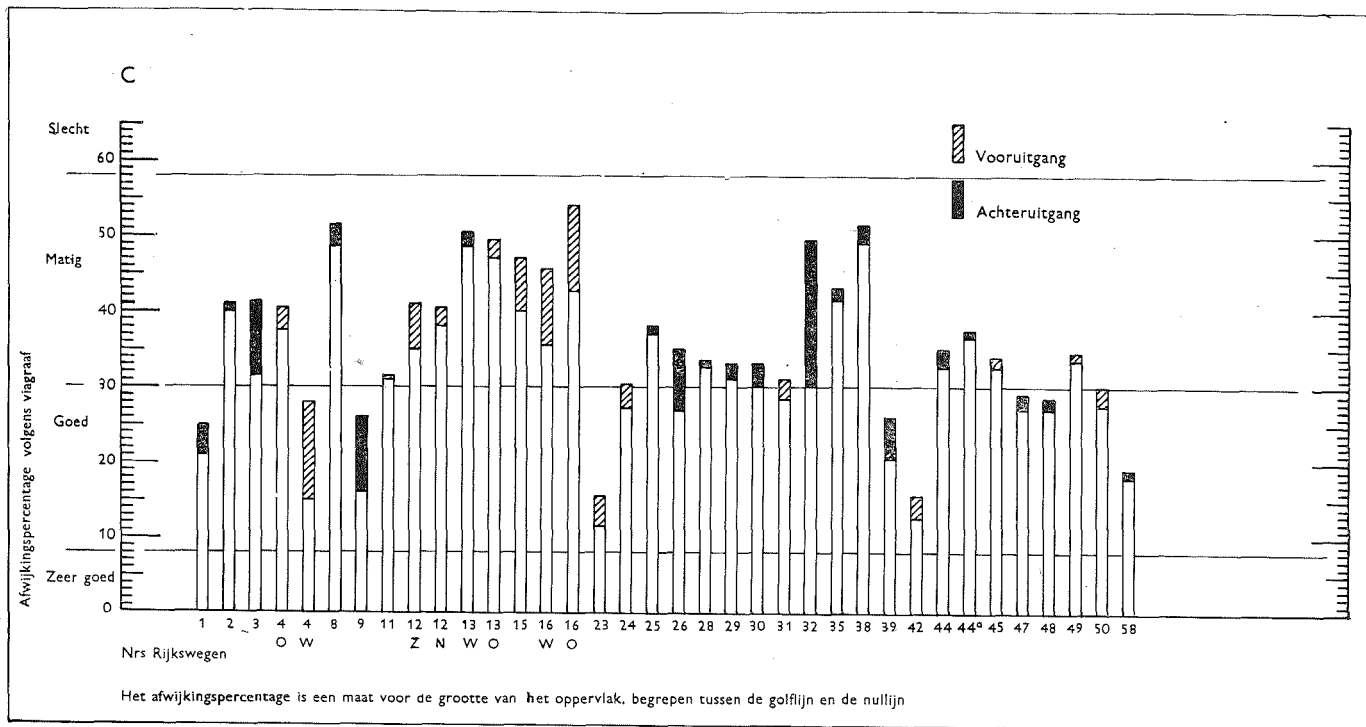
Grafiek C: voor de rijksweg no 58 in Zeeland geldt de periode 1946—1949, voor de overige klinkerwegen de periode 1947/48—1950/51.

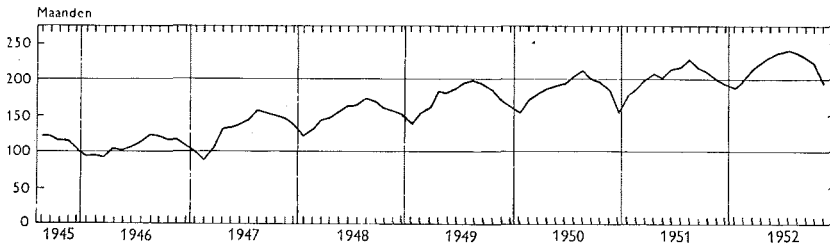


Het afwijkingspercentage is een maat voor de grootte van het oppervlak, begrepen tussen de golflijn en de nullijn.



Het afwijkingspercentage is een maat voor de grootte van het oppervlak, begrepen tussen de golflijn en de nullijn





Figuur 15. De toeneming van het automobielverkeer over de jaren na de oorlog (voor de berekening der indexen is het jaar 1938 op 100 gesteld).

In enkele gevallen konden de viagraaf-conclusies echter bevestigd worden door een nader onderzoek van de fundering, waarbij bleek dat deze inderdaad op vele plaatsen veel te licht was uitgevoerd. Andere gevallen van funderingszakkingen bleken bij nader onderzoek weer een heel andere oorzaak te hebben, nl. sterke slijtage en scheuren van de asfaltdeklaag, waardoor in de eerste plaats de drukverdeling op de fundering ongunstiger werd en in de tweede plaats door het indringen van water de funderingsgrondslag verweekte. Op sommige wegvakken was dit zo ernstig, dat het dwarsprofiel in plaats van de dakvorm de trogvorm aannam.

Regelmatige korte golven werden slechts hier en daar waargenomen; in sommige gevallen kon met zekerheid vastgesteld worden, dat dit walsgolven waren, omdat over de beschouwde periode niet de minste wijzigingen waren te constateren; in andere gevallen bestond twijfel of deze golven door het verkeer veroorzaakt waren (washboard-formatie), dan wel hun oorsprong vonden in een minder juist aangebrachte oppervlaktebehandeling. Een dezer laatste gevallen betrof een dek van geregenereerd asfaltbeton.

Deformaties van het asfaltdek als gevolg van verweking van de funderingsgrondslag door opdooi is over de beschouwde periode nergens met zekerheid geconstateerd kunnen worden. De meeste waarnemingen werden echter gedaan na de ernstige opdooiperiode van Maart 1947, terwijl daarna geen ernstige opdooi op asfaltwegen meer heeft plaats gehad. Op sommige wegen in de Achterhoek en in Overijssel is echter in Maart 1947 belangrijke opdooi-schade ontstaan, zó dat op enkele plaatsen het asfaltdek zelfs volkomen vernield werd, terwijl op andere wegvakken, vermoedelijk gelegen op minder vorstgevaarlijke grond, golven in het dek zijn ontstaan.

Cementbeton

Bij vergelijking van grafiek B met de beide andere grafieken voor asfalt en klinkers in figuur 14, springt duidelijk de veel grotere vlakheid van de cementbetonwegen naar voren, waarbij echter wel in aanmerking genomen moet worden, dat de beoordeling volgens de viagraaf voor deze verharding aan de gunstige kant is, omdat de invloed van de voegen op de rijkwaliteit hierbij niet volledig tot uitdrukking komt. Op het ogenblik zou volgens deze beoordeling slechts één cementbetonweg in de kwalificatie matig vallen, terwijl daarnaast negen van de in totaal 32 betonwegen zeer goed tot uitmuntend van rijkwaliteit zijn.

Vanzelfsprekend komen op de andere betonwegen, die in de kwalificatie „goed” vallen, eveneens zeer goede tot uitstekende stukken voor, doch daarnaast zijn dan weer minder goede gedeelten, die het gemiddelde in dit geval naar boven halen.

Ondanks de aan vele betonwegen uitgevoerde herstellingen (oppersen c.q. vernieuwen van platen en egaliseren van voegverzakkingen), is de toestand op deze wegen in drie jaren tijd eveneens achteruitgegaan, op sommige zelfs zeer ernstig (Rijksweg no 15 tussen Ridderkerk en Gorinchem en Rijksweg no 35 op de omlegging bij Borne).

Om een indruk te geven van de mate van achteruitgang der diverse constructie-typen, zijn voor vrijwel alle betonwegen grafieken samengesteld, waarop deze terugloop in vlakheid sinds de aanleg staat aangegeven (zie figuur 16). In een volgend hoofdstuk zal op het gedrag van sommige betonwegvakken nader worden ingegaan.

Klinkers

In grafiek C van figuur 14 zijn alle klinkerconstructies opgenomen, dus ook die in de mortel en de gemetselde klinkervakken.

Deze beide laatste vormen echter slechts 10% van de totale lengte aan klinkerwegen, het overgrote deel is in zand gestraat.

Van de in zand gestrate observatievakken werden in drie jaar tijd $\pm 42\%$ geheel of gedeeltelijk herstraat (sommige zelfs meerdere malen), zodat deze aan de via-graafcontrôle zijn ontsnapt (zie onderstaande tabel).

Overzicht toestand klinker-observatievakken over een periode van 3 jaar

	Aantal observatie- vakken	Geheel of gedeeltelijk herstraat		Stabiel		Verdiepingen in de lange golven		Met vele kleine modulaties	
		Aantal	%	Aantal	%	Aantal	%	Aantal	%
Klinkers in zand gestraat	350	146	42	91	26	70	20	43	12
Klinkers in de mortel of gemetseld	63	7	11	33	53	16	25	7	11

Wat de rest betreft vertoonden $\pm 12\%$ vele kleine modulaties in het dek, vermoedelijk als gevolg van minder stabiel straatzand; $\pm 20\%$ gaven min of meer belangrijke verdiepingen in de lange golven te zien, wat in de regel wijst op slappe ondergrond of matig vorstgevoelige grond (die alleen bij dooi zijn stabiliteit verliest), terwijl 26% van de in zand gestrate klinkerobservatievakken behoorlijk stabiel bleven; deze gaven nagenoeg geen wijzigingen in het langprofiel te zien.

Dank zij de vele herstratingen voldoen deze klinkerwegen over het geheel nog aan redelijke eisen van rijkwaliteit; ongeveer op een derde gedeelte van de wegen waarop klinkerstrekkings voorkomen, vallen deze nog in de kwalificatie „goed”. In vergelijking met de beton- en asfaltwegen is dit natuurlijk niet zo'n fraai resultaat, doch men bedenke dat klinkers vaak worden toegepast op grond waarvan

nog zettingen te verwachten zijn (opritten naar bruggen en viaducten), of wanneer het wenselijk wordt geacht, klinkers als voorlopige verharding te gebruiken om naderhand tot een andere wegdekconstructie over te gaan.

Opvallend is het betrekkelijk hoge percentage van de stabiele klinkervakken. Deze liggen echter meest op zeer goede grond en hebben ook niet zo'n intensief verkeer (maximaal 3000 motorvoertuigen per etmaal). Vele dezer vakken zijn in een periode van 20 jaar of nog langer niet herstraat; zij komen o.a. voor op de wegen Apeldoorn—Beekbergen, Zutphen—Dieren, Deventer—Apeldoorn en Zutphen—Ruurlo.

Klinkervakken in de mortel en gemetselde klinkers op fundering

Deze klinkervakken, meestal voorkomende op minder goede gronden, gaven over het algemeen een veel grotere stabiliteit te zien, hetgeen ook blijkt uit de in de tabel geproduceerde cijfers. Behalve dat deze constructies sterker zijn, worden zij in de regel ook veel vlakker afgewerkt, waardoor zij in de loop der jaren ook veel vlakker blijven, zelfs bij intensief verkeer.

Onder deze klinkervakken in de mortel komen er enkele voor, die wat vlakheid betreft niet behoeven onder te doen voor zeer goede cementbetonwegen, zoals b.v. op de wegen Apeldoorn—Zutphen, Zutphen—Deventer en Groningen—Foxhol. Op sommige oude vakken in de mortel is echter de toestand juist in de laatste jaren bijzonder sterk achteruitgegaan, hoewel zij vóórdien vrij stabiel bleven. De oorzaak hiervan moet gezocht worden in degradatie van de mortel (uitloggen van de kalk) of in het intussen sterk toegenomen verkeer.

Tevens dient te worden opgemerkt, dat vooral in de begintijd mortels gemaakt zijn, waarin zand of kalk gebruikt zijn, die thans zouden worden afgekeurd en dat werkwijzen gevolgd zijn, die achteraf minder goed bleken te zijn. Ook het gebruik van mortels van afwijkende samenstelling heeft tot minder goede resultaten geleid.

VI. BIJZONDERHEDEN OMTRENT ENKELE ASFALT-, CEMENTBETON- EN KLINKER-WEGVAKKEN

Asfalt-wegvakken

Rijksweg no 1. Op het gedeelte van deze weg tussen Diemen en Naarden langs de Muider- en Naardertrekvaart doen zich vele lange golven voor, die in de loop der jaren regelmatig dieper worden. De achteruitgang is van dien aard, dat dit wegvak op den duur slechts met hoge kosten in berijdbare toestand kan worden gehouden. (Het verkeer bedraagt momenteel \pm 9000 motorvoertuigen per dag.)

Rijksweg no 4. Zoals op grafiek A¹ van figuur 14 te zien is, verkeerde de oostelijke rijbaan van het wegvak in de Riekerpolder reeds in 1948 in zeer slechte toestand, welke toestand echter sindsdien niet belangrijk meer verergerde. Op het ogenblik is dit vak geheel hersteld.

Rijksweg no 13. Tussen Delft en Rotterdam, en vooral in de Schiepolder, vertoont deze weg nagenoeg een aaneengesloten reeks van lange vrij diepe golven, die per jaar ongeveer één cm in diepte toenemen. Op sommige plaatsen is door regelmatige uitvullingen de asfaltdeklaag reeds tot \pm 1 meter dikte aangegroeid.

Rijksweg no 15. De in 1948 voltooide asfaltbeton-omlegging Gorinchem vertoonde reeds na korte tijd ernstige zakken. Er zijn op het ogenblik al stukken bij met een afwijking van ruim 64%.

Rijksweg Zeist—Planken Wambuis. Op deze weg werd een ± 2 km lang klinkervak, dat in 1947 ernstig opdooide, in het daaropvolgend jaar van een asfaltbetondeklaag voorzien. Deze laatste houdt zich goed.

Rijksweg no 25. Tussen Doorn en Leersum ligt een 4 km lang asfaltbetonvak op middelzware fundering, dat reeds 24 jaar oud is en over de beschouwde observatieperioden nagenoeg geen wijzigingen in het langspanprofiel vertoonde.

Rijksweg no 28. Het eerste gedeelte van deze weg is een asfaltbetondek van het jaar 1929, gefundeerd op een oude klinkerbestrating. Dit wegvak blijft, ondanks de belangrijke verkeerstoename van de laatste jaren, goed stabiel.

Rijksweg no 32. Op deze weg komen een aantal asfaltvakken voor, die reeds vanaf de aanleg in 1938 in observatie zijn. Geconstateerd werd, dat de zeer vlak afgewerkte vakken belangrijk minder achteruitgingen dan de minder goed uitgevoerde.

Rijksweg no 35. Tussen Hengelo en Enschede vertoont het asfaltbetondek over kilometers lengte vrijwel een aaneengesloten korte-golfformatie, die in 3 jaren tijd blijkens de observaties nagenoeg geen wijziging onderging, waaruit op te maken valt, dat dit walsgolven moeten zijn.

Rijksweg no 39. In 1948 werden enkele asfaltbetonvakken uitgevoerd op zware fundering, waarbij in plaats van de gebruikelijke stort- en spreidlaag, gebitumineerd zand werd toegepast. Bij de herhaalde viagraafwaarnemingen zijn nagenoeg geen wijzigingen in het langspanprofiel gevonden, zodat de aanvankelijke vrees, dat deze constructie aanleiding zou geven tot golfvorming, niet bevestigd werd.

Rijksweg no 40. Een groot verschil in vlakheid viel te constateren tussen het in 1949 als handwerk uitgevoerde asfaltbetondek (afwijkingpercentage ± 18) en het in 1950 machinaal aangelegde asfaltbetondek (afwijkingpercentage ± 4). Het laatste werd uitgevoerd in 2 lagen van 2,5 cm dikte met de Nielsenspreider, in combinatie met een 3-assige tandemwals.

Rijksweg no 41. Deze weg langs het Damsterdiep vertoont over nagenoeg de gehele lengte van 27 km een sterke golfvorming, waardoor op sommige plaatsen zelfs afwijkingpercentages bereikt werden van 135%.

Rijksweg no 50. Dit is een van de beste asfaltwegen. Het afwijkingpercentage komt gemiddeld niet hoger dan 10 en dat voor een wegdek dat reeds 18 jaar oud is.

Over de asfaltwegen in Noord-Brabant en Limburg valt niet veel bijzonders meer mede te delen, alleen dat zij in rijkwaliteit over het algemeen zeer goed zijn (zie ook het als bijlage toegevoegde toestandskaartje).

Cementbeton-wegvakken

Rijkswegen nos 9 en 10. In de jaren 1936 en 1939 zijn langs het Noordhollands kanaal over ± 8 km lengte betonvakken aangelegd van slechts 12 cm dikte, voorzien van een netwapening en van deuvels. Deze vakken, die thans dus reeds 14 tot 17 jaar oud zijn, houden zich uitstekend, in tegenstelling tot de aansluitende asfaltbetonvakken.

Rijksweg no 9, Afsluitdijk. Hierop bevindt zich een betonvak van 2 km lengte, aangelegd in 1939, dat tot nu toe niet de minste achteruitgang vertoonde (afwijking 0,5%), zulks in tegenstelling tot de oudere betonvakken op deze dijk, daterend van 1931 en 1932, waarvan het afwijkingpercentage varieert van 6 tot 38% en die op sommige plaatsen wel belangrijk achteruitgaan.

Dit verschil moet in hoofdzaak worden toegeschreven aan de intussen veel vaster ingereeden ondergrond van het eerste vak.

Rijksweg no 12. Op deze weg werd een opmerkelijk verschil in vlakheid geconstateerd tussen de vakken waarbij het veen indertijd geheel werd uitgegraven en vervangen door zand en de vakken, waarbij door zandophogingen de slappe veenlagen werden weggeperst. Deze laatste zijn beduidend minder van rijkwaliteit door de nog steeds verder voortgaande verzakkingen, als gevolg van seculaire zettingen in de nog overgebleven veenlagen en door het wegzakken van de schouwers van de weg.

Rijksweg no 15. Van deze weg is vooral het gedeelte Ridderkerk—Gorinchem in de laatste jaren zeer ernstig achteruitgegaan, vermoedelijk ook door de sterke toeneming van het verkeer na het tot stand komen van de omlegging Gorinchem medio 1948 (zie grafiek fig. 16). Deze achteruitgang uit zich niet alleen in het steeds dieper worden van de lange golven, wat in hoofdzaak een gevolg is van de dieper gelegen slappe grondlagen, doch ook in steeds verder gaande verzakkingen bij de voegen en bij de scheuren.

Rijksweg no 16. Het ongedeuvelde betonwegvak op de westelijke rijbaan tussen Rotterdam en Dordrecht, in 1933 aangelegd op vrij slechte ondergrond, vergt in de laatste jaren vanwege de sterke toeneming van het verkeer na de oorlog, zeer veel onderhoud, hetgeen ook blijkt uit de toestandslijnen van de jaren 1947 tot en met 1951 (zie fig. 17).

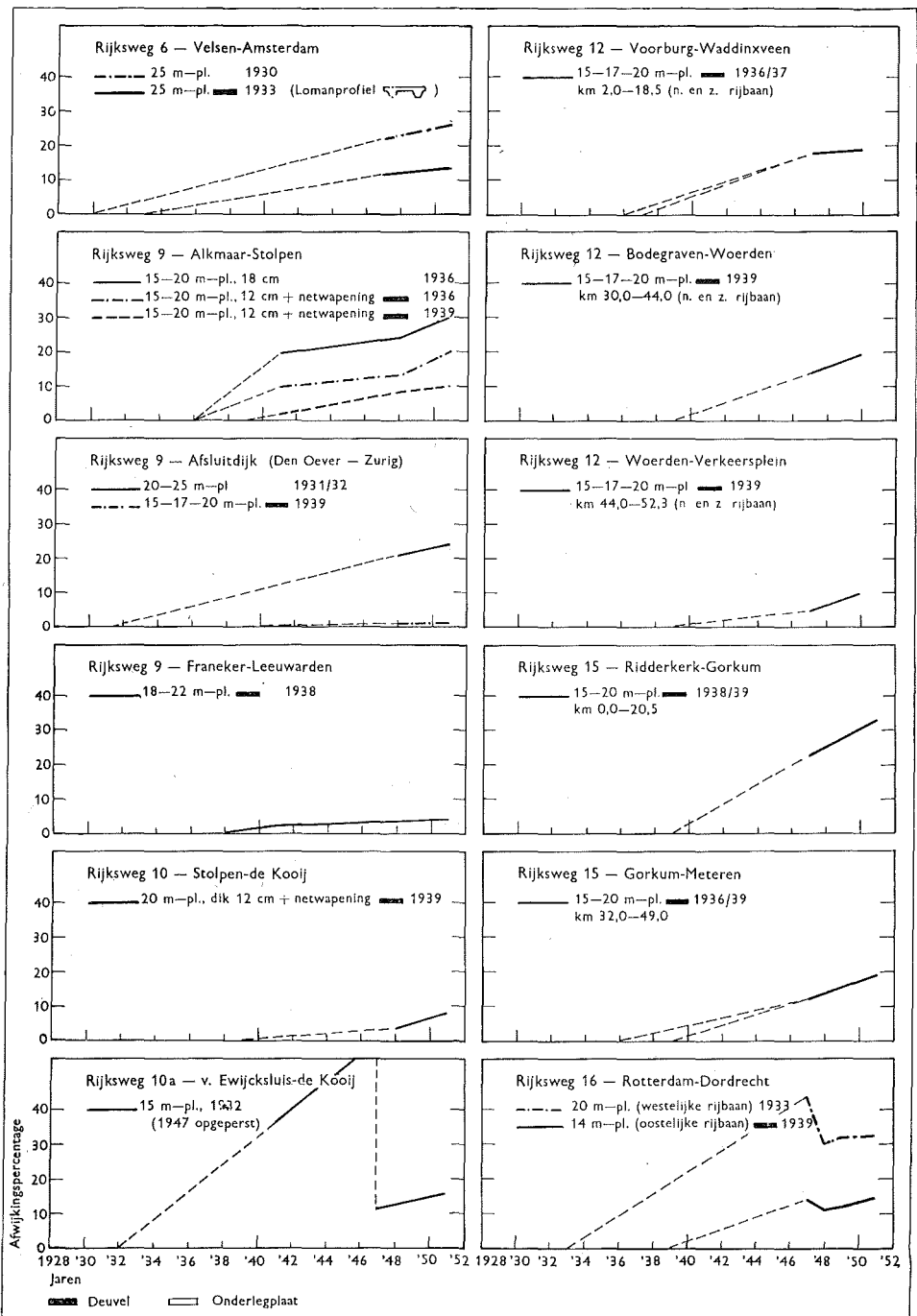
Vooral het zuidelijk gedeelte tussen km 10 en 15 is zeer lastig in goede conditie te houden. De oostelijke baan, waar de platen wel van deuvels zijn voorzien, werd 6 jaar later aangelegd op grond, die enige jaren aan een overbelasting is onderworpen geweest. Hoewel de rijkwaliteit van deze rijbaan belangrijk beter is dan die van de andere, gaat ook deze baan in de laatste jaren meer dan normaal achteruit, eveneens in hoofdzaak over het zuidelijk gedeelte.

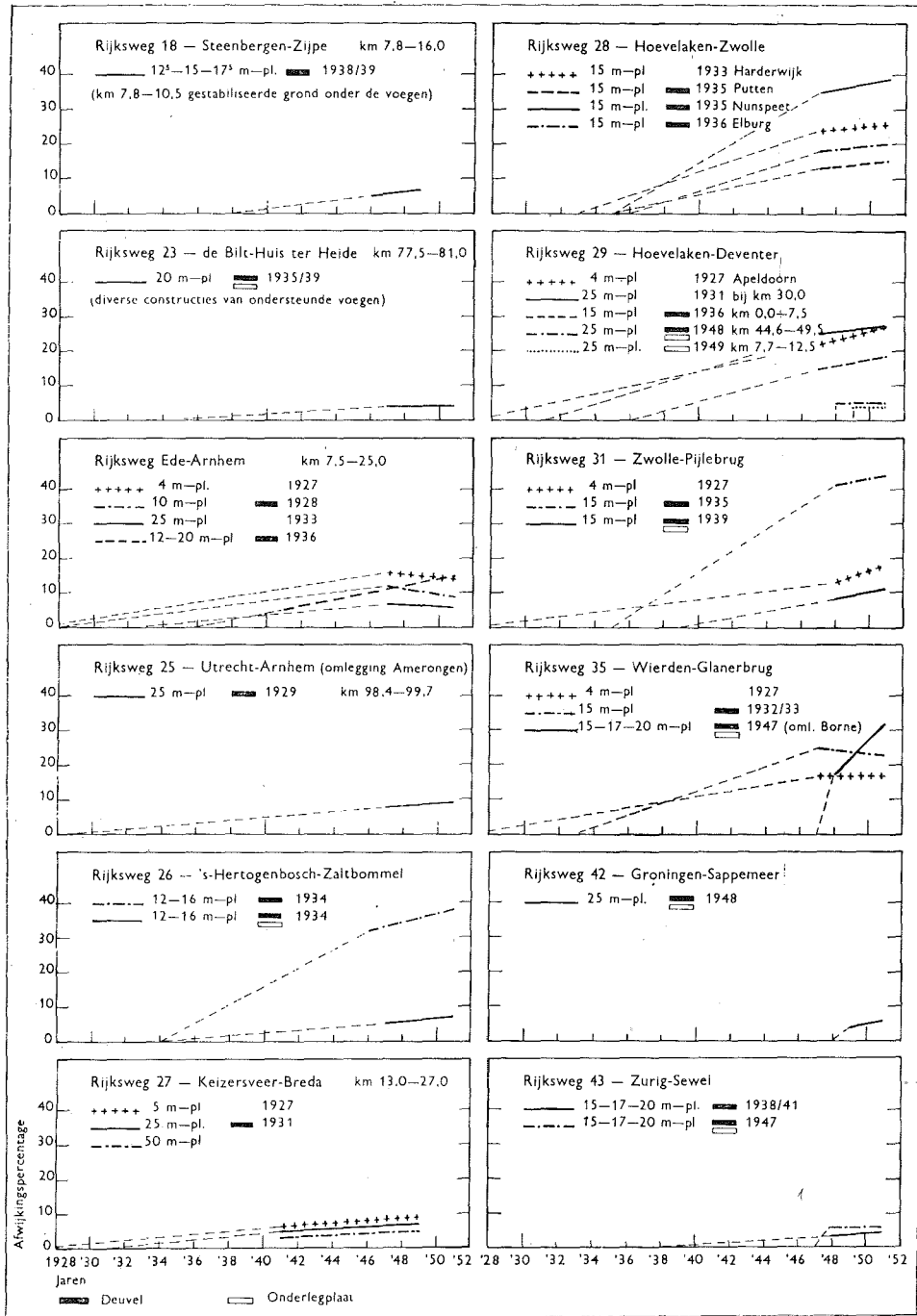
Rijksweg no 28. Op deze weg komen vier afzonderlijke betonwegvakken voor (omleggingen Putten, Harderwijk, Nunspeet en Elburg), waarvan er twee zeer ernstige degradaties vertonen. Van deze twee is er één voorzien van deuvels, de andere niet. Op de eerste waren de verzakkingen echter ernstiger dan op de tweede en vanwege de aanwezigheid van deuvels ook lastiger door middel van oppersen te herstellen.

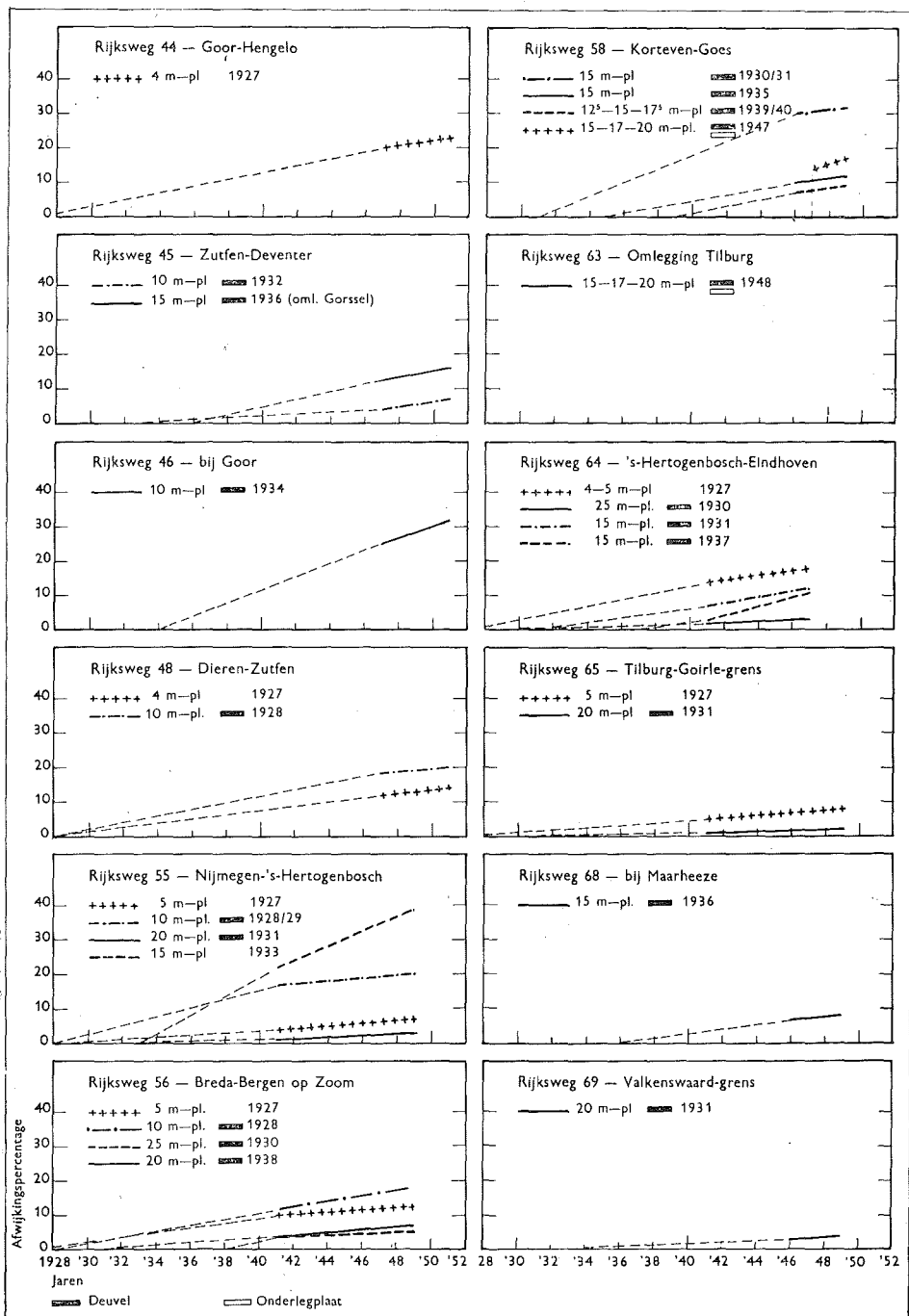
Over de andere betonwegen valt niet veel bijzonders meer mede te delen, alleen zij nog gewezen op de uitmuntende rijkwaliteit van enkele reeds 20 jaar oude betonwegen in het zuiden, nl. de Rijkswegen nos 65 en 69, resp. van Goirle naar de Belgische grens en van Valkenswaard naar de grens.

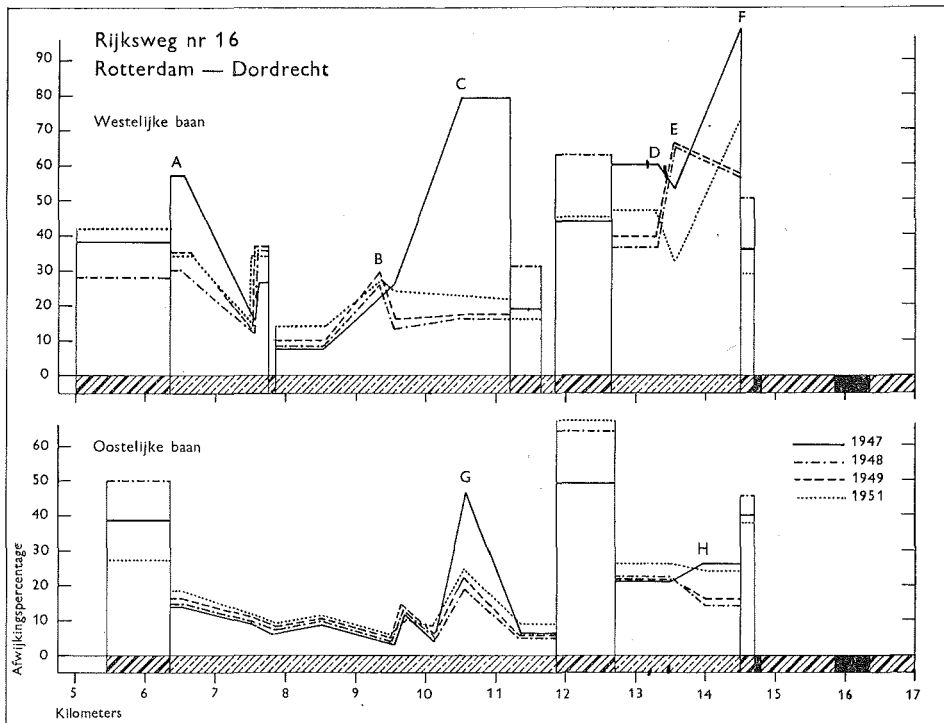
Hoewel in deze betonwegen veel oude scheuren voorkomen, vertonen zij daardoor toch geen verzakkingen. Ook de zeer druk bereden weg no 23 van De Bilt

Figuur 16. De achteruitgang in vlakheid van diverse betondekconstructies.









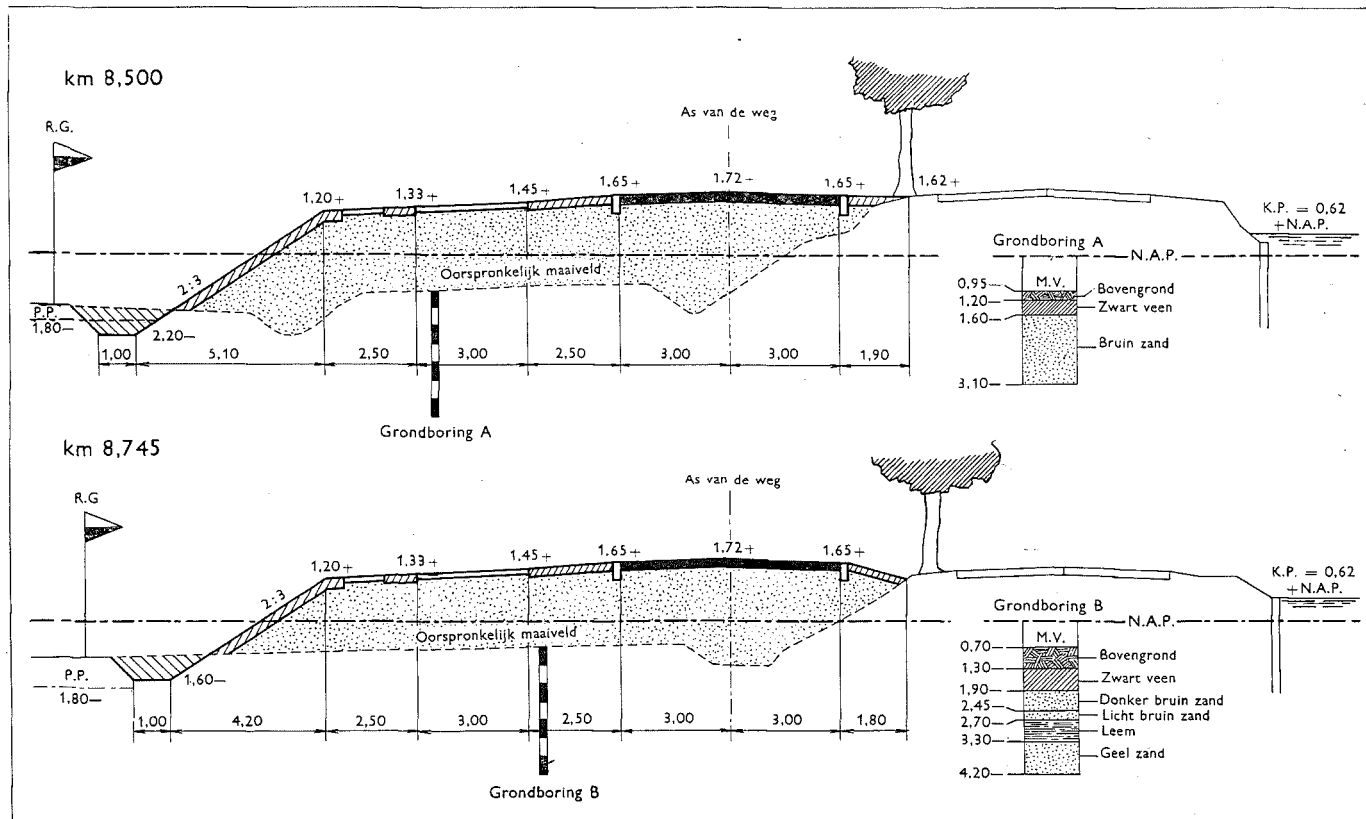
Figuur 17. Toestandlijnen van de beide banen van Rijksweg no 16 over de jaren 1947 t/m 1951. Op de plaatsen aangegeven met de letters A t/m H zijn verzakkingen genivelleerd, hetzij door uitvullen met mortel, hetzij door oppersen van platen.

naar Huis ter Heide en niet te vergeten Rijksweg no 43, de 40 km lange weg van Zurig naar Heerenveen, zijn uitmuntend van rijkwaliteit en vertonen zeer geringe achteruitgang.

Klinkerwegvakken

Rijksweg no 4. In deze weg komt tussen de Postbrug en de Brug over de Zuidelijke Ringvaart een \pm 3 km lang klinkervak voor, dat in 1947 ernstige opdooischade ondervond door verweking van de indertijd (in 1938) aangebrachte gestabiliseerde zand-klei-fundering (1 à 2 delen zand op 1 deel klei en 5% cement). Deze fundering werd toen vervangen door 30 cm zand, waarvoor op de oostelijke rijbaan echter putzand werd gebruikt, waardoor in de winter van 1950/51 op deze baan wederom opdooiverschijnselen optraden. Dit weggedeelte is bovendien aan sterke zettingen onderhevig, omdat op grotere diepte (8 à 9 m onder het maaiveld) nog 2 à 3 m dikke slappe klei- en veenlagen voorkomen.

Rijksweg no 9. Op de Afsluitdijk liggen een paar 16 jaar oude vakken gemetselde klinkers op betonfundering of oude bestrating, welke vakken sinds de aanleg nagenoeg geen wijziging in het langspiegel vertoonden. Een aansluitend klinker-



Figuur 18 Dwarsprofielen van een klinkervak in de mortel, dat 15 jaar na de aanleg en na diverse zeer goed uitgevoerde herstratingen in

vak, gefundeerd op gestabiliseerde zandklei, ging in de laatste jaren echter belangrijk achteruit door plaatselijke verzakkingen, vermoedelijk als gevolg van opdooi in begin 1951.

Rijksweg no 42. Hierop ligt een klinkervak, dat reeds vanaf de aanleg in 1938 in observatie is. Zoals uit het dwarsprofiel in figuur 18 te zien is, ligt dit vak op een zandophoging van 2 à 2,5 m. De toestand was in 1941, dus 3 jaren later, dermate slecht geworden, dat tot herstrating, thans in de mortel, moest worden overgegaan. In 1948, dus 7 jaren later, waren de afwijkingen opgelopen van 3,6% tot 27%, waarna wederom een herstrating in de mortel plaats had. De aard van de toen waargenomen golven wees op nog steeds verder gaande zettingen in de ondergrond, alhoewel deze al veel minder waren dan in 1938, een jaar na het aanbrengen der zandophoging. Na deze laatste herstrating, die zeer vlak werd uitgevoerd, zijn tot 1952 geen zakkingen meer waargenomen.

Rijksweg no 52. In October 1946 werd de oostelijke rijbaan van de toekomstige autosnelweg Arnhem—Nijmegen voor het verkeer opengesteld. Deze rijbaan heeft een provisorische verharding van klinkerkeien, gefundeerd op een gewalste puinfundering van 24 cm dikte, met daarop een laag straatzand van 6 cm. Het grondwerk voor deze weg, dat bestond uit het vervangen van de bovenste 1 m dikke kleilaag door scherp rivierzand, kwam reeds in het begin van de oorlog gereed. Na de oorlog werd dit zandbed geëgaliseerd en eenmaal afgetrild met een 800 kg zwaar Rotiltrilapparaat. De gebruikte klinkerkeien van 1e sortering lieten, wat de kwaliteit betreft, vaak zeer veel te wensen over. Na het vullen der voegen met een droog mengsel van 1 dl kalk : 5 dln zand werd deze bestrating eveneens getrild. Om na te gaan of hier een puinfundering in verband met de sterke verdichting van de grondslag wel strikt noodzakelijk was geweest, werd als proef ook 620 m zonder fundering uitgevoerd. Viagraafwaarnemingen vóór de openstelling van de weg en daarna, in 1947, nog tweemaal herhaald, gaven een vrij ernstige achteruitgang te zien, zowel op de gefundeerde als op de niet gefundeerde vakken. Bij de waarnemingen in 1949 werd een vrij onregelmatig oppervlak aangetroffen met vele lange golven, doch hier en daar ook met uitgesproken korte golven van 1 à 2 m lengte.

VII. ONDERZOEK BETONNEN WEGDEKKEN

Dit onderzoek heeft o.a. ten doel gehad, om uit de mate van achteruitgang der diverse constructies een beter inzicht te krijgen in de volgende punten:

- 1e toepassing van deuvels,
- 2e kortere of langere platen,
- 3e waterdichte afsluiting van de dwarsvoegen,
- 4e ondersteuning der dwarsvoegen,
- 5e het oppersen van betonplaten,
- 6e plaatdikte,
- 7e gedrag van betonwegdekken gezien in verband met de funderingsgrondslag.

1e Toepassing van deuvels

Hoewel het gebruik van deuvels tegenwoordig wel enigszins op de achtergrond is geraakt door de toepassing van ondersteuningsplaten, is het toch misschien nog wel nuttig hierover enkele gegevens te verstrekken.

a. Bij vergelijking nl. van een aantal gedeuvelde vakken (plaatlengte 10 m) met eenzelfde aantal ongedeuvelde (plaatlengten 4 en 5 m) op dezelfde wegen en ongeveer van hetzelfde bouwjaar (1927—1928) vinden we:

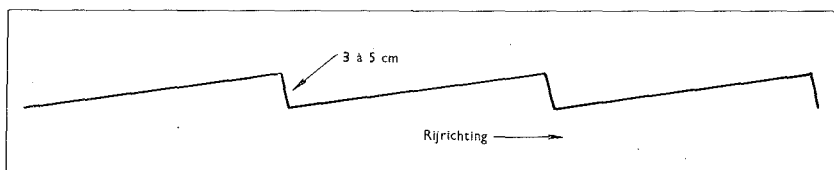
	Gemiddelde afwijking 1941 in procenten	Gemiddelde jaarlijkse achteruitgang in procenten 1941—1946/47
Ongedeuveld	16,6	0,19
Gedeuveld	11,5	0,11

Het verschil in vlakheid springt hier nog niet zo in het oog, daar de 4- en 5 m-platen van tanden waren voorzien.

b. Vergelijken we echter twee groepen uit een latere periode (1930—1933), alle gelegen op goede grond en met plaatlengten van 10, 15, 20 en 25 m, dan vinden we:

	Gemiddelde afwijking 1941 in procenten	Gemiddelde jaarlijkse achteruitgang in procenten 1941—1946/47
Ongedeuveld	13,42	1,23
Gedeuveld	7,73	0,64

Het verschil is hier dus veel groter en was blijkbaar toentertijd reeds zo opvallend dat het Rijk nadien, dus na 1933, geen ongedeuvelde betonwegen meer heeft aangelegd. Het voornaamste doel van deze deuvels was het voorkomen van te



Figuur 19. „Getrapte” voegen in een betondek zonder deuvels.

grote hoogteverschillen bij de voegen. Dat deze hoogteverschillen inderdaad belangrijke afmetingen konden aannemen, hebben vooral enkele ongedeuvelde betonwegen op slechte ondergrond bewezen, zoals indertijd de Rijksweg Van Ewijksluis—de Kooy, waar men over de gehele lengte z.g. „getrapte” voegen aantrof, met hoogteverschillen tot 5 cm (zie figuur 19).

Door de verzakkingen bij de voegen scheurden de indertijd toegepaste zinken kapjes af, de voegen gingen lekken, de ondergrond verweekte en de hoogteverschillen werden steeds groter.

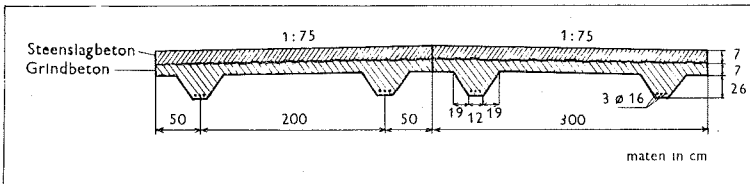
Een tweede oorzaak van oneffenheden in betonwegdekken is het z.g. „druipen” van de platen naar de voeg toe, hetgeen eveneens veel voorkomt bij minder vaste ondergrond. Hiertegen richt men ook met deuvels niet veel uit; het middel in dit geval is stabilisatie van de grondslag of toepassing van ondersteuningsplaten onder de dwarsvoegen.

De toepassing van deuvels heeft echter ook nadelen. Behalve moeilijkheden bij de uitvoering, leveren zij ook bezwaren op bij het oppersen van de platen aan weerszijden van een verzakte voeg. Dit oppersen moet dan wel zeer zorgvuldig en gelijkmatig plaats hebben om scheuren te voorkomen.

2e Kortere of langere platen

Het is uitermate lastig om alleen op grond van de viagraafwaarnemingen een oordeel te geven omtrent de meest verkieslijke plaatlengte.

Waar bij de vroegere constructies de voegen de voornaamste bron van oneffen-



Figuur 20. Plaatbalkprofiel, constructie Ir R. Loman.

heden vormden, zou hieruit logischerwijze volgen, dat beperking van het aantal voegen, dus een zo groot mogelijke plaatlengte, het meest is aan te bevelen. Inderdaad wordt dit door de waarnemingen min of meer bevestigd, alhoewel er vele zeer oude betonwegvakken met 4 en 5 m lange platen zijn aan te wijzen, die eveneens nog uitstekend van rijkwaliteit zijn. Deze oude vakken liggen echter vrijwel alle op zeer goede vaste grond, die ook in zeer vochtige toestand nog voldoende drukvastheid schijnt te hebben.

Tussen Breda en Keizersveer werden indertijd op Rijksweg no 27 een paar proefvakken gelegd met 50 en 100 m lange platen. Deze waren voorzien van een netwapening, waardoor scheurvorming werd voorkomen; de vlakheid van deze platen is nog bijzonder goed. Speciale vermelding verdienen hier de 25 m-platen van het plaatbalkprofiel (Loman-constructie) op Rijksweg no 6 (zie figuur 20).

Deze in 1933 aangelegde betonweg vertoonde in 1941 op enkele observatievakken nog een zeer gering afwijkingpercentage van $\pm 4\%$. In de daarop volgende 6 jaren zijn deze vakken echter vrij sterk achteruitgegaan, zodat bij de waarnemingen in 1947 een gemiddelde afwijking werd gevonden van $\pm 18\%$, een jaarlijkse teruggang dus van 2,4%, wat tot de hoge cijfers behoort.

Uit de viagraafopnamen bleek verder, dat deze degradatie uitsluitend aan de voegen was toe te schrijven. Deze waren nl. alle zonder uitzondering 2 à 3 cm gezakt, terwijl de platen aan weerszijden van de voegen over $2\frac{1}{2}$ à 3 m waren gaan druipen. De rijkwaliteit van deze Loman-platen is echter belangrijk beter dan die van de normale 25 m-platen (zonder deuvels) op het andere gedeelte van deze weg, waarvan de voegverzakkingen bovendien nog van asfaltuitvullingen zijn voorzien.

3e Waterdichte afsluiting van de dwarsvoegen

Bij toepassing van onderlegplaten welke aan de bovenkant geasfalteerd worden, een constructie, die hier thans algemeen toegepast wordt, vormt de waterdichte afsluiting van de dwarsvoeg feitelijk geen probleem meer.

4e Ondersteuning van de dwarsvoegen

Met het vastleggen van het zandbed aan weerszijden van de voeg door middel van stabilisatie van de grondslag, een methode waarmee men omstreeks 1934 begonnen is, werden zeer goede resultaten bereikt.

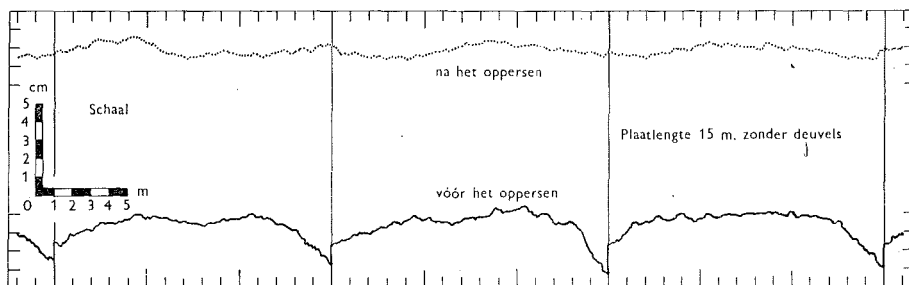
Zo zien wij op het gedeelte van Rijksweg no 26 tussen Hedel en Zaltbommel, waar deze methode voor het eerst werd toegepast, een zeer goede vlakheid (5 à 6% afwijking) en een zeer geringe jaarlijkse achteruitgang (0,1%). Andere observatievakken in ditzelfde weggedeelte, waar deze methode niet werd toegepast, geven daarentegen een veel grotere afwijking te zien (55%).

Ook op andere oudere betonwegen, waar deze methode werd toegepast of waarbij de voegen door platen werden ondersteund, zijn zeer gunstige resultaten bereikt. Dit wil echter nog niet zeggen, dat deze constructie een blijvende vlakheid garandeert, want na de oorlog zijn wegen uitgevoerd, waar, ondanks de ondersteunde voegen toch ernstige verzakkingen zijn opgetreden, terwijl er aan de andere kant zeer oude betonwegen zijn aan te wijzen, die ook zonder ondersteunde voegen nog uitmuntend van rijkwaliteit zijn. Dit wijst er al weer op, dat de materiaaleigenschappen van de grond direct onder het wegdek, ook bij betonwegen, een van de voornaamste factoren voor de stabiliteit zijn.

5e Het oppersen van betonplaten

Het oppersen van betonplaten als een der methoden om verzakkingen op te heffen is vooral na de oorlog zeer veel toegepast, echter niet altijd met onverdeeld gunstige resultaten. Er ontstonden bij dit oppersen nl. vaak extra scheuren door plaatselijk te hoog opgevoerde persdrukken.

Een van de wegen, waarbij dit oppersen bijzonder gunstige resultaten heeft opgeleverd, is de 6 km lange betonweg van Van Ewijkksluis naar De Kooy (Rijksweg 10a). Deze weg bestaat uit 15 m lange platen zonder deuvels en werd in 1932 aangelegd boven het oude zeestrand voor de Balgdijk. De platen rusten op een opgespoten zandlaag van 0,50 tot 1,25 m dikte, waaronder een laag zeeklei van 0,05 tot 0,80 m dikte.



Figuur 21. Langsprofiel van een betondek met z.g. druipende platen en daarboven het verbeterde profiel na het oppersen der platen (Rijksweg no 10a, van Ewijkksluis—De Kooy).

In de zomer van 1939 werd de waterstand in het Balgzandkanaal door het Departement van Defensie met 0,90 m opgezet, waardoor de onderkant der betonplaten slechts 0,25 m boven de grondwaterstand kwam te liggen. Door de vorst zijn de platen toen meer of minder omhoog gevoren en na ingetreden dooi ongelijk gezakt, waardoor tussen de platen onderling hoogteverschillen ontstonden van 1 tot 5 cm. Tijdens het week worden van de ondergrond en als gevolg van het verkeer zijn toen alle platen gescheurd en gaan druipen naar de dwarsvoegen toe, zodat het verkeer bij elke voeg een stoot kreeg en men in een golvende beweging over de weg reed (zie figuur 21).

Na het wederom verlagen van de waterstand in Mei 1940 is de toestand iets verbeterd, doch de golvende beweging bleef bestaan. Bij een viagraafwaarneming in 1941 werd op een vak van 300 m lengte een afwijkingpercentage gevonden van 36%; in 1946 bedroeg deze afwijking reeds 62%, zodat in die jaren de vlakheid nog belangrijk verder was terug gelopen. Na het oppersen der platen in het najaar van 1947 is de toestand echter zeer veel beter geworden, want even daarna wees de viagraaf slechts een afwijking aan van 9,5%. De vlakheid is door dit oppersen dus van zeer slecht op bijna zeer goed gekomen, inderdaad dus een uiterst bevredigend resultaat.

Daarna zijn op deze weg geregeld contrôle-waarnemingen verricht, waaruit helaas weer een geleidelijke achteruitgang viel te constateren (zie figuur 16, grafiek Rijksweg 10a).

6e Plaatdikte

De dikte van betonplaten is op de Rijkswegen lange tijd op 18 cm gehandhaafd, met driehoekige randverzwaringen tot 23 cm. Alleen op enkele wegvakken zijn dunnere platen toegepast, doch die waren dan gefundeerd op een oude grindweg en voorzien van een netwapening; ook bij het Loman-profiel zijn de platen slechts 14 cm dik en voorzien van een netwapening.

In de laatste jaren zijn op enkele nieuwe betonwegen echter platen toegepast van een uniforme dikte van 23 cm, hetgeen uiteraard een belangrijke versterking betekent, doch ook veel meer materiaal kost. Door de sterke toeneming van het verkeer in de laatste jaren en ook door de steeds toenemende as- en wiellasten is deze plaatverzwaring in vele gevallen noodzakelijk geworden.

Als een voorbeeld van de toeneming der asbelastingen moge hier b.v. gewezen worden op de alleen in ons land toegestane pendelasbelastingen van 8 ton per pendel, waardoor in totaal vier wiellasten van 4 ton naast elkaar op het wegdek komen te rusten, hetgeen ten opzichte van normale asbelastingen van 8 ton (2 wielen van 4 ton) een verhoging van de radiale en tangentiële spanningen aan de onderzijde van de betonplaat betekent van resp. 20 en 70%. Ook het steeds verder opvoeren van de bandenspanning en daardoor van de specifieke druk van de band op de weg maakt sterkere constructies nodig.

7e Gedrag van betonwegdekken gezien in verband met de funderingsgrondslag

Voorzover bekend zijn in Nederland t.b.v. betonwegen nimmer onderzoeken verricht naar de drukvastheid van de funderingsgrondslag of naar de grootte van de beddingconstante K.

Hoewel deze K-waarde in de formules van Westergaard geen overheersende factor vormt, m.a.w. van weinig invloed is op de in beton optredende spanningen ¹⁾, moeten er toch andere materiaaleigenschappen van de grond bestaan, die wel van grote invloed zijn op de stabiliteit van het betondek, want hoe is het anders te verklaren, dat betondekken van dezelfde constructie en sterkte zich bij gelijke verkeersintensiteit zo verschillend kunnen gedragen?

VIII. ALGEMENE CONCLUSIES UIT DE VIAGRAAF- WAARNEMINGEN

Uit het onderzoek met de viagraaf naar het gedrag der diverse wegverhardingen en funderingen vallen de volgende algemene conclusies te trekken.

Cementbetonwegen

1e Op slappe ondergrond, waarvoor geen gelijkmatige zetting is te verwachten, is deze verharding niet aan te bevelen.

2e Op vaste gronden met materiaaleigenschappen zoals die in het zuiden van Brabant (Valkenswaard en Goirle) worden aangetroffen, is cementbeton te prefereren boven elke andere verharding.

3e Een nader onderzoek naar de mechanische en fysische eigenschappen van deze gronden is zeer gewenst. Zij bieden blijkbaar, meer dan andere grondsoorten, een behoorlijke weerstand tegen de dynamische invloeden van het verkeer en verliezen bij vochtopname schijnbaar weinig van hun drukvastheid.

4e Bij de meeste betonwegen werd gedurende de eerste jaren na de aanleg weinig achteruitgang bespeurd, dan volgde meestal een periode van grotere teruggang en daarna een stadium, waarop de zakkingen zich niet verder voortzetten. Uitzonderingen hierop vormen de betonwegen op slappe ondergrond, waarbij de verzakkingen zich vooral bij de voegen steeds verder accentueerden.

5e Toepassing van ondersteunde voegen heeft in het algemeen grote verbetering gebracht. De periode van vlak blijven na de aanleg werd hierdoor meestal aanzienlijk verlengd.

6e Een zeer vlakke afwerking vooral bij de voegen en schijnvoegen blijft echter gewenst, omdat reeds geringe hoogteverschillen onevenredig hoge dynamische belastingen kunnen veroorzaken (3 mm hoogteverschil geeft b.v. reeds wielstoten, die 40% hoger ligger dan de statische wiellasten). Tijdige nivellering van ontstane verzakkingen is dus eveneens sterk aan te bevelen.

7e 25 m lange platen zijn over het algemeen van betere rijkwaliteit gebleken dan de kortere platen. De in de laatste jaren in deze platen toegepaste schijnvoegen hebben op sommige wegen geleid tot extra oneffenheden.

8e Platen voorzien van netwapening hebben goed voldaan, omdat hierin weinig of geen scheuren optraden, waardoor een belangrijke bron van zakkingen werd uitgeschakeld.

Asfaltwegen

1e Bitumineuze wegdekken zijn op slappe ondergrond eveneens niet aan te bevelen. Boven cementbeton hebben zij echter het voordeel, dat zij ongelijkmatige

¹⁾ In het ongunstigste geval geeft b.v. een $4 \times$ zo grote K-waarde een spanning die slechts 20% lager ligt.

zettingen beter kunnen volgen en ook dat zij gemakkelijker te repareren zijn. Daar de zakkingen een meer geleidelijk verloop hebben, gaat de rijkwaliteit niet in die mate achteruit als het afwijkingpercentage zou aangeven. Daarom begint men op deze wegen vaak eerst met repareren, wanneer dit percentage boven de 50 komt, terwijl bij betonwegen het herstel in de regel al veel eerder gebeurt.

2e Op goede zandgronden hebben ook bitumineuze dekken zeer goed voldaan. Opvallend is b.v. de goede rijkwaliteit en de geringe achteruitgang van de meeste asfaltwegen in Noord-Brabant en Limburg en van sommige in Utrecht, Gelderland en Overijssel. Vele van deze wegen hebben slechts een middelzware fundering.

3e Een nader onderzoek naar het draagvermogen van diverse funderingsgrondslagen volgens de C.B.R.-methode is zeer gewenst, al was het alleen maar om het gedrag van sommige bitumineuze wegvakken nader te kunnen verifiëren. Het vooraf bepalen van de C.B.R.-waarde van de ondergrond bij nieuwe aanleg moet echter eveneens worden aanbevolen, teneinde met meer zekerheid de juiste funderingsdikte te kunnen vaststellen. Op het ogenblik geschiedt de keuze meestal vrij willekeurig tussen een middelzware of zware fundering volgens de A.V.

4e Toepassing van gebitumineerd zand in stede van de gebruikelijke stort- en spreidlaag heeft op enkele proefvakken goede resultaten opgeleverd en tot een besparing in de aanlegkosten geleid.

5e Als deklaag heeft het grof asfaltbeton van een samenstelling volgens de A.V. zich over het algemeen zeer stabiel getoond (drukvastheden van 16 tot 20 kg/cm² bij 50° C). Golfvorming door het verkeer is hierop nimmer met zekerheid geconstateerd kunnen worden. Een enkele maal zijn walsgolven waargenomen, die vermoedelijk te wijten waren aan het gebruik van een te zwakke vulstof.

6e Scheuren in ver opgesleten asfaltdekken hebben op sommige wegvakken indirect geleid tot zettingen in de fundering door verweking van de grondslag.

7e Vlak afgewerkte asfaltdekken gaan veel minder snel in rijkwaliteit achteruit dan minder vlak afgewerkte.

8e Machinale aanleg en afwerking heeft zeer vlakke asfaltwegen opgeleverd, die in rijkwaliteit op gelijke hoogte staan, zo niet beter zijn dan goed uitgevoerde cementbetonwegen.

Klinkerwegen

1e Op gronden waarin nog zettingen zijn te verwachten, is een klinkerverharding het meest aangewezen. Vlak afwerken is in deze gevallen echter noodzakelijk, omdat de verkeersstoten als gevolg van oneffenheden juist hier een bijzonder ongunstige uitwerking hebben.

2e Op vorstgevaarlijke en matig vorstgevaarlijke grond is een klinkerdek niet op zijn plaats, tenzij men het dek in de mortel straat en men er zeker van is, dat de hoogste grondwaterstand in de winter minstens 1,50 m beneden het wegoppervlak blijft.

3e Voor de stabiele klinkervakken, waarvan het langspanprofiel dus zeer weinig of geen mutaties vertoonde, is een nader onderzoek van de grondslag aan te bevelen, ten einde vast te stellen aan welke C.B.R.-waarde deze grond moet voldoen om stabiele klinkerdekken te geven. Ook een onderzoek naar de schuifvastheid en de kritische dichtheid dezer gronden is gewenst.

4e Klinkervakken in de mortel hebben over het algemeen een veel grotere stabiliteit te zien gegeven. Zij worden doorgaans ook veel vlakker gestraat, waardoor ze in de loop der jaren ook veel beter berijdbaar blijven. Ook de perioden tussen de herstratingen zijn in de regel belangrijk groter dan bij klinkers in zand gestraat. Bij de meeste mortelvakken bedraagt deze periode ± 10 jaar, doch er zijn er bij, die thans na 15 jaar nog zeer goed van rijkwaliteit zijn (terwijl aansluitende normale klinkervakken in die tussentijd reeds meermalen hersteld werden).

5e Er is over het algemeen geen groot verschil in rijkwaliteit geconstateerd tussen de verschillende formaten klinkers of tussen de diverse verbanden waarin ze gestraat worden. De indruk is wel, dat klinkerkeien in keperverband nog het giefelijkst in het berijden zijn.

IX. VLAKKE AFWERKING VAN NIEUWE WEGDEKKEN

Bij de huidige stand van de machinale wegenbouwtechniek kunnen aan de vlakke afwerking vooral van asfaltdekken veel hogere eisen worden gesteld. Bereikte men vroeger bij handwerk-asfalt in het algemeen geen betere vlakheid dan 15%, thans worden bij machinale aanleg gemakkelijk cijfers behaald van beneden de 5%.

In 1950 is men nl. ook op de Rijkswegen begonnen met deze machinale aanleg en de sindsdien met de Barber Greene en met de Nielsen-spreider (in combinatie met de 3-assige tandemwals) bereikte resultaten op resp. 13,5 en 10 km nieuw asfaltdek deden niet onder voor die van zeer goed aangelegde cementbetondekken. Bij het gebruik van de Nielsen-spreider moet men echter wel voorzichtig zijn met zijn walskeuze, omdat hierbij het mengsel niet van tevoren gecompriëerd wordt, zoals bij de Barber Greene. Gebruikt men derhalve een te zware wals, dan bestaat grote kans, dat de vlakke spreiding van het materiaal weer te niet gedaan wordt door het ontstaan van walsgolven.

Bij de aanleg van cementbetonwegen werden ook vroeger reeds zeer vlakke dekken verkregen, zodat bij de huidige meer geperfectioneerde machinale aanleg haast geen betere resultaten te verwachten zijn. Het accent blijft hier echter nog altijd liggen op een zo vlak mogelijke afwerking der dwarsvoegen.

Het afwijkingspercentage, dat in de laatste jaren bij zorgvuldige uitvoering van cementbetondekken gevonden werd, kwam doorgaans niet hoger dan 3%.

Voor klinkerwegen bestaan eveneens machinale aanlegmethoden, doch zij zijn hier te lande weinig of niet toegepast; alleen bij het straten in de mortel worden wel eens trilmachines gebruikt.

Enkele voorbeelden uit de laatste jaren hebben aangetoond, dat ook klinkerwegen zeer vlak kunnen worden uitgevoerd, zelfs met afwijkingspercentages van minder dan 4%. Dit eist echter ervaren vaklieden en zeer goed toezicht.

X. TOESTANDSKAART VAN DE RIJKSWEGEN

Op deze kaart, welke als bijlage aan dit rapport is toegevoegd, is de toestand weergegeven van de drie soorten hoofdverharding der Rijkswegen, zoals die uit de laatste viagraafwaarnemingen der observatievakken naar voren kwam; voor de wegen in de drie zuidelijke provincies is dat dus de toestand van 1949 en voor de andere die van 1951 (voor sommige daaronder van 1950). Bij de autosnelwegen is de vlakheid voor iedere baan afzonderlijk vanuit de wegas uitgezet.

VLAKHEID VAN DE RIJKSWEGEN VAN HET RIJKSWEGENPLAN 1948

VERKLARING

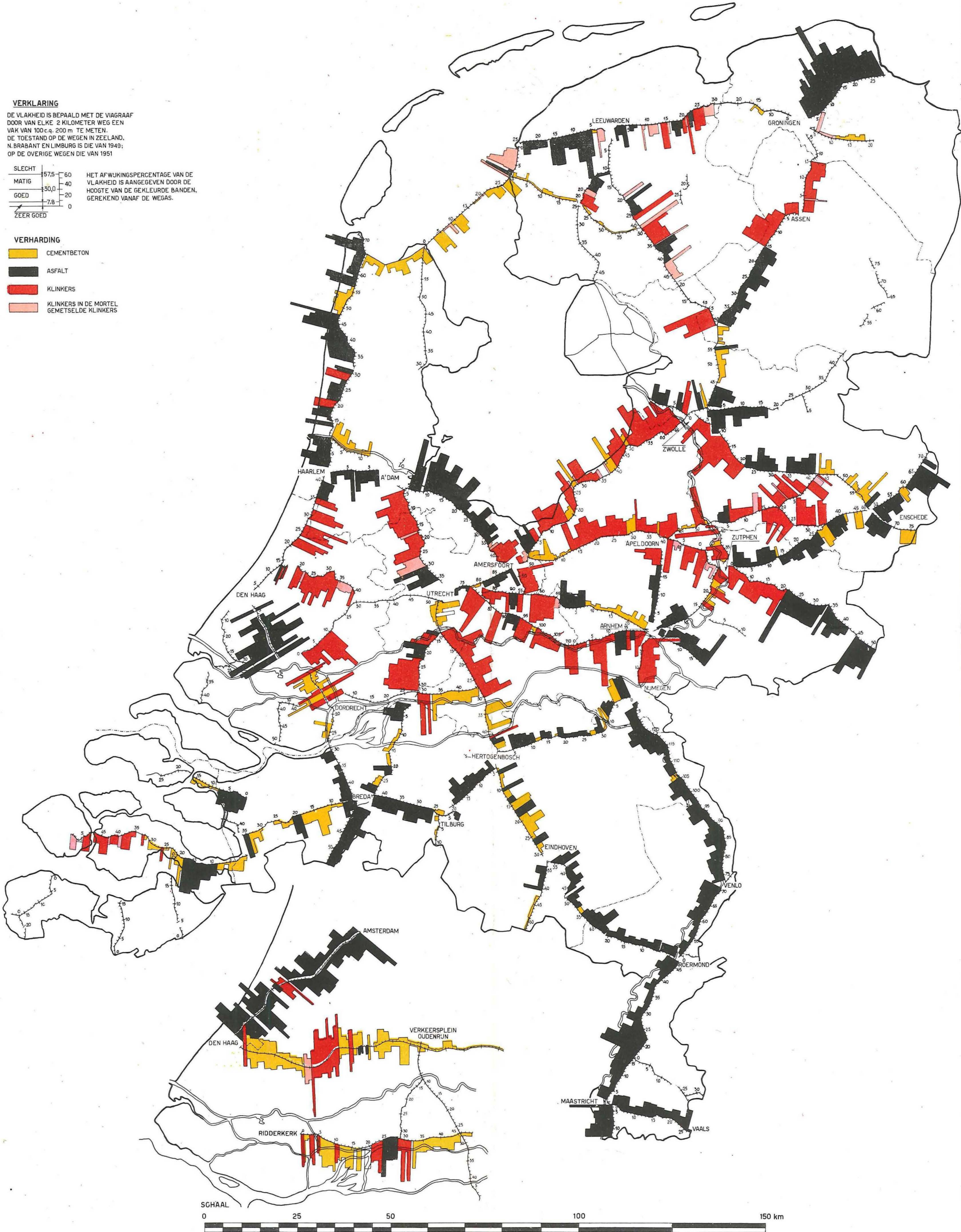
DE VLAKHEID IS BEPAALD MET DE VIAGRAAF DOOR VAN ELKE 2 KILOMETER WEG EEN VAK VAN 100 c.a. 200 m TE METEN. DE TOESTAND OP DE WEGEN IN ZEELAND, N. BRABANT EN LIMBURG IS DIE VAN 1949; OP DE OVERIGE WEGEN DIE VAN 1951

SLECHT	57,5	60
MATIG	50,0	40
GOED	7,8	20
ZEER GOED		0

HET AFWIKINGSPERCENTAGE VAN DE VLAKHEID IS AANGEGEVEN DOOR DE HOOGTE VAN DE GEKLEURDE BANDEN, GEREKEND VANAF DE WEGAS.

VERHARDING

	CEMENTBETON
	ASFALT
	KLINKERS
	KLINKERS IN DE MORTEL GEMETSSELDE KLINKERS



SCHAAL

0 25 50 100 150 km