

## Wehner/Schulze-metingen aan 5 betonkernen

W-DWW-2001-047

**B I D O C***(bibliotheek en documentatie)*Dienst Weg- en Waterbouwkunde  
Postbus 5044, 2600 GA DELFT  
Tel. 015 - 2518 363/364

Afdeling Infrastructuur Laboratorium Materialen

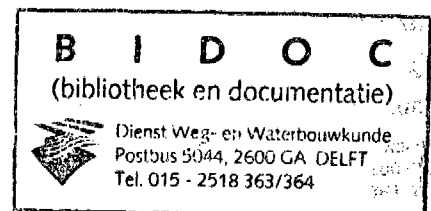
juni 2001



Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rapportnummer W-DWW-2001-047

**Titel van het rapport:** Wehner/Schulze-metingen aan 5 betonkernen**Datum van uitgifte:** juni 2001**Rapportnummer:** W-DWW-2001-047**Naam en adres van de opdrachtgever :**Provincie Noord-Brabant  
de heer ing. B.R.M. van Doorn  
Ptr. V/d Burgtweg  
5741 SH Beek en Donk**Naam en adres van de opdrachtnemer :**Rijkswaterstaat, DWW  
ir. J.R.K. Smit  
Postbus 5044  
2600 GA Delft**Naam van de schrijvers :**ing. D.H. Heiner  
ir. R.H. Jutte

24 AUG. 2001

**Naam en paraaf van de wnd. projectleider :**

P.M. Kuijper

**Naam en paraaf van het afdelingshoofd.**

ir. J.R.K. Smit

De Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat heeft de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Het Rijk sluit iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

## Inhoudsopgave

1. INLEIDING .....	1
2. MATERIALEN EN MONSTERS .....	1
3. PRINCIPE BESCHRIJVING WEHNER-SCHULZE METINGEN .....	1
4. ENIGE KANTTEKENINGEN T.A.V. HET MEETPROGRAMMA .....	2
5. BESCHOUWING T.A.V. DE VOORSPELLENDE WAARDE .....	2
6. TOELICHTING OP GEVOLGD MEETPROTOCOL .....	2
7. RESULTATEN .....	3
7.1. Metingen aan de eerste set kernen .....	3
7.2. Metingen aan de tweede set kernen .....	4
7.3. SRT-metingen aan de tweede set kernen .....	5
8. BESPREKING .....	5
8.1. Inleiding .....	5
8.2. Bespreking meetresultaten .....	6
8.2.1. Bespreking van de resultaten per kern .....	6
8.2.2. Vergelijking van de kernen .....	6
9. CONCLUSIES .....	7
10. LITERATUUR .....	7
BIJLAGEN (FIGUREN) .....	als apart document bijgevoegd

## 1. Inleiding

De provincie Noord-Brabant reconstrueert en legt de provinciale weg PW 205 aan in uitgewassen cementbeton. De provincie kiest voor betonwegen vanwege de haar inziens zeer geringe onderhoudsbehoefte. In het verleden zijn er problemen geconstateerd met het stroefheidsverloop in de tijd van uitgewassen beton. De provincie verricht praktisch en gericht onderzoek aan het product 'betonweg'. In dit kader moeten de inspanningen c.q. het onderzoek en de begeleiding van de grootschalige proefstorten in het werk van de PW205 (N266, wegvak Boerdonk – Veghel) worden geplaatst. De doelstelling van de provinciale werkgroep PW205 is:

- haar aanbevelingen in grootschalige proefstorten te toetsen;
- het verkrijgen van bruikbare recepten voor projecten welke uitvoerbaar zijn in 1 dan wel 2 lagen (ook voor kleinschalige werken);
- het bepalen van een recept voor de PW 205.

De insteek van de provincie is onder meer blijvende stroefheid. Om meer duidelijkheid in bruikbare recepten te krijgen zijn proefvakken met verschillende toeslagvarianten aangelegd. Naast het volgen van het praktijkgedrag heeft de provincie meer informatie willen verkrijgen die het mogelijk maakt een verantwoorde keuze voor het aan te leggen werk te maken.

De provincie Noord-Brabant heeft de Dienst Weg- en Waterbouwkunde verzocht om op een aantal kernen zogenaamde Wehner-Schulze metingen te verrichten. Gehoopt werd hierdoor aanvullende informatie te verkrijgen over de stroefheidsontwikkeling van de verschillende in proefvakken gebruikte recepturen.

## 2. Materialen en monsters

Er zijn twee sets van 5 boorkernen Ø 22,5 cm getest.

De eerste set is geleverd op 16 juni 2000. De coderingen zijn B, D, E, F, K.

De tweede set is geleverd op 4 september 2000. De coderingen zijn B2, D2, E2, F2, K2. Zie onderstaande tabel voor de samenstelling van deze kernen.

De tweede set werd bemeten omdat bij de metingen die aan de eerste set zijn gedaan enkele onverklaarbaar grote verschillen in de meetwaarden gevonden zijn.

Tabel 2-1; Overzicht codering kernen\*

code	materiaal
B/B2	Grauwkwartsiet 11/16
D/D2	Grauwkwartsiet 5/8, gehalte aan platte stukken ≈ 15%
E/E2	Grauwkwartsiet 5/8, gehalte aan platte stukken ≈ 30%
F/F2	Nederlandse steenslag 4/8
K/K2	Nederlandse steenslag 0/22

\* opgave provincie Noord-Brabant

## 3. Principe beschrijving Wehner-Schulze metingen.

Kernen afkomstig uit een asfaltverharding worden in een laboratorium gepolijst. In een wrijvingsmachine worden rubber blokjes die een bepaalde snelheid t.o.v. het oppervlak krijgen op het proefstuk afgeremd. Uit de optredende krachten is een wrijvingscoëfficiënt tegen de snelheid te berekenen. Op deze manier wordt zowel de invloed van de microtextuur van steen als de macrotextuur t.g.v. het mengsel in een proef gemeten.

Bij de DWW is deze meetmethode toegepast op asfaltkernen en nog niet eerder op betonkernen. De meetmethode is afkomstig uit de Bondsrepubliek Duitsland.

#### 4. Enige kanttekeningen t.a.v. het meetprogramma.

Voor een goede interpretatie van de meetresultaten zijn enige kritische kanttekeningen op zijn plaats. Het onderzoek dient in een experimenteel kader geplaatst te worden.

Niet op voorhand stond vast dat eenduidig interpreteerbare resultaten zouden kunnen worden verkregen.

Het onderzoek vindt plaats aan (uiteindelijk) 2 kernen per proefvak. Niet duidelijk is in hoeverre hiermee een voldoende representatief beeld ter vak wordt verkregen.

Er is onvoldoende betrouwbare kennis over herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid van de metingen.

Dit houdt in dat een statistische betrouwbare uitspraak over niveauverschillen op voorhand niet te doen is. De resultaten dienen indicatief beoordeeld te moeten worden.

#### 5. Beschouwing t.a.v. de voorspellende waarde.

Voor het voorspellen van de ontwikkeling van de stroefheid wordt in Nederland in het algemeen uitgegaan van de PSV waarde van een steenslag. Binnen toegepaste mengsels heeft de PSV op basis van de opgedane empirische kennis een redelijk voorspellende waarde.

Een dergelijke ervaring bestaat niet met de Wehner-Schulze.

Polijsing is één van de factoren die stroefheid beïnvloeden.

De microtextuurverandering van steen is een resultaat van polijsting en veroudering. Indien met bekende materialen wordt gewerkt dan is de empirische relatie bekend.

Het Wehner-Schulze apparaat heeft als voordeel boven de PSV bepaling dat naast de microtextuur ook de macrotextuur van het oppervlak in de meting tot uitdrukking komt. Echter een validatie aan praktijkgedrag heeft nog niet plaatsgevonden hetgeen niet hoeft in te houden dat een laboratoriumgedrag zich in dezelfde mate ook in de praktijk voordoet.

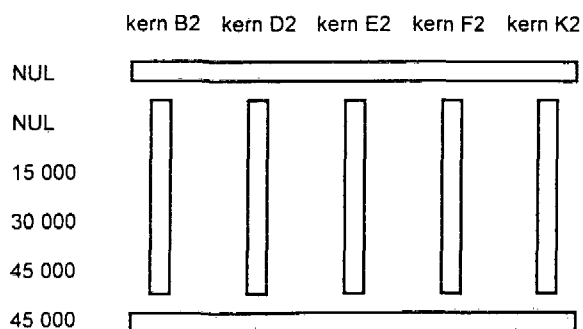
#### 6. Toelichting op gevolgd meetprotocol

De kernen werden in alfabetische volgorde van de codering (B - D - E - F - K) volgens het gebruikelijke protocol (nulmeting, vervolgens metingen na 15.000, 30.000 en 45.000 omwentelingen) gemeten. Na meting van kern F werd geconstateerd dat de remblokjes te ver waren afgesleten. Voor aanvang van de proefserie aan deze kern waren alle remblokjes tenminste 7 mm dik, en voldeden daarmee aan de minimumeis zoals deze in het proefvoorschrift geformuleerd is. Opgemerkt kan worden dat de blokjes al in een eerder stadium een tamelijk gegroefd uiterlijk hadden.

Kern K werd met nieuwe remblokjes gemeten. De eerste meting van K na 15.000 polijstovergangen is abusievelijk uitgevoerd zonder water. Doordat de meting droog werd uitgevoerd verbrandden hierbij de remblokjes. De kern werd met behulp van water, wrijven met de hand en blazen met perslucht van zo goed mogelijk van het op het oppervlak achtergebleven rubber ontdaan. Hierbij is geen steenverlies opgetreden noch zichtbaar ander materiaalverlies. Op de meetmachine werden nieuwe remblokjes geplaatst, en werd kern K nog 3 maal gemeten. De cyclus werd hierna langs de gebruikelijke weg vervolgd.

Toen bij het uitwerken van de resultaten bleek dat kern K -die met nieuwe remblokjes gemeten was-, bij alle metingen een beduidend hogere stroefheid te zien gaf dan de overige kernen, en de verschillen tussen de ijkmetingen te denken gaven, werd besloten alle kernen -zonder verder polijsten- nogmaals (in drievoud) te meten. De volgorde waarin de kernen ditmaal werden gemeten was willekeurig (E - D - B - K - F).

De resultaten van deze duplo-metingen weken, met uitzondering van kern K, zo duidelijk af van de eerder gedane metingen na 45.000 omwentelingen, dat na overleg met de opdrachtgever besloten werd een serie van 5 nieuwe kernen te bemeten. Bij deze kernen is er per kern 1 set remschoenen gebruikt. Tevens zijn voor aanvang van de polijsting en na 45.000 polijstovergangen alle kernen met dezelfde set remschoenen gemeten. Schematisch is dit als volgt voor te stellen:



Figuur 2-1; Indeling van de remschoenen

In dit schema stelt een rechthoek de metingen die gedaan werden met 1 set remschoenen voor. De metingen waarbij met 1 set remschoenen meerdere kernen zijn bemeten zijn als horizontale metingen gecodeerd, de metingen waarbij met 1 set remschoenen één kern werd bemeten na verschillende aantallen omwentelingen in de polijstmachine als verticale metingen. De horizontale metingen zijn uitgevoerd in de volgende volgorde:

nulmeting            K - F - E - B - D  
45.000                B - D - E - F - K

## 7. Resultaten

### 7.1. Metingen aan de eerste set kernen

De afzonderlijke metingen zien er op het eerste oog betrouwbaar uit: de curven lopen mooi evenwijdig, en komen bij iedere opvolgende meting ten gevolge van polijsting tijdens het meten steeds iets lager te liggen, zie bijlage 1. Enige uitzondering hierop is de eerste meting van kern K na 15.000 omwentelingen in het polijstapparaat; hier was nagelaten de kraan te openen waardoor de meting droog uitgevoerd werd.

Uit de figuren van bijlage 1 werden de wrijvingscoëfficiënten bij 60 km/u bepaald. Deze zijn weergegeven in Tabel 7-1 en worden grafisch gepresenteerd in bijlage 3.

Tabel 7-1; Wrijvingscoëfficiënten van de kernen bij 60 km/u

aantal omw.	Kern B	kern D	kern E	kern F	kern K
nulmeting	0.33	0.32	0.26	0.29	0.48
15000	0.32	0.34	0.28	0.27	0.45
30000	0.32	0.33	0.28	0.25	0.42
45000	0.29	0.32	0.26	0.23	0.41
45000-horiz.	0.44	0.46	0.46	0.43	0.41

Wat opvalt is dat kern K tijdens de eerste 4 metingen een veel hogere stroefheid vertoont dan de rest van de kernen. Omdat deze kern als enige met nieuwe remblokjes werd gemeten, werd besloten tot de horizontale duplometing. Uit vergelijking van de duplometing met de oorspronkelijke meting na 45.000 omwentelingen werd de conclusie getrokken dat de metingen die uitgevoerd werden voorafgaand aan de vervanging van de remschoentjes mogelijk niet betrouwbaar waren geweest.

Om de vreemde resultaten te verklaren werden de ijkmetingen geanalyseerd. De afzonderlijke metingen geven geen directe indicatie, zie bijlage 4. Bij een onderlinge vergelijking echter is te zien dat ze van elkaar verschillen, zie tabel 7-2 en bijlage 4.

Tabel 7-2; Wrijvingscoëfficiënten bij 60 km/u van de ijkplaat

datum	opmerkingen	$\mu$
05-07-2000	Voorafgaand aan kern B	0.13
06-07-2000	Voorafgaand aan kernen D, E en F	0.11
10-07-2000	Voorafgaand aan nulmeting K (+droge meting na 15.000 omw.)	0.14
11-07-2000	Voorafgaand aan rest v.d. metingen aan kern K	0.14

Volgens het proefvoorschrift van de Wehner/Schulze-proef mag bij deze ijkresultaten doorgemeten worden; de enige eis die hier aan de ijkmeting gesteld wordt is dat deze een hogere waarde van  $\mu$  geeft dan 0,10. Ook aan het andere criterium dat in het proefvoorschrift wordt genoemd voor het uitvoeren van metingen, namelijk dat de meetrubbers een dikte hebben van tenminste 7 mm, werd voldaan (wel kan worden opgemerkt dat de meetrubbers reeds na enkele metingen een sterk gegroefd uiterlijk vertoonden). Een bevredigende verklaring voor de - klaarblijkelijk - niet betrouwbare resultaten werd niet gevonden.

De "horizontale" metingen na 45.000 omwentelingen op het polijstapparaat zijn weergegeven in bijlage 1. Deze metingen geven een verwacht verloop te zien. Hetzelfde geldt voor de afzonderlijke ijkmetingen, zie bijlage 4. Als we de ijkmetingen onderling vergelijken zien we dat deze in een vrij nauwe band liggen, met een wrijvingscoëfficiënt bij 60 km/u van 0,13 tot 0,15, zie bijlage 4 en Tabel 7-3.

Tabel 7-3; Wrijvingscoëfficiënten bij 60 km/u van de ijkplaat

datum	tijdstip	$\mu$
08-09-2000	Voorafgaand aan kern B	0.14
08-09-2000	Voorafgaand aan kern D	0.14
08-09-2000	Voorafgaand aan kern E	0.15
08-09-2000	Voorafgaand aan kern F	0.14
08-09-2000	Voorafgaand aan kern K	0.13

## 7.2. Metingen aan de tweede set kernen

Ook bij de tweede serie metingen lopen de curven evenwijdig, op een uitzondering na (bijlage 2). Bij de derde meting aan kern B2 zonder polijsting had de kern ruimte om te draaien in de inklemming. In tabel 7.4 worden de wrijvingscoëfficiënten weergegeven, in bijlage 3 worden ze grafisch gepresenteerd.

Tabel 7-4; Wrijvingscoëfficiënten van de tweede serie kernen bij 60 km/u

aantal omw.	Kern B2	kern D2	kern E2	kern F2	kern K2
nul-horiz.	0.38	0.48	0.44	0.56	0.48
nulmeting	0.43	0.45	0.41	0.52	0.46
15000	0.47	0.52	0.49	0.46	0.44
30000	0.46	0.52	0.49	0.45	0.42
45000	0.45	0.50	0.49	0.44	0.43
45000-horiz.	0.46	0.48	0.49	0.43	0.40

De ijkmetingen zijn het enige instrument om eventuele effecten van de slijtage van de remschoenen waar te nemen. De ijkmetingen die in deze serie zijn uitgevoerd zijn weergegeven in bijlage 5.

Er is geen duidelijke lijn zichtbaar in de ijkwaarden ten gevolge van slijtage. Ook bestaat er op het eerste oog geen verband tussen de ijkmetingen en uitschieters bij de metingen die aan de kernen zijn gedaan.

Tabel 7-5; Wrijvingscoëfficiënten bij 60 km/u van de ijkplaat voorafgaand aan de meting

aantal omw.	Kern B2	kern D2	kern E2	kern F2	kern K2
nul-horiz.	0.14	0.13	0.15	0.14	0.13
nulmeting	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13
15000	0.13	0.15	0.14	0.14	0.14
30000	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15
45000	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14
45000-horiz.	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14

### 7.3. SRT-metingen aan de tweede set kernen

Aan de tweede set kernen zijn SRT-metingen uitgevoerd voor aanvang van de polijsting, na 15.000 polijstovergangen en na 45.000 polijstovergangen. Dit is gedaan op vier verschillende plaatsen per kern. De meetwaarden zijn weergegeven in bijlage 8. In bijlage 8 staat ook een grafische weergave van de gemiddelde SRT-waarden.

Er is gekozen om het kleine meetrubber te gebruiken. Dit rubber wordt ook gebruikt voor de PSV-proef. De breedte van dit rubber is 31.8 mm. De sleep lengte was 110 mm. De waarden zijn niet direct vergelijkbaar met de uitkomsten van de Wehner/Schulze-proef. Wel wordt met beide methoden een stroefheid gemeten.

Het kleine rubber is gekozen omdat dan een meting gedaan zou worden over het gepolijste gedeelte. Het brede rubber zou gedeeltelijk ongepolijst oppervlak meten. Opgemerkt wordt dat de invloed van de steengrootte een rol kan spelen.

Verwacht mag worden dat naar mate de steen groter wordt de spreiding in meetresultaten zal toenemen.

Tabel 7-6; Wrijving gemeten met SRT-methode.

aantal omw.	Kern B2	kern D2	kern E2	kern F2	kern K2
nulmeting	0.37	0.43	0.39	0.46	0.42
15000	0.33	0.44	0.47	0.43	0.36
45000	0.42	0.48	0.46	0.42	0.43

Kern B en K blijken het meest gevoelig voor polijsting (15000 -> 45000), de SRT-waarde neemt toe (het oppervlak wordt aanzienlijk stroever).

## 8. Bespreking

### 8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden alle resultaten besproken. De resultaten van de tweede meetserie worden als maatgevend beschouwd maar worden ondersteund door de metingen uit de eerste serie.

Uit [1] blijkt dat de herhaalbaarheid ( $r$ ) van de Wehner/Schulze proef op ongepolijste GAB-kernen 0,252 bedraagt. De herhaalbaarheid van de proef is verder afhankelijk van het aantal polijstomwentelingen.

Na 30.000 omwentelingen is de herhaalbaarheid 0,161. Na 60.000 respectievelijk 90.000 omwentelingen is deze 0,083 en 0,064. Hieruit wordt afgeleid dat de herhaalbaarheid na 45.000 0,12 is. Omdat voor beton bij DWW geen gegevens omtrent herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid bekend zijn wordt indicatief uitgegaan van de hiervoor genoemde waarde  $r = 0,12$ .

Uit een in 1987 door DWW verricht onderzoek is gebleken dat de standaardafwijking van de SRT-meting (verricht met het brede meetrubber op thermoplastisch markeringsmateriaal) circa 5 SRT-eenheden bedraagt.

Gegevens betreffende de standaardafwijking van SRT-metingen verricht met het smalle meetrubber op betonverhardingen zijn bij DWW niet bekend. Aangenomen wordt dat deze standaardafwijking groter zal zijn.

In bijlage 6 zijn per kern de afzonderlijke metingen per meetserie in één grafiek ondergebracht.



## 8.2. Bespreking meetresultaten

De resultaten worden hieronder kort besproken.

Gezien de herhaalbaarheid van het Wehner-Schulze apparaat kunnen per kern geen significante verschillen aangetoond worden tussen de nulmetingen (voor polijsten) en de metingen na polijsten.

Ook tussen de kernen onderling zijn geen significante verschillen aantoonbaar.

Ook gezien de verwachte standaardafwijking van de SRT-proef zijn er geen significante verschillen in stroefheid aantoonbaar tussen de diverse kernen.

De volgende beschouwingen zijn daarom indicatief.

### 8.2.1. Bespreking van de resultaten per kern

Bij de kernen F2 en K2 is duidelijk sprake van een continue daling van de stroefheid als functie van het aantal polijstovergangen. Bij de overige kernen wordt na de nulmeting eerst een stijging van de stroefheid waargenomen, waarna die min of meer op hetzelfde niveau blijft, of zelfs weer enigszins gaat dalen. Kern E lijkt het minst gevoelig voor polijsting.

De horizontale nulmetingen wijken in een aantal gevallen beduidend af van de verticale. Vooral de nulmeting uit de verticale reeks van kern E2 (en in mindere mate van D2) valt op door een lage waarde voor  $\mu$ . Er zijn geen bijzonderheden opgemerkt tijdens het uitvoeren van de meting.

Overigens is onbekend in hoeverre de nulmetingen een goede beginwaarde geven die in de meetserie gebruikt kan worden. In alle gevallen met uitzondering van kern K is bij de productie gebruik gemaakt van een curing compound. Wellicht geeft de eerste meting (zonder polijsting) een specifiek aanloopverschijnsel weer als gevolg van de curing en is dit niet maatgevend voor de stroefheid nadat het oppervlak in enige mate door het verkeer is bereden.

### 8.2.2. Vergelijking van de kernen

De betrouwbaarste vergelijking tussen de kernen onderling is waarschijnlijk door te kijken naar de metingen die met 1 set remschoenen op alle kernen zijn gedaan (de 'horizontale' metingen) (bijlage 7).

Aantal omw.	B/B2	D/D2	E/E2	F/F2	K/K2
0-horiz serie II	0.38	0.48	0.44	0.56	0.48
45000-horiz serie I	0.44	0.46	0.46	0.43	0.41
45000-horiz serie II	0.46	0.48	0.49	0.43	0.40

Ook de SRT-metingen zijn natuurlijk bruikbaar om vergelijkende metingen te doen (bijlage 8).

aantal omw.	Kern B2	kern D2	kern E2	kern F2	kern K2
nulmeting	0.37	0.43	0.39	0.46	0.42
15000	0.33	0.44	0.47	0.43	0.36
45000	0.42	0.48	0.46	0.42	0.43

De nulmetingen kunnen wellicht enkel gebruikt worden voor een horizontale vergelijking van de verschillende varianten en hebben geen relatie met de blijvende stroefheid.

Uit alle verticale metingen valt op dat de gevoeligheid voor polijsten beperkt is (zeker indien uitgegaan wordt van een relatief hoge herhaalbaarheid).

Om het effect tussen de verschillende meetrubbers te elimineren kan de horizontale serie na 45.000 omwentelingen een indruk geven van de niveauverschillen. Deze niveauverschillen zijn (wederom met inachtneming van de betrouwbaarheid van de proef) terug te vinden in de verticale meetseries.

Na het polijsten is het beeld veranderd. De verschillen tussen de kernen onderling zijn veel minder groot. Kern K lijkt het gladst en de kernen D en E zijn nu het stroefst. Met uitzondering van de nulmetingen, wordt deze volgorde ook bij de verticale series aangetroffen.

De SRT-waarden geven een duidelijke scheiding te zien tussen de kernen B2, F2 en K2 enerzijds en de kernen D2 en E2 anderzijds. Verder valt op dat kernen B2, D2 en F2 stroever worden ten gevolge van polijsting.

## 9. Conclusies

De volgende, voorzichtige conclusies kunnen worden getrokken:

- Er lijkt geen significant verschil tussen meetresultaten te zijn indien uitgegaan wordt van waarden voor de herhaalbaarheid die gebaseerd zijn op andere materialen. Voor beton zijn geen waarden voor herhaalbaarheid bekend. Resultaten moeten als indicatief worden gezien.
- De aanvangstroefheid kan beïnvloed zijn door de gebruikte curing van het oppervlak. Daarmee moeten de nulmetingen mogelijk los beschouwd worden van de overige resultaten.
- Uit de meetseries lijkt dat de mengsels niet erg gevoelig zijn voor polijsting, gelet op het verloop als functie van het aantal polijstingen.
- Zowel uit de "horizontale" metingen na 45.000 omwentelingen als uit de "verticale" meetseries is met de nodige voorzichtigheid gelet op de herhaalbaarheid van de proef af te leiden dat er indicatief sprake is van niveauverschillen als functie van de aard en gradering van de steenslag. Gebaseerd op de verwachte herhaalbaarheid lijken de verschillen niet significant te zijn.

## 10. Literatuur

- [1] Kuiken, N. Het Wehner Schulze apparaat - Resultaten van de uitgevoerde proeven plus handleiding. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, 1994