

DE SLIPWEERSTAND VAN VLOEREN

EEN BELANGRIJK VEILIGHEIDSCRITERIUM

Yves Vanhellemont, ir., onderzoeker, afdeling Materialen, WTCB

De slipweerstand is een primordiale veiligheidseis in de bouw. Uitglijden op een gladde vloer is immers een van de belangrijkste oorzaken van ongevallen, en dit zowel op het werk als in de privé-sfeer. De beschikbare gegevens hierover zijn niet eensluidend. Volgens schattingen varieert het aantal ongevallen, dat te wijten is aan uitglijden, tussen 12 en 50 % van alle werkongevallen [10, 15]. Op het financiële vlak zorgt dit voor immense verliezen : in Frankrijk zouden door uitglijden jaarlijks zo'n 8 miljoen werkdagen verloren gaan. De slipweerstand is afhankelijk van tal van invloedsfactoren : de oppervlakteruwheid, de slijtage, de vervuiling, het onderhoud van de vloer, ... Bovendien wordt de eenduidige bepaling van de slipweerstand bemoeilijkt door het bestaan van verschillende meetmethoden voor de karakterisering ervan. Om meer klaarheid te brengen in deze verschillende technieken, en om de invloed van de verschillende factoren op een vloer na te gaan, loopt bij het WTCB een onderzoek, gesubsidieerd door het ministerie van Economische Zaken.

1 MECHANISME VAN HET UITGLIJDEN – DEFINITIE VAN DE SLIPWEERSTAND

De slipweerstand van een droge vloer wordt veroorzaakt door de microscopische oppervlaktestructuur van het vloermateriaal. Hoe ruwer een vloer, hoe stroever hij zal aanvoelen. De meting van de ruwheid, zoals ze op het WTCB wordt uitgevoerd, werd reeds uitvoerig beschreven in een vorig artikel [5].

In droge omstandigheden is de stroefheid van een vloer in grote mate afhankelijk van het "haakeffect" van de vloer [14], d.w.z. het effect waardoor het schoenzoolmateriaal blijft vasthaken aan oneffenheden op het vloeroppervlak. Ook de vervormbaarheid van de vloerbedekking en het schoeisel heeft een belangrijke invloed op de slipweerstand. Een deel van de bewegingsenergie van een (uitglijdende) persoon wordt immers omgezet in vervormingsenergie, zodat de beweging afgeremd wordt. Met rubberen schoenzolen glijdt men bijgevolg minder snel uit dan met lederen zolen.

De situatie wordt complexer wanneer de vloer vuil en/of vochtig is. In dat geval wordt het uitglijden veroorzaakt door het feit dat men geen grip krijgt op de vloer, omdat de aanwezige vloeistof of het aanwezige vuil niet (snel genoeg) kan afvloeien van onder de schoenzool of de voet. De vloeistof- of vuillaag verhindert m.a.w. een goed contact tussen de zool en het

vloeroppervlak. Dit fenomeen wordt vaak aangeduid door de term "aquaplaning" en wordt beïnvloed door de volgende factoren :

- ◆ de viscositeit van de vloeistof :
een viskeuze vloeistof stroomt moeilijker weg tussen de voet en de vloer. Een beoliede vloer is dan ook gladder dan een natte vloer
- ◆ de materialen van de vloer, de vloeistof en de schoen :
als er een sterke aantrekking bestaat tussen de materialen van de schoen, de vloer en de vloeistof, dan zal de vloeistof moeilijker wegstromen tussen de voet en de vloer. Daardoor is een vloer met zeepwater gladder dan een vloer met gewoon water : zeep zorgt immers voor een sterkere "aanhechting" tussen water en andere materialen
- ◆ het macroreliëf van de vloer en de schoen :
de vloeistof op het vloeroppervlak zal gemakkelijker kunnen wegstromen als er hiervoor kanaaltjes voorzien zijn. De oppervlaktestructuur van verschillende keramische antisliptegels is daarom voorzien van dergelijke kanaaltjes. Schoenen met geprofileerde zolen hebben hetzelfde effect voor ogen.

De aanwezigheid van vuil of vloeistoffen kan ervoor zorgen dat de intuïtieve verwachtingen over de slipweerstand niet stroken met de werkelijkheid. Zo verwacht men bijvoorbeeld vaak dat een natte vloer gladder is dan diezelfde droge vloer. Dat is niet noodzakelijk het geval. Na een regenbui is het immers mogelijk dat er,

samen met het regenwater, fijn zand afgezet wordt. Als de vloer opdroogt, blijft dit stof achter, wat de vloer gladder kan maken dan hij in natte toestand was.

De slipweerstand hangt dus af van diverse factoren die niet altijd met de vloer zelf te maken hebben. Metingen van de slipweerstand dienen daarom met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden : een vloer die veilig is voor een bepaald soort zoolmateriaal is dat immers niet noodzakelijk voor een ander materiaal.

2 HET ONDERZOEK

Het onderzoek is gericht op de oppervlaktekarakterisering van keramische vloeren en vloeren van natuursteen, en meer bepaald op vier facetten die hierop betrekking hebben :

- ◆ de oppervlakteafwerking
- ◆ het slijtagegedrag
- ◆ de slipweerstand
- ◆ het onderhoud.

Tijdens het onderzoek werd vooral aandacht besteed aan het complexe samenspel tussen deze verschillende vloeraspecten en streefde men de volgende doelstellingen na :

- ◆ karakterisering van de afwerking van de tegels
- ◆ meetmethoden ter bepaling van de slipweerstand
- ◆ bepaling van de duurzaamheid van de oppervlakteafwerking van de vloertegels (slijtage), met inbegrip van de verandering van de slipweerstand
- ◆ bepaling van de invloed van oppervlaktebehandelingen op de oppervlaktetoestand van de vloertegels.

In dit artikel richten we ons specifiek op de slipweerstand, hoewel de slijtage en de afwerking hier onlosmakelijk mee verbonden zijn. Deze laatste aspecten komen hier slechts aan

Afb. 1 In enkele laboratoria, zoals die van het CSTB (Frankrijk), wordt de slipweerstand bepaald met de methode van het hellend vlak.



bod wanneer ze een invloed hebben op de slipweerstand van de vloer. Wat de oppervlakteafwerking betreft, verwijzen we naar een eerder verschenen WTCB-artikel [5].

3 PROEFMETHODEN TER KARAKTERISERING VAN DE SLIPWEERSTAND VAN EEN VLOER

3.1 METHODE VAN HET HELLEND VLAK

Bij deze methode maakt men gebruik van een scharnierend opgestelde loopbrug (afbeelding 1) die onder verschillende hellingen geplaatst kan worden. Op de loopbrug wordt een vloertje van de te onderzoeken tegels aangebracht, dat kan nat gemaakt worden [3] of ingesmeerd worden met olie [4]. Hierop laat men een proefpersoon lopen met schoenen met een welbepaald zoolmateriaal en zoolprofiel, of met blote voeten (afhankelijk van het toepassingsgebied van de onderzochte tegels), en dit voor verschillende hellingshoeken van het hellende vlak. De helling waarbij de proefpersoon net niet uitglijdt, wordt als maatgevend beschouwd.

Met de methode van het hellend vlak worden de tegels ingedeeld in R-klassen, gaande van R9 tot R13 : de waarde stijgt naarmate de helling, waarbij de vloer veilig kan belopen worden, steiler wordt. Men gebruikt deze R-klassen ter classificatie van vloeren die bestemd zijn voor beloping met schoeisel.

Voor vloeren die blootsvoets belopen worden (badkamers, douches, zwembaden, ...), gebruikt men een indeling volgens de klassen A, B of C. Deze klassen worden bepaald door de helling waarbij de natte vloer veilig blootsvoets belopen kan worden.

Doordat het sliprisico bij deze methode ingeschat wordt door een persoon, leunt deze proef sterk aan bij de werkelijkheid. Iedere mens ervaart het sliprisico echter op een andere manier, wat de proef redelijk subjectief maakt. Dit hoeft evenwel niet noodzakelijk als negatief beschouwd te worden : het veiligheidsgevoel is immers van groot belang bij het inschatten van het sliprisico.

De proef heeft wel twee belangrijke nadelen :

- ◆ ze is erg omslachtig
- ◆ ze kan niet *in situ* op een reeds bestaande vloer uitgevoerd worden.

ANTISLIPKLASSEN

Volgens de Duitse normen DIN 51091 [3] en DIN 51130 [4] wordt de antislipklasse bepaald door de hellingshoek waaronder een persoon zich nog veilig kan voortbewegen op de vloer. Elke antislipklasse heeft een specifiek toepassingsgebied. Voor private ruimten (appartementen en huizen) wordt R9 als voldoende beschouwd. Deze minimumwaarde van R9 dient men echter met de nodige omzichtigheid te benaderen. De classificatie R9 suggereert immers dat men met een antisliptegels te maken heeft, terwijl een dergelijke vloerbedekking in de praktijk vaak nauwelijks veiliger is dan een “gewone” tegel. Voor publieke ruimten en werkruimten bestaan er uitgebreide lijsten [8, 9] met de diverse toepassingsgebieden voor de verschillende antislipklassen. Dit wordt geïllustreerd door de voorbeelden uit de tabellen 1 en 2.

Tabel 1 Antislipklassen volgens de norm DIN 51091.

KLASSE	HELLINGSHOEK	TOEPASSING (VOORBEELDEN TER ILLUSTRATIE)
A	> 12°	Overwegend droge, blootsvoets belopen zones, kleedkamers, ...
B	> 18°	Douches, in het water leidende trappen met reling, ...
C	> 24°	Doorwaadbaden, hellende zwembadranden, ...

Tabel 2 Antislipklassen volgens de norm DIN 51130.

KLASSE	HELLINGSHOEK	TOEPASSING (VOORBEELDEN TER ILLUSTRATIE)
R9	3° - 10°	Toegangsruimten, trappen, kantoren, klaslokalen, ...
R10	10° - 19°	Sanitair, toiletten, waskamers, garages, parkeerterreinen, ...
R11	19° - 27°	Koel- of vrieskamers voor verpakte goederen, wasserijen, ...
R12	27° - 35°	Keukens voor de kantines van bedrijven, universiteiten, ...
R13	> 35°	Vetsmelterij, slachthuizen, ruimten voor inblikken van groenten, ...

3.2 METHODE MET DE SRT-SLINGER

Deze methode voor de bepaling van de stroefheid van weggoppervlakken werd ontwikkeld door het *British Transport Research Laboratory* en wordt op Europees niveau naar voren geschoven voor de bepaling van de stroefheid van oppervlakken van natuursteen [7]. Voor keramische tegels wordt deze methode in twee normen besproken [6, 11].

Het apparaat (de SRT-slinger) bestaat uit een slingerarm die vanaf een welbepaalde hoogte vrij kan slingeren (afbeelding 2). Aan het uitein-



Afb. 2
Met de SRT-slinger wordt de slipweerstand bij voorkeur in het laboratorium bepaald, hoewel metingen in situ eveneens mogelijk zijn.

de van deze arm is een schoentje met een rubberen zool voorzien. Het apparaat wordt zo in-

gesteld, dat de meetkant van het rubber tijdens de slingerbeweging over een bepaalde afstand over het te testen oppervlak wrijft. Daarbij wordt een deel van de slingerenergie in (wrijvings-) warmte omgezet, zodat de slinger aan het einde van de beweging niet meer zijn maximale hoogte bereikt. Het hoogteverlies wordt afgelezen op een schaal, die zo de SRT-waarde oplevert.

Het voordeel van deze proef is, dat ze meetwaarden geeft waardoor een vloer objectief gekarakteriseerd kan worden. Bij deze methode wordt echter weinig rekening gehouden met het normale menselijke loopgedrag en komt het veiligheids- en evenwichtsgevoel niet aan bod. Bovendien is het geteste oppervlak vrij klein en wordt de aanwezigheid van voegen tussen de tegels niet in rekening gebracht, terwijl deze laatste toch een belangrijke invloed hebben op de slipweerstand van een vloer.

3.3 METHODE MET DE DYNAMISCHE-WRIJVINGSCOËFFICIËNT

De dynamische-wrijvingscoëfficiënt tussen twee materialen (het oppervlak en een voorwerp dat erover glijdt) wordt gedefinieerd door de volgende verhouding :

$$w = T/N, \text{ waarbij :}$$

T = de horizontale kracht die nodig is om het voorwerp over het oppervlak te laten glijden met een constante snelheid

N = de verticale kracht die op het voorwerp inwerkt.

Naarmate het oppervlak stroever wordt, neemt de wrijvingscoëfficiënt toe.

Bij deze methode wordt de wrijvingscoëfficiënt gemeten met een FSC2000-toestel (*Floor Slide Control 2000*) (afbeelding 3). Dit toestel bestaat uit een wagentje dat een schoen, bekleed met een zooltje uit een bepaald materiaal, over de vloerbedekking sleept. De verticale belas-

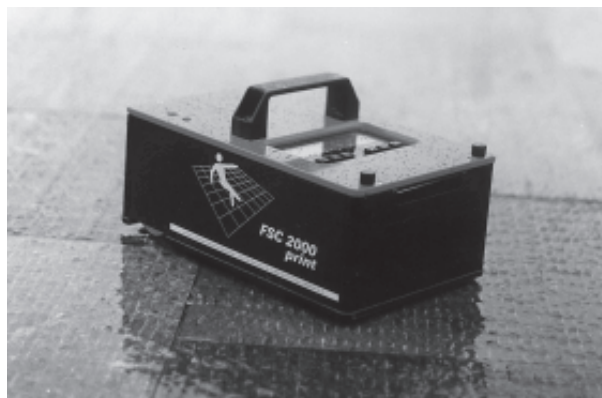
ting die op dit zooltje inwerkt, is zodanig gekozen, dat de druk die het zooltje uitoefent op het vloeroppervlak correspondeert met de druk die een persoon van 100 kg uitoefent op het vloeroppervlak, wanneer die op één voet zou staan. Uitglijden gebeurt immers doorgaans wanneer het ganse lichaamsgewicht naar een enkele voet wordt verplaatst terwijl men zich voortbeweegt.

Deze proef heeft grotendeels dezelfde voor- en nadelen als de SRT-slinger. Ze is niet omslachtig en kan ter plaatse worden uitgevoerd onder diverse meetomstandigheden (droge vloer, natte vloer, bevulde vloer, ...). Bovendien kan men de te testen zones vrij kiezen en wordt de invloed van de voegen in rekening gebracht.

3.4 DE RUWHEID

Zoals reeds vermeld, is de ruwheid van een oppervlak erg belangrijk voor de slipweerstand van een vloer. De microscopische ruwheid kan door talloze grootheden gekarakteriseerd worden. Uit dit onderzoek bleek echter dat de gemiddelde ruwheid voor onze doeleinden meestal voldoet. De gemiddelde ruwheid wordt gedefinieerd als het gemiddelde van de afstand tussen het werkelijke profiel van het oppervlak en een effen referentieoppervlak.

De methode die op het WTCB wordt gebruikt ter bepaling van de ruwheid, is een optische methode [5]. Het oppervlak wordt dus niet op een mechanische wijze aangeraakt. Omdat de ruwheid veroorzaakt wordt door de microscopische oneffenheden (van de orde van enkele micrometers), is het geteste oppervlak steeds erg klein (ongeveer een kwart vierkante millimeter). Wegens het toevalskarakter van de oppervlakteruwheid is daarom steeds een groot aantal metingen nodig om zich een goed beeld te kunnen vormen van de ruwheid over het ganse tegeloppervlak.



Afb. 3 Het FSC2000-toestel is ideaal om de wrijvingscoëfficiënt in diverse meetomstandigheden ter plaatse te bepalen.

CRITERIA VOOR DE SRT-WAARDE EN DE WRIJVINGSCOËFFICIËNT

Momenteel bestaan er nog geen algemeen aanvaarde criteria voor de meetresultaten met de SRT-slinger of voor de wrijvingscoëfficiënt. Dit is deels te wijten aan het feit dat deze meetmethoden nog niet lang gebruikt worden in het onderzoek van vloermaterialen, en deels door het gebrek aan een algemeen aanvaarde norm voor de bepaling van deze grootheden. De meest precieze indeling voor de wrijvingscoëfficiënt is de *Wuppertaler*-indeling (zie tabel 3) [2, 12, 13].

Tabel 3 Wuppertaler-indeling.

WRIJVINGSCOËFFICIËNT	BEOORDELING
< 0,21	Zeer onzeker
Tussen 0,22 en 0,29	Onzeker
Tussen 0,30 en 0,42	Gematigd zeker
Tussen 0,43 en 0,63	Zeker
> 0,64	Zeer zeker

Voor de SRT-meting wordt de nauwkeurigste indeling gegeven door de *United Kingdom Slip Resistance Group* (zie tabel 4) [16].

Tabel 4 Indeling volgens de UK Slip Resistance Group.

SRT-WAARDE	BEOORDELING
< 25	Hoog sliprisico
Tussen 25 en 35	Matig sliprisico
Tussen 35 en 65	Laag sliprisico
> 65	Zeer laag sliprisico

Deze veiligheidscriteria – of ze nu voor de SRT-proef, de wrijvingscoëfficiënt, de R-klassen of de ABC-klassen opgesteld werden – moeten steeds met de grootste voorzichtigheid geïnterpreteerd worden : het sliprisico is immers niet enkel afhankelijk van de vloer, maar eveneens van de persoon zelf (leeftijd, geslacht, fysieke toestand).

We wijzen erop dat macroscopische oneffenheden, zoals bij geprofileerde keramische tegels, steeds onzichtbaar blijven voor de ruwheidsmeting. Dergelijke oneffenheden zijn immers te groot voor de gebruikte ruwheidsmeting. De slipweerstand kan in principe dus slechts gekarakteriseerd worden via de ruwheid als we te maken hebben met vrij effen tegels.

Een groot aantal methoden ter verbetering van de antislip eigenschappen van de vloer beogen een verhoging van de ruwheid. Dit kan gebeu-

ren door middel van mechanische behandelingen (bv. zandstralen), waardoor het uitzicht van de vloer drastisch verandert. Er bestaan ook enkele subtielere methoden, zoals microgravering van de vloer door lasers (vrij tijdsintensief) of een chemische behandeling. Chemische producten veroorzaken zeer kleine beschadigingen in het vloeroppervlak, die echter dermate klein zijn dat ze het uitzicht van de oppervlakteafwerking nagenoeg niet wijzigen. Bij donkere vloeren zorgen deze minuscule beschadigingen daarentegen voor het lichter worden van de kleur.

VERDRINGINGSRUIMTE

De verdringingsruimte van een tegel geeft geen informatie over de slipweerstand in droge toestand, maar is in de context van het uitglijden wel van groot belang.

Deze grootte wordt bepaald volgens de norm DIN 51130 [4] en heeft vooral betrekking op vloeren die erg vuil en/of nat kunnen worden (in industriële ruimten, in grootkeukens, ...). De verdringingsruimte wordt gedefinieerd als de hoeveelheid materiaal (vuil, olie, water, ...) die op een vloerooppervlak kan aangebracht worden zonder de toppen van de profileringen te bedekken. Deze grootte wordt uitgedrukt in cm^3/dm^2 . De verdringingsruimte is m.a.w. de hoeveelheid vuil die op een vloer kan aangebracht worden zonder de slipweerstand noemenswaardig te beïnvloeden.

Tegels met een grote verdringingsruimte kunnen zeer vuil worden. Dat is erg nadelig indien deze tegels moeten toegepast worden in ruimten waar hygiëne zeer belangrijk is (bv. in ruimten voor voedselverwerking of voedselopslag). De grote oneffenheden kunnen een grondige schoonmaak erg bemoeilijken. Dit is een gekend euvel van veel antisliptegels en speelt vaak een rol bij de keuze van een vloer.

Afhankelijk van de verdringingsruimte wordt een tegel in een bepaalde verdringingsklasse ondergebracht. Deze klassen worden voorgeschreven voor bepaalde toepassingen, zoals geïllustreerd in tabel 5 [9].

Tabel 5 Voorschrijving van een klasse voor een bepaalde toepassing, afhankelijk van de verdringingsruimte.

KLASSE	VERDRINGINGSRUIMTE	TOEPASSING (VOORBEELDEN TER ILLUSTRATIE)
V4	$> 4 \text{ cm}^3/\text{dm}^2$	Keuken voor snackbars, grootkeukens, autowasruimten, ...
V6	$> 6 \text{ cm}^3/\text{dm}^2$	Ruimten voor het inblikken van groenten, ...
V8	$> 8 \text{ cm}^3/\text{dm}^2$	Vleesverwerking in winkels en slachthuizen, ...
V10	$> 10 \text{ cm}^3/\text{dm}^2$	Slachtruimten, visverwerking, ...

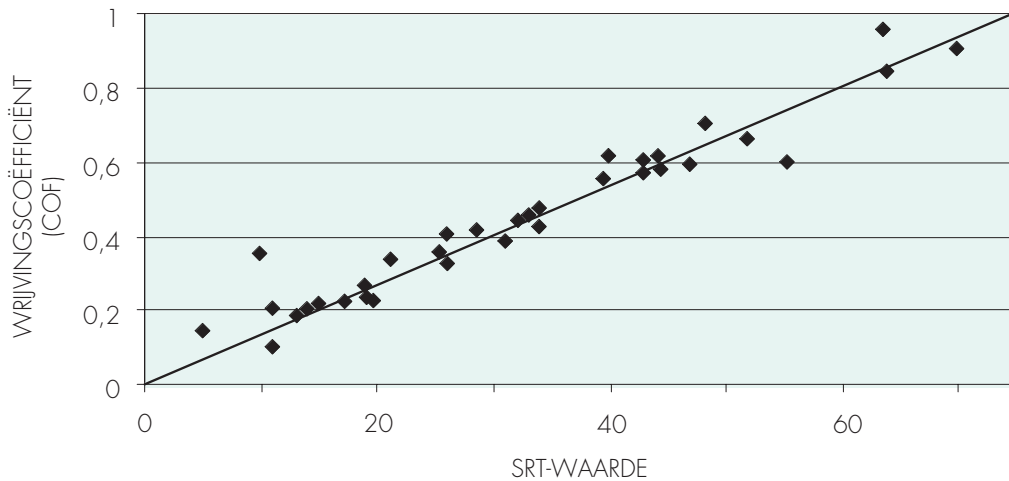
4 VERBAND TUSSEN DE VERSCHILLENDE MEETMETHODEN

Voor de toepassing in de praktijk is het belangrijk dat er een verband wordt gevonden tussen de verschillende karakteriseringsmethoden voor de slipweerstand.

Het verband tussen de SRT-waarde en de dynamische-wrijvingscoëfficiënt bleek duidelijk uit een groot aantal metingen met rubberen zooltjes die op diverse natte tegels uitgevoerd werden. De experimenten toonden aan dat er

een lineaire relatie bestaat tussen de wrijvingscoëfficiënt en de SRT-waarde (afbeelding 4). Dit was te verwachten, aangezien het principe van beide metingen hetzelfde is (met name het laten glijden van een rubberen zooltje over een materiaal).

Het verband tussen de ruwheid en de wrijvingscoëfficiënt ligt echter minder voor de hand. De metingen hebben immers aangetoond dat men voor verschillende materialen geen eenvoudige universele, lineaire relatie tussen de



Afb. 4
Experimenteel aangetoond verband tussen de SRT-waarde en de wrijvingscoëfficiënt (COF) voor diverse keramische tegels en tegels van natuursteen, met verschillende afwerkingen.

gemiddelde ruwheid en de slipweerstand van een vloer mag veronderstellen. Per materiaalsoort blijkt er daarentegen wel een duidelijk verband te zijn tussen de slipweerstand en de oppervlakteruwheid.

Voor de praktijk zou het zeer nuttig zijn een verband tussen de wrijvingscoëfficiënt enerzijds en de R- of de ABC-waarde van de vloer anderzijds te kunnen aantonen. De gebruikscriteria voor de R- en ABC-klassen bestaan immers reeds langer, zijn goed uitgewerkt en zijn in bepaalde landen al goed ingeburgerd.

Voorlopig zijn we er echter nog niet in geslaagd een duidelijk verband tussen deze classificatiesystemen te vinden. Dit kan men deels verklaren door het feit dat het meetoppervlak bij de bepaling van de wrijvingscoëfficiënt of de SRT-waarde veel kleiner is dan de oppervlakte van een schoenzool. De voegen en de verspreide oneffenheden op de vloer hebben daarom een heel andere invloed bij de verschillende meetmethoden.

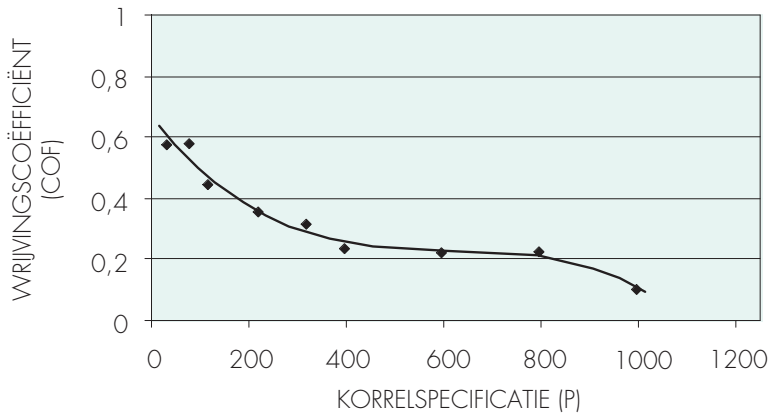
Wat de veiligheidsaspecten betreft, is het wel zo dat zowel de bepaling van de wrijvingscoëfficiënt als de SRT-waarde een veilige meetwaarde oplevert. De aanwezigheid van voegen en de verspreide oneffenheden van de vloer maken de vloer immers slipvaster. Door deze niet in rekening te brengen, wordt dus de meest ongunstige situatie gemeten, wat voordelig is als het om veiligheidsaspecten gaat.

5 DE SLIPWEERSTAND AFHANKELIJK VAN DE AFWERKINGS- GRAAD VAN EEN VLOERTEGEL

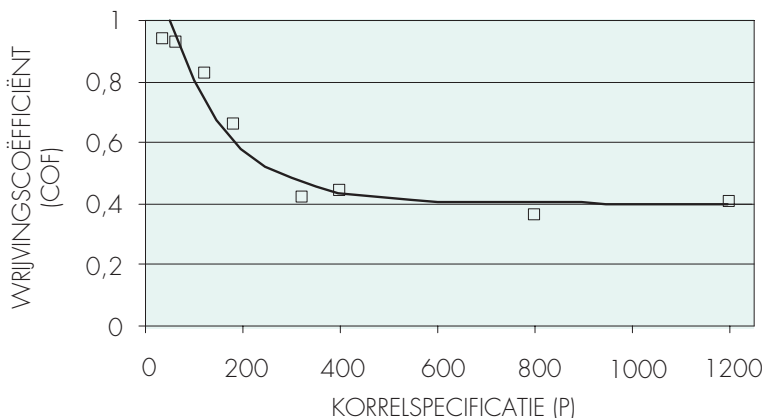
Metingen hebben aangetoond dat er een eenduidig verband bestaat tussen de afwerkingsgraad van een vloer en zijn slipweerstand. Toch blijkt dit geen universeel verband te zijn: de relatie tussen beide grootheden hangt immers sterk af van de structuur van het materiaal. Ter illustratie tonen de volgende grafieken het verloop van de wrijvingscoëfficiënt (in geval van een rubberen zool en in natte omstandigheden) afhankelijk van de afwerking, en dit respectievelijk voor een vloer uit Belgische blauwe hardsteen (fijnkorrelig) (afbeelding 5, p. 24) en voor een vloer van Rustenburg gabbro (grofkorrelig) (afbeelding 6, p. 24). De afwerking van de vloer wordt aangeduid door de korrelspecificatie van het schuurmiddel dat gebruikt werd tijdens de laatste polijstap (*).

Uit deze grafieken kan men afleiden dat de vloer in Rustenburg gabbro, bij dezelfde afwerking, steeds een hogere wrijvingscoëfficiënt vertoont dan de vloer uit blauwe hardsteen. Volgens de *Wuppertaler*-criteria wordt een vloer in Rustenburg gabbro dan ook als “gematigd zeker” omschreven, zelfs bij de meest gepolijste afwerking, terwijl de vloer in blauwe hardsteen daar als “onzeker” tot “zeer onzeker” wordt beschouwd.

(*) De korrelspecificatie van het schuurmiddel wordt genoteerd door een hoofdletter P, gevolgd door een punt en een nummer (bv. P. 600). Dit nummer geeft aan hoeveel korrels er naast elkaar moeten worden gelegd om een rij van 1 duim (= 2,54 cm) te bekomen.



Afb. 5
Wrijvingscoëfficiënt afhankelijk van de korrelspecificatie bij de laatste polijstap voor Belgische blauwe hardsteen.



Afb. 6
Wrijvingscoëfficiënt afhankelijk van de korrelspecificatie bij de laatste polijstap voor Rustenburg gabbro.

De belangrijkste reden voor dit verschil is de grof- of fijnkorreligheid van de stenen tegel. Doorgaans blijken grofkorrelige materialen beter te scoren dan fijnkorrelige als het om de slipweerstand gaat, zelfs bij gepolijste materialen. Dit betekent echter niet noodzakelijk dat hun slipweerstand voldoende is.

Volledigheidshalve vermelden we hier nog dat gepolijste vloeren in droge toestand meestal voldoende veilig zijn, op voorwaarde dat de metingen met rubberen zolen gebeuren. We spreken van gepolijste vloeren indien het schuurmiddel tijdens de laatste polijstap een specificatie van ongeveer 600 of hoger heeft.

We spreken van verzoete afwerkingen indien het schuurmiddel tijdens de laatste polijstap een korrelspecificatie tussen *grosso modo* 100 en 600 heeft. Dergelijke afwerkingen voldoen doorgaans zowel in droge als in natte omstandigheden. Dit betekent echter niet dat men dit type afwerkingen zonder meer buiten kan plaatsen. Buiten zijn er immers ook nadelige invloeden van vuil, algengroei, ... die er – bij een onvoldoende onderhoud van de vloer – voor kunnen zorgen dat hij na verloop van tijd onaanvaardbaar glad wordt.

De nog ruwere afwerkingen, zowel bij natuur-

steen als bij keramische tegels, zijn doorgaans zeer veilig en kunnen op de meest diverse plaatsen worden toegepast. Men moet er echter steeds rekening mee houden dat deze tegels moeilijker te reinigen zijn.

6 INVLOED VAN SLIJTAGE OP DE SLIPWEERSTAND VAN EEN VLOER

In dit onderzoek wordt uitsluitend de primaire slijtage beschouwd : d.w.z. de verandering van het oppervlak van de vloer, zonder dat daarbij belangrijke massaverliezen optreden. Indien dergelijke massaverliezen wel optreden, spreken we van secundaire slijtage.

Vaak gaat men ervan uit dat slijtage van een vloer enkel een probleem van esthetische aard is. In vele gevallen kan er echter ook een gevaarlijke situatie optreden. Vloeren die oorspronkelijk vrij stroef waren, kunnen na verloop van jaren door slijtage immers erg glad worden. Dit is onder andere het geval bij bepaalde voetpaden, die onderhevig zijn aan een sterke slijtage door de gecombineerde werking van intense beloping en (fijn) stof.

De uiteindelijke toestand van een vloer is een evenwichtssituatie : op een bepaald moment zal de polijstende werking van de zachte schoenzolen en het fijne stof in evenwicht gehouden worden door de krassende werking van het grove stof en/of het zand.

Deze evenwichtssituatie hangt sterk af van de omgevingsomstandigheden : aan de kust zijn vloeren na een zeker tijdsverloop doorgaans minder glad dan in een streek met leemachtige bodem. In de kuststreek is er immers een grotere hoeveelheid grove korrels (zand) aanwezig, waardoor de krassende afslijting doorweegt. Leem heeft daarentegen voornamelijk kleine korrels, waardoor de oppervlakken meer gepolijst dan gekrast worden.

Binnen in gebouwen zullen de vloeren normaal gezien ook gladder blijven dan buiten, zeker als er voldoende mogelijkheden worden voorzien om het stof, dat aan de schoenen van de bezoekers kleeft, buiten te houden (deurmatten e.d.).

Het esthetische aspect van de afslijting werd in dit onderzoek gekarakteriseerd door de glans van het tegeloppervlak. Op het WTCB gebeurt de meting van de glans met een glansmeter van het type *Rhopoint Novogloss*. Bij deze meting valt een lichtbundel onder een hoek van 60° in op het oppervlak. De glans van een oppervlak wordt dan gedefinieerd als de hoeveelheid licht die onder een hoek van 60° teruggekaatst wordt. Een oppervlak met perfecte spiegelglans heeft aldus een glans van 100 %, in tegenstelling tot een compleet dof oppervlak, dat 0 % glans heeft.

Voor de studie van de afslijting van een vloer werd in dit onderzoek een tweeledige aanpak gevolgd :

- ◆ er werd een proefvloertje gelegd met daarin tegels van verschillende samenstelling en afwerking. Vervolgens telde men het aantal voorbijgangers, waarna de relatie tussen de belopingsintensiteit en de afslijting van de tegels onderzocht werd (afbeelding 7)
- ◆ tezelfdertijd werd ook getracht een testmethodologie voor de afslijting van vloeren op te stellen. Daartoe werden de vernoemde tegels ook onderworpen aan kunstmatige afslijtproeven in het laboratorium. Deze resultaten werden vergeleken met de resultaten van het proefvloertje. Uit deze resultaten kan men afleiden welke “kunstmatige” afslijting overeenkomt met een bepaalde werkelijke beloping.



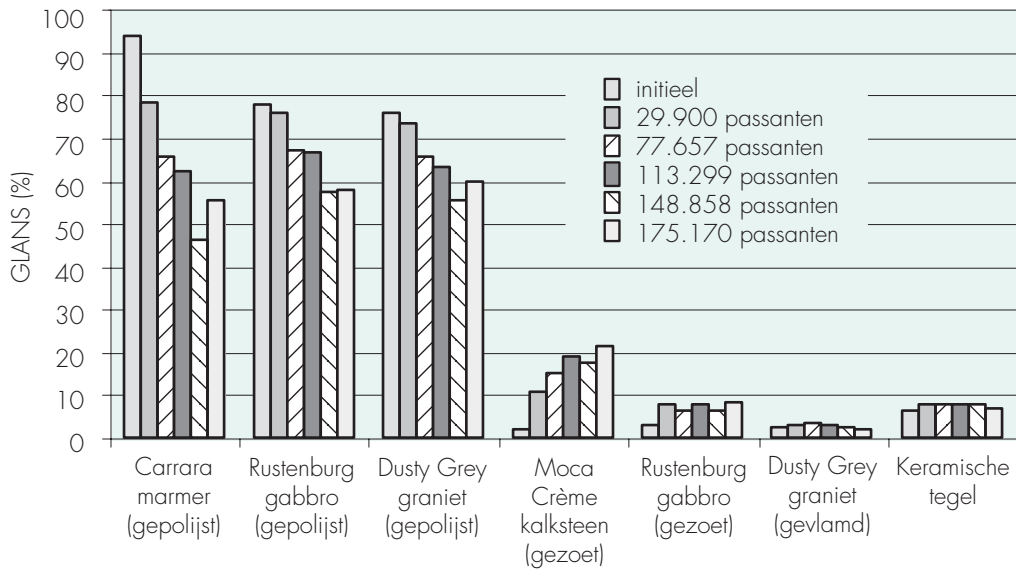
Afb. 7 Proefvloertje in het proefstation van het WTCB te Limelette, ter bepaling van de invloed van slijtage op de oppervlakte-toestand en de slipweerstand van verschillende tegelsoorten.

De resultaten van het proefvloertje bevestigen de intuïtieve verwachtingen van de evolutie van de oppervlakteparameters (afbeeldingen 8, 9 en 10, p. 26) :

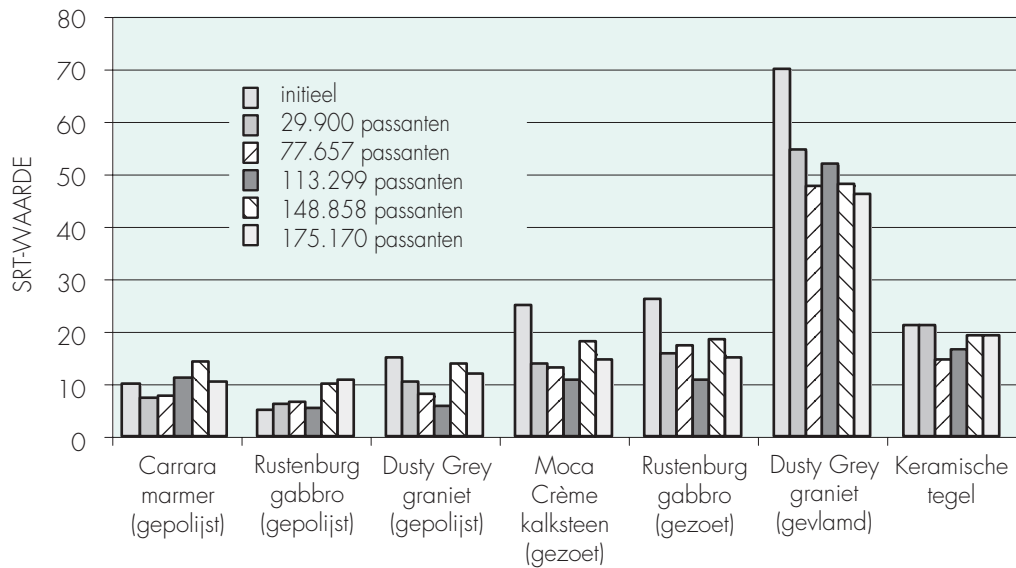
- ◆ gepolijste afwerkingen (bv. marmer, graniet, gabbro, ...) blijken vrij snel hun glans te verliezen. Zachtere steensoorten (zoals gepolijst marmer) slijten bovendien vaak sneller af dan hardere steensoorten (graniet, gabbro, ...). Ruwere afwerkingen, zoals gezoete en gevlamde afwerkingen, blijken meer te gaan glanzen na verloop van tijd. Sommige tegels behouden daarentegen hun oorspronkelijke glans. De glanstoenamen zijn zeer sterk bij vloeren van kalksteen. Gezien de relatieve zachtheid van kalksteen ligt dit in de lijn van de verwachtingen
- ◆ voor de ruwheid gaat de evolutie precies andersom. Gepolijste afwerkingen worden immers ruwer na beloping, terwijl ruwere afwerkingen na verloop van tijd hun ruwheid verliezen
- ◆ de slipweerstand van vloeren met gepolijste en ruwe afwerkingen kent een gelijkaardige evolutie. Opvallend is evenwel dat de slipweerstand nooit een duidelijke toename kent. Ofwel blijft de slipweerstand min of meer gelijk (typisch voor gepolijste tegels), ofwel neemt hij af. De afname is zeer opvallend bij gevlamde en gezoete afwerkingen. Vooral de gezoete afwerkingen blijken zeer snel erg glad te worden.

Men kan besluiten dat grote veranderingen van het vloeroppervlak meestal overeenkomen met een verlies aan slipweerstand. Een eventuele toename van de stroefheid van de vloer is doorgaans niet erg opvallend.

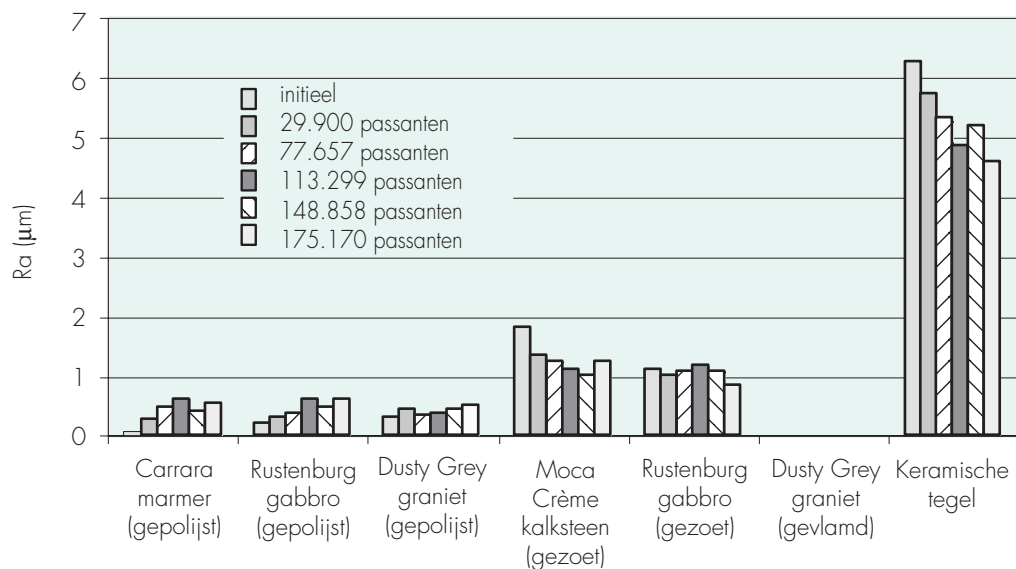
Men dient eveneens op te merken dat niet alleen vloeren uit een zacht materiaal (zoals kalksteen) snel gladder kunnen worden. Ook har-



Afb. 8 Verloop van de glans van de tegels in het proefvloertje, afhankelijk van het aantal passanten.



Afb. 9 Verloop van de SRT-waarde van de tegels in het proefvloertje, afhankelijk van het aantal passanten.



Afb. 10 Verloop van de ruwheid van de tegels in het proefvloertje, afhankelijk van het aantal passanten.

dere vloeren, zoals graniet, kunnen binnen een korte termijn hun stroefheid verliezen.

Uit een aantal bestaande slijtproeven werd de PEI-proef weerhouden als zijnde de proef die het best overeenkomt met een natuurlijke afslijting. Bij deze proef [1] laat men een mengsel van stalen kogeltjes, aluminiumoxidepoeder en water rondbewegen op het te testen oppervlak. De proeven hebben aangetoond dat de drie belangrijke oppervlakteparameters (d.w.z. glans, ruwheid en slijpweerstand) naar een evenwichtstoestand evolueren en dat deze evolutie exponentieel verloopt.

Vergelijkingen van de resultaten van de PEI-proeven met de resultaten van de proefopstelling *in situ* hebben aangetoond dat de PEI-proef de werkelijke afslijting voor gepolijste afwerkingen redelijk goed benadert (afbeeldingen 11 en 12). Voor ruwere afwerkingen (gezoet, gevlamd) komen de resultaten van de PEI-proef daarentegen absoluut niet overeen met de evolutie die in werkelijkheid geobserveerd wordt. De proef voorspelt immers het tegengestelde. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de ruwheid van het schuurmiddel dat bij de PEI-proef gebruikt wordt : de fijnste fractie van dit schuurmiddel bestaat immers uit korundkorrels met korrelspecificatie 80, wat

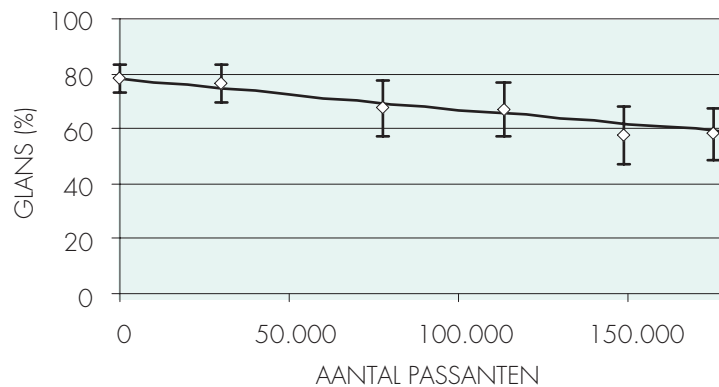
ongeveer overeenkomt met fijn zand. Dit is veel ruwer dan we in normale omstandigheden aantreffen.

Voor gevlamde en andere zeer ruwe afwerkingen is er nog een andere reden waarom de PEI-proef niet overeenstemt met de werkelijke afslijting. Bij dergelijke vloeren gebeurt de afslijting door het wrijven van de toppen van de oneffenheden. Dit resulteert aanvankelijk in een zeer sterke afname van de slijpweerstand, omdat de "slijtbelasting" die normaal over het volledige oppervlak verdeeld wordt, nu slechts wordt gedragen door de bovenkant van de oneffenheden van de vloer. Nadat de toppen "weggepolijst" zijn, zal de afname van de slijpweerstand veel minder snel verlopen.

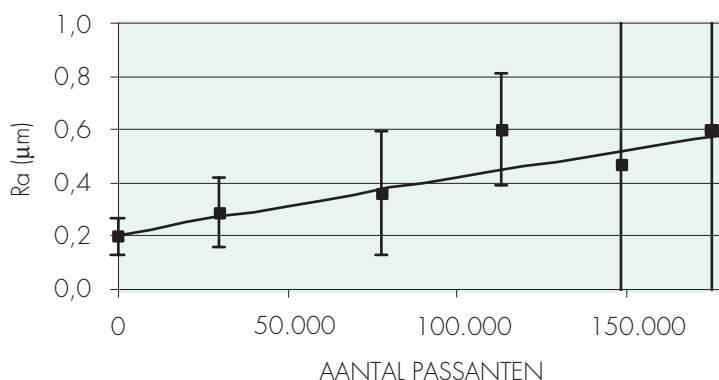
Dit type afslijting wordt evenwel niet nagebootst door de PEI-proef.

7 INVLOED VAN OPPERVLAKTEBEHANDELINGEN OP DE SLIPWEERSTAND VAN EEN VLOER

Er bestaat een grote diversiteit aan oppervlaktebehandelingen voor harde vloerbedekkingen. Tijdens dit



Afb. 11 De glans afhankelijk van het aantal passanten voor Rustenburg gabbro (ruutjes). Hierop werden de resultaten van de PEI-proef gesuperponeerd (doorlopende curve).



Afb. 12 De ruwheid afhankelijk van het aantal passanten voor Rustenburg gabbro (vierkantjes). Hierop werden de resultaten van de PEI-proef gesuperponeerd (doorlopende curve).

onderzoek werden enkele van deze behandelingen toegepast op keramische tegels en tegels van natuursteen. Hierbij ging men hun invloed op de slipweerstand na, zowel in droge als in natte toestand.

7.1 IMPREGNATIEMIDDELEN EN PORIËNVULLERS

Dergelijke behandelingen kunnen gebruikt worden voor diverse doeleinden. Ze zijn onder andere geschikt om de absorptie van de vloer te verminderen, ter verbetering van de waterafstotendheid van de vloer. Ook de kleurverdiepers, die vooral worden toegepast op zeer ruwe natuursteenvloeren, behoren tot deze categorie.

In principe dringen deze producten volledig in de poriën en laten bijgevolg nauwelijks materiaal achter op het oppervlak van de tegel. De kleine hoeveelheid product die aan het oppervlak blijft zitten, heeft een verwaarloosbaar en bovendien enkel tijdelijk effect op de slipweerstand (afbeelding 13).

Impregneringen die ook een waterafstotend effect beogen, hebben zelfs een positieve invloed op de slipweerstand. Een waterafstotend

oppervlak zorgt er immers voor dat het water gemakkelijker kan afvloeien, waardoor de vloer in natte omstandigheden slipvaster wordt, vergeleken met een niet-behandelde vloer.

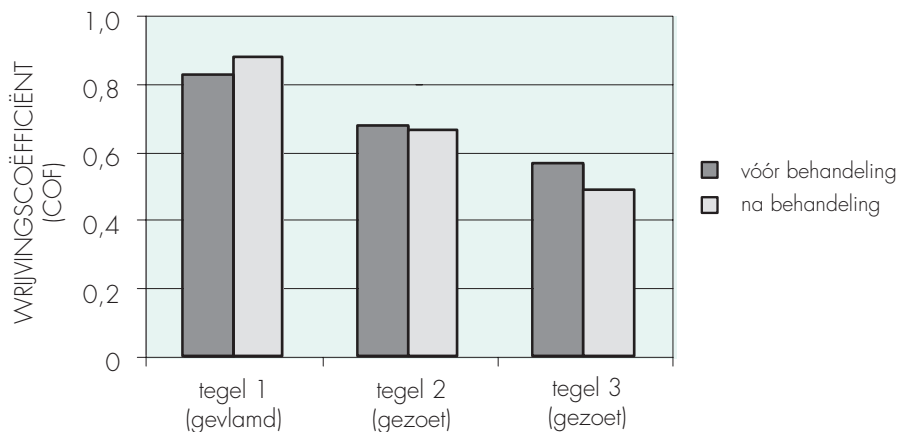
7.2 FILMVORMENDE BEHANDELINGEN

Deze behandelingen worden vooral toegepast om het oppervlak van vloeren tegen sleet te beschermen. De aangebrachte films dienen geregeld vernieuwd of onderhouden te worden. De aanwezigheid van polymeren of wasen in de producten maakt de film licht waterafstotend.

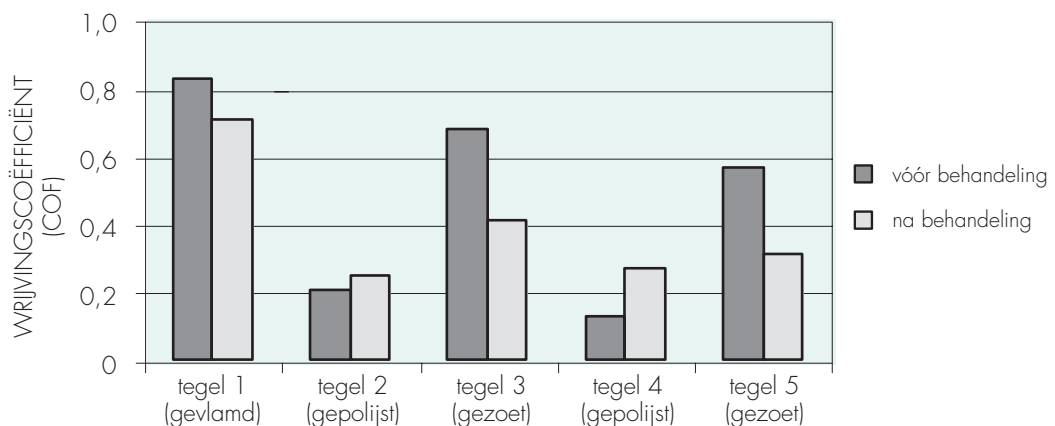
Filmvormende behandelingen kunnen een belangrijke invloed hebben op de slipweerstand (afbeelding 14). In droge omstandigheden blijkt de slipweerstand lichtjes te verslechteren. Dit effect is nog opvallender als de vloer nat wordt : een afname van de slipweerstand met de helft is geen uitzondering. De tegel waarop de behandeling wordt toegepast, speelt hierbij echter een doorslaggevende rol :

◆ tegels met een licht oneffen oppervlak en gezoete tegels van natuursteen krijgen na een filmvormende behandeling een beduidend lagere slipweerstand. Een afname met

Afb. 13 Het effect van een impregneringsbehandeling op de slipweerstand van diverse natuursteenvloeren. De wrijvingscoëfficiënt (COF) werd bepaald op het natte oppervlak.



Afb. 14 Het effect van een filmvormende behandeling op de slipweerstand van diverse natuursteenvloeren. De wrijvingscoëfficiënt (COF) werd bepaald op het natte oppervlak.



50 % is geen uitzondering. De aangebrachte film bedekt immers de oneffenheden, waardoor de tegel gladder wordt

- ◆ bij tegels met een zeer oneffen oppervlak, zoals gevlamde tegels van natuursteen of keramische tegels met een uitgesproken oppervlaktestructuur, hebben filmvormende behandelingen slechts weinig invloed op de slipweerstand. De grote oneffenheden aan het oppervlak van deze tegels worden immers niet door de film bedekt. In een enkel geval bleek de behandeling zelfs een gunstig effect te hebben op de slipweerstand : als de vloer nat was, bleek het licht waterafstotende effect van de film belangrijker te zijn dan de ruwheidsverlaging van de film
- ◆ zeer gladde (gepolijste) tegels ondervinden geen negatieve gevolgen van het filmvormende product. De oppervlakteruwheid wordt immers nauwelijks verminderd door de behandeling, aangezien de ruwheid van de onbehandelde tegels reeds erg klein is. Het is zelfs mogelijk dat de slipweerstand van de vloer licht stijgt door het waterafstotende effect van de film. In bepaalde gevallen noteerden we zowaar een verdubbeling van de slipweerstand.



Afb. 15
Gekristalliseerde vloer. Kristallisatiebehandelingen worden o.a. gebruikt voor de renovatie van vloeren die dikwijls zeer oud kunnen zijn. In dergelijke gevallen wordt de slipweerstand sterk gewijzigd.

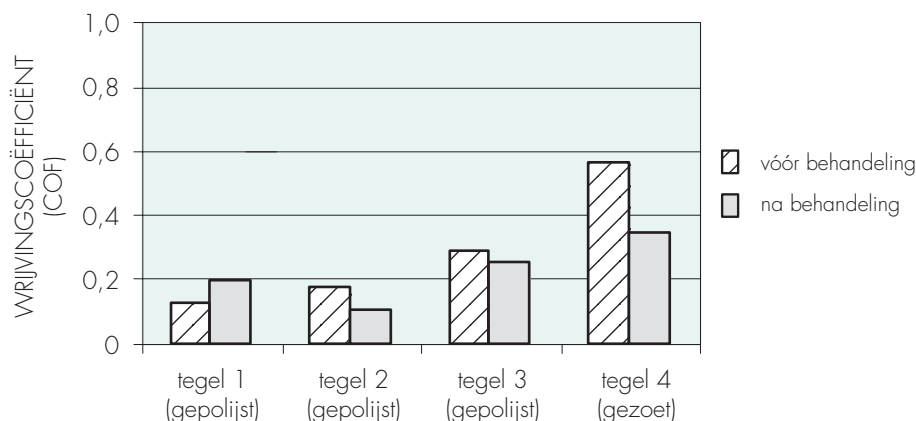
7.3 KRISTALLISATIEBEHANDELING

Deze behandeling wordt toegepast ter bescherming van nieuwe vloeren en ook voor de renovatie van bestaande vloeren die minimaal 75 % calciumcarbonaat bevatten (marmer en kalksteen). De kristallisatievloeistof reageert met het calciumcarbonaat waarbij, naast siliciumdioxide, calcium- en magnesiumfluoride gevormd wordt. De diepte van de behandeling bedraagt enkele tienden van een millimeter. Tijdens de kristallisatiebehandeling wordt het oppervlak ook gepolijst.

De toepassing van een kristallisatiebehandeling

op een reeds gepolijst oppervlak heeft tot gevolg dat het nog gladder wordt. Gepolijste oppervlakken vertonen immers nog steeds een klein aantal oneffenheden, die door de kristallisatie verder worden weggepolijst (afbeelding 15). Experimenten in het laboratorium tonen aan dat de afname van de slipweerstand voor een behandeld oppervlak na bevochtiging tot 40 % kan bedragen (afbeelding 16). Omdat het kristalliseren meestal op een gepolijste ondergrond gebeurt, die toch al te glad is in natte omstandigheden, is deze verslechtering niet meer bepalend. De toepassing van een dergelijke behandeling op een gezoet oppervlak heeft daarentegen grotere gevolgen. De relatief grote ruwheid van een gezoet oppervlak wordt immers volledig tenietgedaan door de behandeling. Aangezien ook het uitzicht van de vloer erg verandert, is een kristallisatiebehandeling op een dergelijk oppervlak meestal niet aan te raden.

Afb. 16 Het effect van een kristallisatiebehandeling op de slipweerstand van diverse kalksteenvloeren. De wrijvingscoëfficiënt (COF) werd bepaald op het natte oppervlak.



BESLUIT

Het kiezen van een voldoende slipvaste vloer is geen eenvoudige zaak, maar is wel noodzakelijk om veiligheidsredenen.

De slipweerstand van een vloer is afhankelijk van tal van factoren. Voor de meting ervan kan men verschillende meetmethoden gebruiken, die echter niet noodzakelijk dezelfde informatie weergeven.

De meest courante meetmethoden voor de slipweerstand zijn de methode van het hellend vlak, de methode met de SRT-slinger en de methode met de dynamische-wrijvingscoëfficiënt. De methode van het hellend vlak sluit het dichtst aan bij de natuurlijke loopwijze van de mens, maar is zeer omslachtig. De bepaling van de wrijvingscoëfficiënt of de SRT-waarde biedt een veel sneller en eenvoudiger alternatief.

De interpretatie van dergelijke metingen is niet altijd eenvoudig. Elke proef geeft namelijk een resultaat voor één bepaald zoolmateriaal en één bepaalde oppervlaktetoestand van de vloer. Het blijft daarom een delicate zaak om extrapolaties te maken naar andere zoolmaterialen en andere oppervlaktetoestanden.

Het gebruik van dergelijke meetresultaten voor de beoordeling van het gebruik in gebouwen is evenmin eenvoudig. Doorgaans beperkt de wetgeving zich tot het voorschrijven van “vol-

doende slipvaste vloeren”, zonder kwantitatieve eisen op te leggen. De bestaande criteria voor de drie vermelde methoden blijken echter vrij betrouwbaar en worden reeds door verschillende instanties aanvaard.

Bij de keuze van een vloer dient de ontwerper voldoende rekening te houden met de omstandigheden waarin de vloer gebruikt zal worden. Het gebruik van een gepolijste vloer in een inkomhal van een gebouw is af te raden, omdat de vloer daar een grote kans heeft om nat te worden, wat een onaanvaardbaar veiligheidsrisico met zich meebrengt. Ook vanuit esthetisch standpunt is dit een minder verantwoorde keuze, omdat dergelijke vloeren zeer snel zichtbare slijtage vertonen.

Men moet eveneens vermijden vloeren uit vrij zachte materialen in drukbelopen zones te plaatsen, omdat deze zeer snel glad kunnen worden.

Ook na het plaatsen van de vloer moet men zijn slipweerstand goed in de gaten houden. Als de vloer oordeelkundig gekozen werd, is een minimum aan onderhoud nodig, zonder bijkomende behandelingen. Indien men toch een extra bescherming dient aan te brengen, moet men eerst nagaan welk effect een dergelijke behandeling op de slipweerstand heeft. Vooral filmvormende beschermingsmiddelen blijken de slipweerstand zeer nadelig te kunnen beïnvloeden. ■

LITERATUURLIJST

- 1** Belgisch Instituut voor Normalisatie
NBN EN ISO 10545-7 Keramiektegels. Deel 7 : bepalen van de oppervlakteslijtsterkte van glazuurtegels. Brussel, BIN, 1999.
- 2** Derler S.
Slip resistance of floors : changes through use and maintenance. Dübendorf (CH), Nachhaltige Material- und Systemtechnik, EMPA, p. 345-357, 2001.
- 3** Deutsches Institut für Normung
DIN 51091 Prüfung von Bodenbelägen. Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft. Naßbelastete Barfußbereiche. Begehungsverfahren. Schiefe Ebene. Berlin, Beuth Verlag, 1992.
- 4** Deutsches Institut für Normung
DIN 51130 Prüfung von Bodenbelägen. Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft. Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit erhöhter Rutschgefahr. Begehungsverfahren. Schiefe Ebene. Berlin, Beuth Verlag, 1992.

- 5** Elsen J.
Oppervlaktafwerking van natuursteen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-tijdschrift, nr. 2, 1999.
- 6** Europees Comité voor Normalisatie
prEN 13552 Ceramic tiles – Determination of coefficient of friction. Brussel, CEN, 2000.
- 7** Europees Comité voor Normalisatie
prEN 14231 Natural stone test methods – Determination of the slip resistance by means of the pendulum tester. Brussel, CEN, 2002.
- 8** Gesetzliche Unfallversicherung
Merkblatt GUV 26.17 Bodenbeläge für naßbelastete Barfußbereiche. München, Bundesverband der Unfallkassen, 1999.
- 9** Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
Merkblatt ZH 1/571 Merkblatt für Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr. Sankt Augustin, HVBG, 1993.
- 10** Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
Übersicht : Fußböden als unfallauslösender Gegenstand. Sankt Augustin, HVBG, 1988.
- 11** International Organization for Standardization
ISO 10545-17 Ceramic tiles – Determination of coefficient of friction. Genève, ISO, norm in voorbereiding, z.d.
- 12** Lichtenberg J. en van Deelen P.
Gids voor afwerkvloeren. Deel 1 : keramische tegels. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Stichting Bouwresearch, 1999.
- 13** Nuvelstijn R.H. en van Deelen P.
Gids voor afwerkvloeren. Deel 2 : natuursteen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Stichting Bouwresearch, 2001.
- 14** Skiba R., Scheil M. en Windhövel U.
Vergleichsuntersuch zur instationären Reibzahlmessung auf Fußböden. Dortmund, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, 1994.
- 15** SYCODES Informations
Mesurer la glissance : un “chantier en cours”. Paris, SYCODES Informations, nr. 70, januari-februari 2002.
- 16** United Kingdom Slip Resistance Group
The measurement of Floor Slip Resistance. Guidelines recommended by the UK Slip Resistance Group. Shawbury/Shropshire, RAPRA Technology Ltd., 2000.