

**<MÄTMETOD FÖR ATT RANKA SULORS HALKEGENSKAPER>****RISE Research Institutes of Sweden AB**  
**Yta, process och formulering - Yt- och processkemi**

Utfört av

Anders Larsson

**Projektgrupp**Anders Larsson  
Anders Svensk  
Johan Andersson  
Viveca Wallqvist  
Stefan Almström**RISE Research Institutes of Sweden AB**Postadress  
Box 5607  
114 86  
STOCKHOLMBesöksadress  
Drottning Kristinas  
väg 45  
114 28  
STOCKHOLMTfn / Fax / E-post  
010-516 50 00  
08-20 89 98  
info@ri.seDetta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE  
i förväg skriftligen godkänt annat.

**Notera följande:**

Slutrapporten är framtagen med ekonomiskt stöd från Trafikverkets Skyltfond. Ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder inom rapportens ämnesområde.

**Sammanfattning av projektet**

Fotgängare är utsatta i trafiken och enligt studier i Lund skadas 13200 personer årligen. Benfrakturer, huvud- och höftskador är inte ovanliga vid falloolyckor och orsakar stora kostnader för samhället. När halkan slår till på vintern kan många tillbud ske på kort tid innan underhållsfordon avlägsnat snö, is och smuts.

Denna studie har visat att friktionsmätning med RISE tribometer med märke Mark II enligt ASTM F2508-16 på ett korrekt sätt kan skilja hala ytor från icke-hala ytor. Ett annat förväntat resultat är att vägytorna är halare på vinterväglag under fryspunkten än över fryspunkten.

Tyvänn visar sig alla undersökta skosulor vara mycket hala på is. Detta visar hur svårt det är för fotgängare att få fotfäste under vinterförhållanden och risken att halka på is är därmed hög. Skosulor med bättre fäste skulle potentiellt kunna minska antalet falloolyckor och spara samhället mycket pengar och personer stort lidande. Vidare skulle skotillverkare kunna profilera sig med att de har skor med bättre fäste än sina konkurrenter.

Metodiken utvecklad i detta projekt skulle användas för att förbättra trafiksäkerheten för fotgängare genom att den uppmuntrar skofabrikanter att utveckla skor med högre friktion under vinterförhållanden.

## Erhållen trafiksäkerhetsnytta

Ungefär 13 200 fotgängare skadas årligen i trafiken enligt studier utförda av Monika Berntman vid Lunds universitet/LTH. När det fryser till på vintern kan halkan slå till och många tillbud ske på kort tid innan underhållsfordon avlägsnat snö och is. I dagsläget finns ingen metod för att utvärdera skors halkegenskaper under vinterförhållanden och knyta det till paneltester utförda på människor. Det finns inte heller någon metod för att särskilja bättre och sämre vinterskor.

I detta projekt (TRV 201686101) har vi använt en amerikansk standardmetod ASTM F2508-16 "Standard Practice for Validation, Calibration, and Certification of Walkway Tribometers Using Reference Surfaces" för att utvärdera en tribometers (friktionsmätare) lämplighet för att mäta friktion av skosulor mot underlag. Metoden har verifierats med referensytor och anpassats för att studera friktion av (ett urval) skosulor som finns på den svenska marknaden på (ett urval av) relevanta underlag av asfalt och betong som används i Sverige. I projektet har vinterförhållanden över och under fryspunkten och ned till  $-20^{\circ}$  C simulerats i laboratorium. Vi har fokuserat på blöta och isiga vägbanor där fotgängare rör sig. Metoden har på ett korrekt sätt kunnat särskilja hala från mindre hala referensytor för samtliga undersökta skosulor. Den är därför en lämplig metod för att studera halka under realistiska förhållanden.

Resultaten visar att samtliga skosulor får ett bra grepp på underlaget över fryspunkten dvs då temperaturen är över noll. Om temperaturen däremot kryper ned under nollan och vatten fryser till is så ändras situationen radikalt. Alla skosulor som testades hade väldigt dåligt fäste och var mycket hala på alla testade vägunderlag. Friktionen blev något bättre (men inte mycket) för vissa skosulor då temperaturen var  $-20^{\circ}$  C istället för  $-5^{\circ}$  C.

Det finns nu en metod på plats för att studera skosulors fäste på vägbanan under realistiska vinterförhållanden. Metoden kan användas för att utveckla en ny generation skosulor med bättre fäste under tuffa vinterförhållanden. Skor med bättre fäste minskar antalet fallolyckor med lidande som följd för den enskilda individen och sparar samtidigt mycket pengar åt samhället. Förhoppningsvis kommer denna studie att inspirera skotillverkare att utveckla skosulor med bättre fäste. Inspiration borde kunna hämtas från fordon- och däckindustri för att få fram lämpliga material och mönstringar för maximalt fäste.

## Bakgrund

Fotgängarna är utsatta i trafiken. Ca 13 200 skadas/år enligt studier utförda av Monica Berntman vid Lunds universitet / LTH. När halkan slår till kan en stor mängd tillbud inträffa på kort tid, innan underhållsfordon hunnit avlägsna snö, frost och is. Halka kan också inträffa under andra årstider än på vintern och orsakas av t.ex. vatten, insektsrester eller löv på beläggningen. Vikten av att ha säkra skor är därför stor för minimering av halkrelaterade tillbud.

På RISE Research Institutes of Sweden pågår studier om säkra skor, främst med avseende på sulans mönstring och isaffinitet. Vidare pågår studier kring halkolyckor vintertid vid bl.a. Luleå Universitet (Glenn Berggård), EMPA (Siegfried Derler) och Universitetet i Toronto [1]. Systematiska tester av skosulor utförs dock inte i Sverige. Det finns en ISO standard; 13287:2012 "Personlig skyddsutrustning - Skodon - Provningsmetod för bestämning av halkskydd" som inkluderar friktionsmätning på keramiska och metalliska material av olika beskaffenhet, som utförs i bl.a. Storbritannien. En annan standardmetod ASTM F2913-17 "Standard Test Method for Measuring the Coefficient of Friction for Evaluation of Slip

Performance of Footwear and Test Surfaces/Flooring Using a Whole Shoe Tester” mäter friktionskoefficienten för hela skor mot testtytor och golv. Ingen av dessa standarder innefattar några mätningar på autentiska vägbeläggningar eller några variationer i temperatur. Den kemiska analys som utförs på skor begränsas till scanning efter vissa toxiska material för exv. ekomärkning. Fabrikanternas kännedom om innehållet i sulorna varierar kraftigt. Där information ändå finns kan receptet bestå av poster där osäkerheten på halter är mycket stor exempelvis 1,3-butadiene-styrene copolymer 50-90%.

I USA förekommer studier angående olycksförlopp och skor i större utsträckning än i Europa på grund av rättskulturen. Man har här föreslagit en metod att uppmäta friktion, där man istället för att mäta absoluta värden, använder mätningar för att ranka material från ej halkning till halkning. Såvitt vi vet har denna metod ännu inte använts med de i svenska vinterskor förekommande material, eller i vintertemperatur.

### Projektets syfte

I nyligen rapporterade projekt Mönsterutformningens och mönsterdjupets påverkan på skors friktion mot markyta (TRV 201477290) och Isfria Skor (TRV 201516008) har skosulors material och utformning undersökt med avseende på friktion. Dock kvarstår frågor angående hur friktion för vinterskor bör uppmätas för att på bästa sätt spegla dess halkegenskaper. Detta projekt (TRV 201686101) syftar till att knyta utförda paneltester med känd utgång till en mätmetod för skosulor, för att säkerställa en korrekt rankning.

### Material & Metoder

#### Material

4 stycken plattor har tillverkats av PEAB och använts i studien. 2 st asfaltsplattor med beteckning grov och fin. Den grova asfalten är en motorvägsasfalt med beteckningen AB 516 och den fina asfalten är cykelvägsasfalt med beteckningen ABT 8 100/150. 2 st betongplattor med beteckning C30/37 grov och fin. Den grova betongen var fördelad med en Piazzakvast medan den fina betongen var fördelad med en spackelspade.

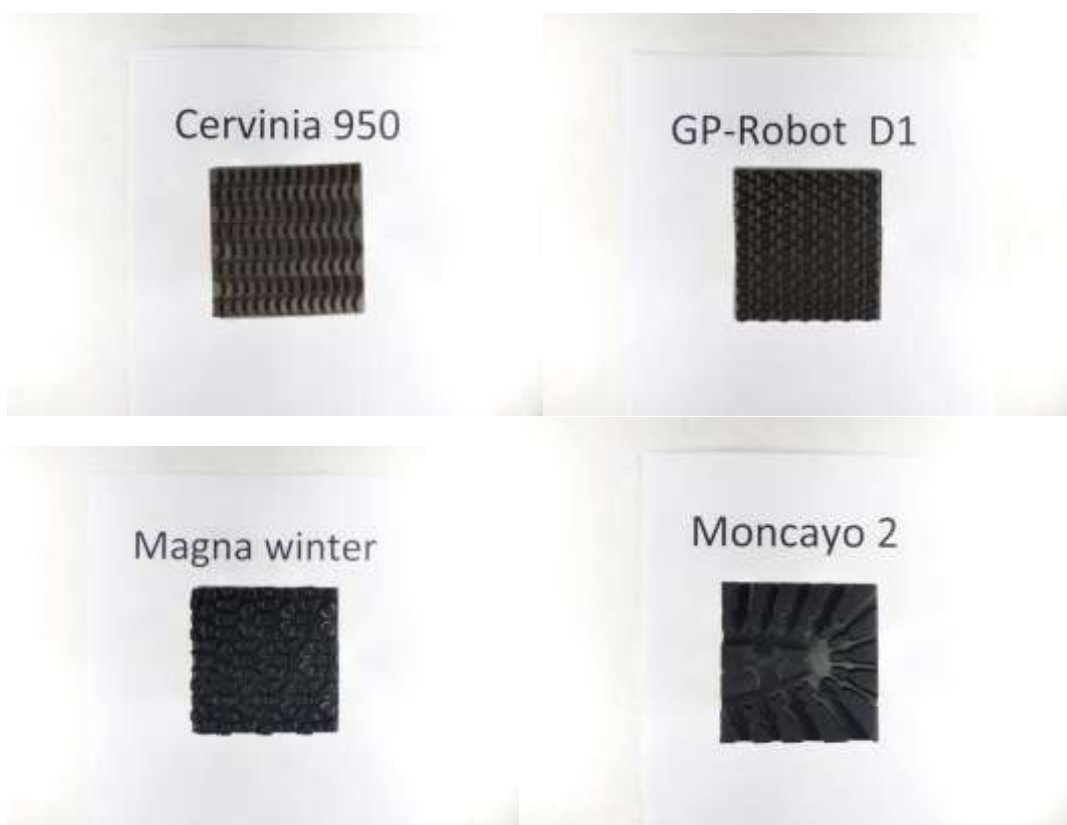


**Figur 1.** Asfaltsytor. Fin asfalt till vänster och grov asfalt till höger.



**Figur 2.** Betongytor. Fin betong till vänster och grov betong till höger.

9 stycken olika slag av sulor inhandlade hos skomakare i Stockholm har använts i studien. Bilder och beteckningar på skosulorna visas nedan.



**Figur 3.** Skosulor från Grevens skomakeri Östermalmstorg.



**Figur 4.** Skosulor från Södermalms skomakeri Folkungagatan.

Prov märkt	Beteckning
A	Moncayo 2
B	Cervinia art. 950
C	Magna winter 317-057
D	GP-Robot D1
E	Vibram Eton. Art.nr. 2055
F	Vibram Ariel
G	Vibram Rokia
H	Svig Moena
I	Svig Monte Rosa

**Tabell 1.** Beteckning av skosulor i försök.

## Metoder

### *Friktionsmätning*

Friktionsmätning sker enligt ASTM F2508-16 ”Standard Practice for Validation, Calibration, and Certification of Walkway Tribometers Using Reference Surfaces”. Den är i sig baserad på en amerikansk studie från 2015 [2] som jämförde friktion av några underlag och olika tribometrar mot hur människor halkar. Friktionen mäts från en skala 0 – 1 där 0 är låg friktion och 1 är hög friktion.

### *Friktionsmätning referensytor*

Friktionsmätning har utförts för samtliga skosulor på 4 referensytor som följde med Tribometern av märket Mark II. Mätningarna utfördes i ett klimatrums vid 23°C och 50 % relativ luftfuktighet. Enligt standarden så blötläggs referensytan av granit med en tensidlösning medan de andra tre referensytorna av porslin, vinyl och keramik blötläggs med vatten. 6 mätningar åt 4 olika håll per skosula har givit totalt 24 mätningar per skosula och underlag. Resultatet anges som medelvärde och standardavvikelse. Förväntningen är att granit ska vara halast och sedan följer porslin, vinyl och minst halt är keramik.

### *Friktionsmätning olika temperaturer*

#### *Mätningar vid +5°C*

Asfalt- och betongplattor ställdes in i kylrummet 6 dagar innan mätningar för att aklimatisera sig. Avjonat vatten ställdes in i kylrummet 2 dagar innan mätning för aklimatisering. För att skapa en vattenfilm på plattorna påfördes vatten med en bred pensel innan mätning. Mängd som behövde läggas på per underlag framgår av tabellen nedan:

Platta	Påförd mängd (g)
Fin asfalt	15-17
Fin betong	10-11
Grov asfalt	16-18
Grov betong	11-14

Temperatur och luftfuktighet i rummet mättes med en Testo mätsond och temperatur på ytorna med en Testo ytsond. Temperatur i rummet var mellan 5-8°C och den relativa luftfuktigheten mellan 66-83 %. Temperaturen på ytorna var mellan 5-6°C.

Friktionsmätningar har utförts med en tribometer av märket Mark II. 1 mätning åt varje håll per skosula och platta gav totalt 4 mätningar per skosula och underlag. Resultatet anges som medelvärde och standardavvikelse.

#### *Mätningar vid -5°C*

Mätningarna utfördes i ett frysrums i Borås. Plattorna ställdes in i rummet dagen innan mätningar gjordes. Avjoniserat vatten penslades med bred pensel på de frusna plattorna och bildade en isfilm på plattorna.

Friktionsmätningar har utförts med Tribometern av märket Mark II. 1 mätning åt varje håll per skosula och platta gav totalt 4 mätningar per skosula och underlag. Resultatet anges som medelvärde och standardavvikelse.

*Mätningar vid -20°C*

Mätningarna utfördes i ett frysrum i Borås. Plattorna ställdes in i rummet dagen innan mätningar gjordes. Avjoniserat vatten penslades med bred pensel på de frusna plattorna och bildade en isfilm på plattorna.

Friktionsmätningar har utförts med tribometer av märket Mark II. 1 mätning åt varje håll per skosula och platta gav totalt 4 mätningar per skosula och underlag. Resultatet anges som medelvärde och standardavvikelse.

*Hårdhetsmätning*

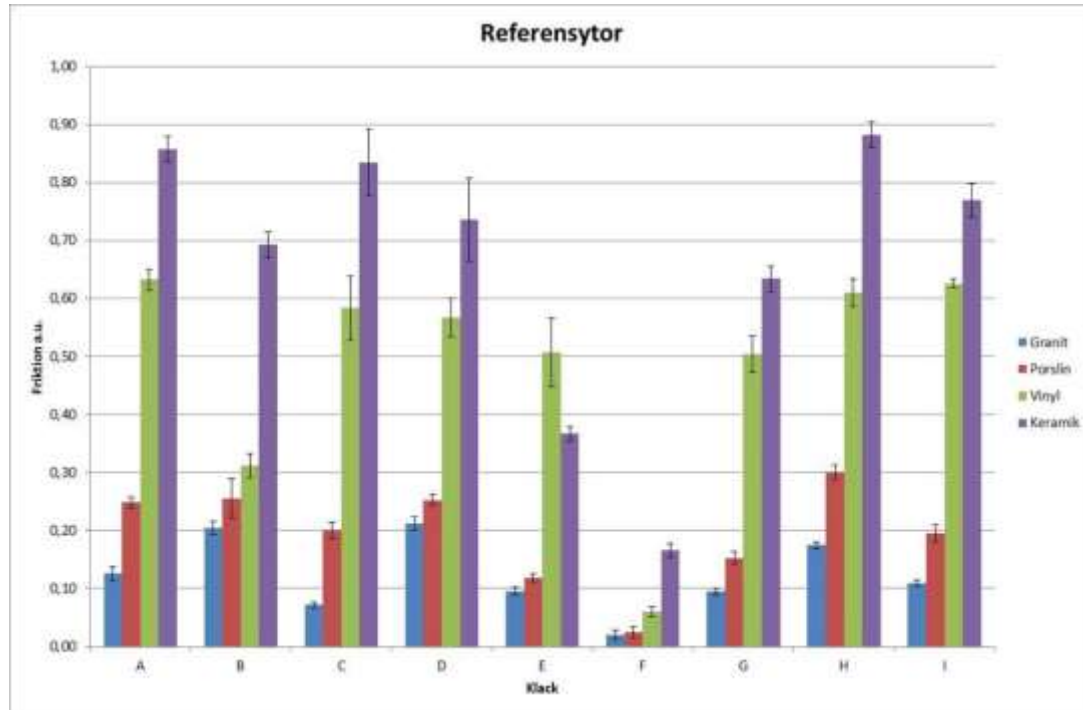
Hårdhetsmätningarna utfördes enligt ISO 7619-1 metod m (Shore A micro). Själva mätningen utfördes i 23 °C. Vid provning i kylt tillstånd ställdes ett klimatskåp bredvid hårdhetsmätaren och proverna lades på 10 mm tjocka stålunderlag som kunde flyttas med vid mätningen. Två mätningar gjordes då under ca 15 sekunder varefter proverna kylde igen. Resultaten är medianvärden av fem mätningar. På alla prov utom D fanns tillräckligt plana ytor för att utföra mätning med god repeterbarhet. På prov D skars plana ytor fram med kniv.

Utrustningen är en Bareiss Digi Test med micro Shore A mäthuvud (Shore AM). Shore AM tillåter mätning ner till tjocklek 1,5 mm.



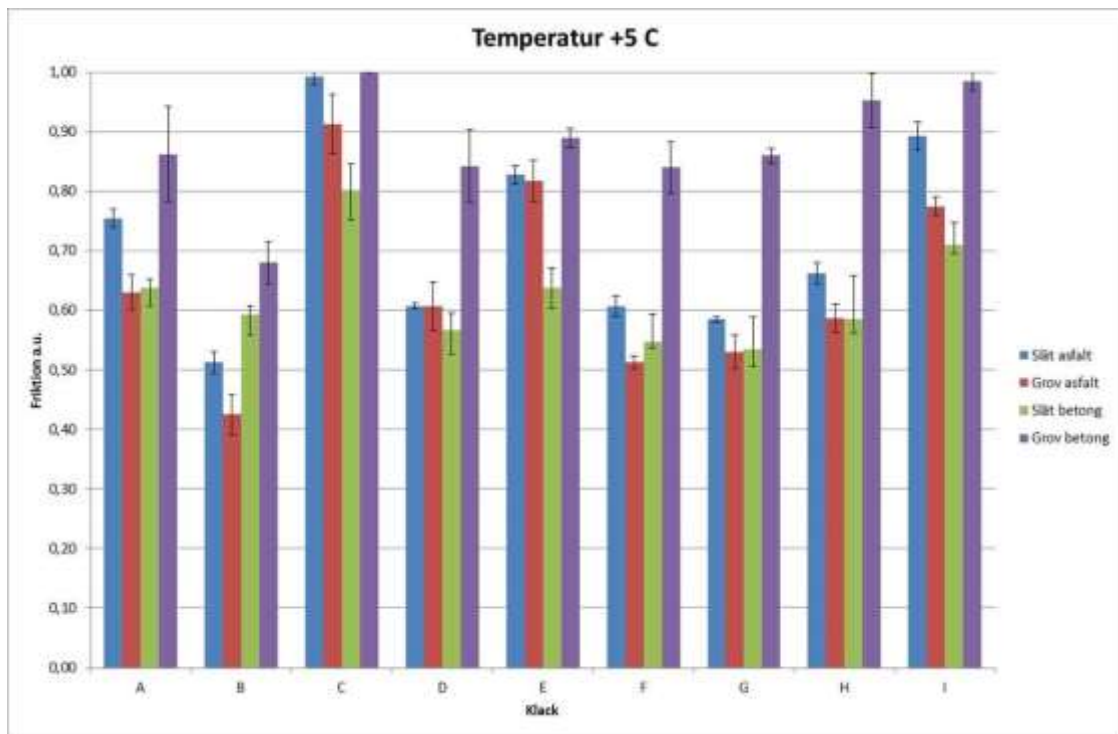
## Resultat & Diskussion

### Friktion referensytor



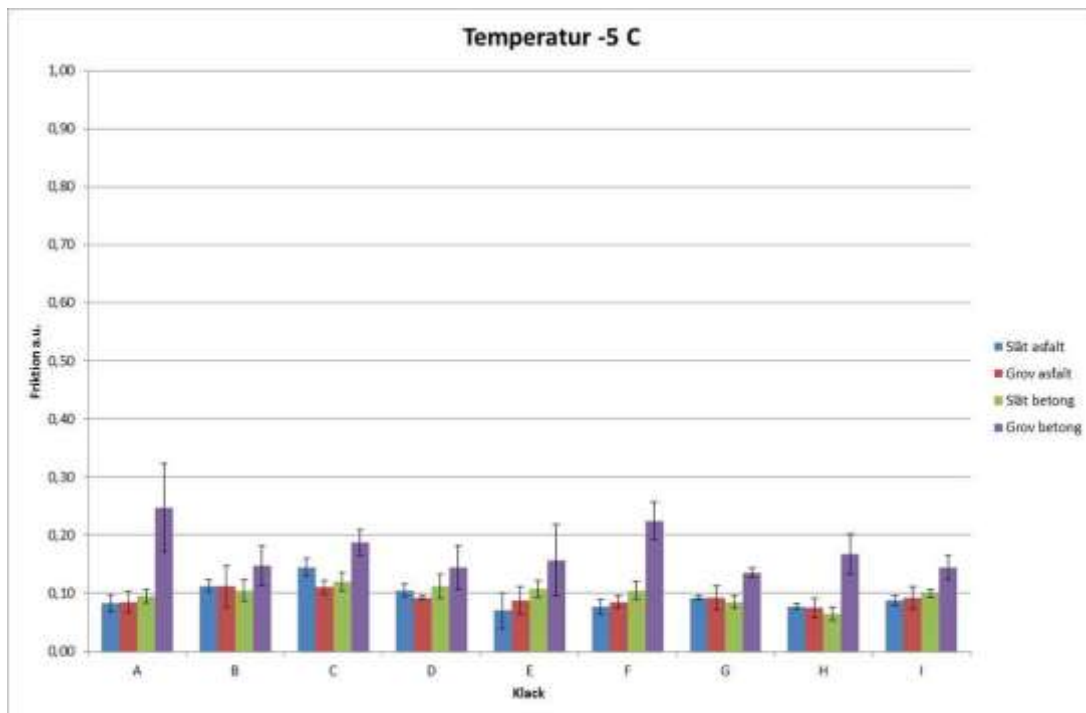
**Figur 5.** Friktion av skosulor på referensytor. Varje mätpunkt består av ett medelvärde och standardavvikelse för 24 mätningar utförda enligt standardmetoden ASTM F2508-16.

Den halaste ytan ska vara granit, näst halast porslin, därefter vinyl och minst hal keramik. För 8 av 9 skosulor fick vi en statistiskt säkerställd skillnad och rätt ordning på halast och minst hal yta. Vi noterar att skosula A (Moncayo 2), C (Magna Winter), D (GP Robot-D1), G (Vibram Rokia), H (Svig Moena) och I (Svig Monte Rosa) har en stor spridning i friktion från granit (halast) till keramik (minst hal). Prov B (Cervinia) har en relativt liten skillnad från granit till vinyl. Prov E (Vibram Eton) har fel ordning på vinyl och keramik och prov F (Vibram Ariel) har låg friktion på alla testade ytor. Utifrån dessa data kan vi konstatera att denna metod rankar skosulor i rätt ordning som funktion av underlag och har potential att skilja mellan bra och dåliga klackar.

*Friktion +5°C*

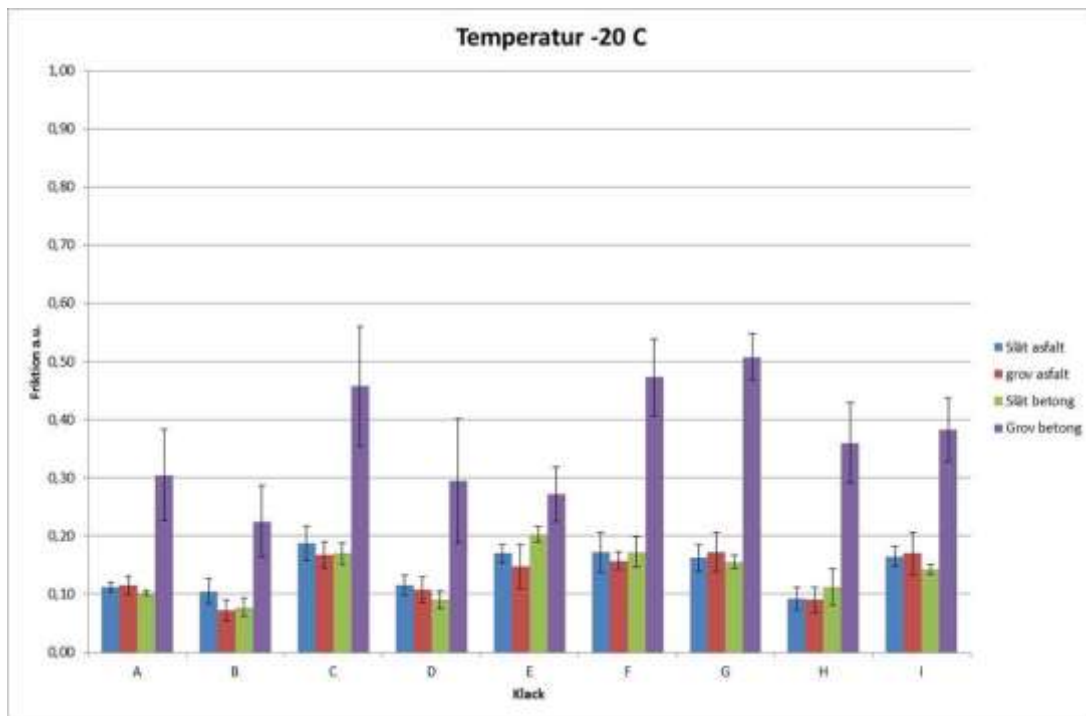
**Figur 6.** Friktion av skosulor vid +5°C för fuktigt underlag. Varje mätpunkt består av ett medelvärde och standardavvikelse för 4 mätningar utförda på 4 olika underlag.

Vi noterar att friktionen på en våt vattenhinna på underlagen ligger mellan 0.5-1 vilket indikerar hög friktion (ej halt). Generellt ger den grova betongen högst friktion vilket beror på en grövre ytstruktur. Högst friktion uppvisar klack C (Magna Winter) och I (Svig Monte Rosa) tätt följd av klack E (Vibram Eton). Klack A (Moncayo 2) och klack H (Svig Moena) kommer därefter. Klack D (GP Robot-D1), F (Vibram Ariel), G (Vibram Rokia), ligger jämnt och lägst ligger klack B (Cervinia) men även den har god friktion i detta test under detta klimat.

*Friktion -5°C*

**Figur 7.** Friktion av skosulor vid -5°C för isigt underlag. Varje mätpunkt består av ett medelvärde och standardavvikelse för 4 mätningar utförda på 4 olika underlag.

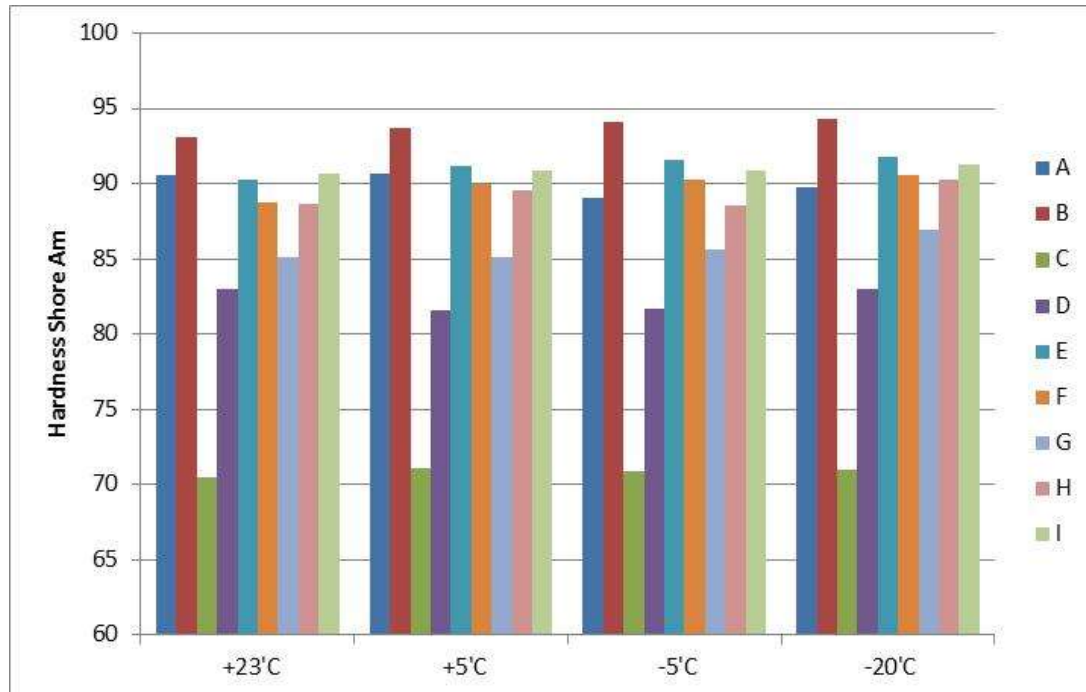
Vi noterar inga friktionsvärden över 0.3 och de flesta ligger runt 0.1 utom för grov betong där det ligger mellan 0.15-0.25. Det indikerar att isen bildar en jämn tunn mycket hal hinna. Det kan jämföras med mätningarna på referensytan granit blötlagd med en tensidlösning för största möjliga halka. Vi ser ingen effekt av val av gummisula och struktur av gummisula. Allting glider väldigt lätt och är mycket halt.

*Friktion -20°C*

**Figur 8.** Friktion av skosulor vid -20°C för isigt underlag. Varje mätpunkt består av ett medelvärde och standardavvikelse för 4 mätningar utförda på 4 olika underlag.

Vi noterar inga friktionsvärden över 0.5 och de flesta ligger runt 0.1-0.2 utom för grov betong där det ligger mellan 0.2-0.5. Isen är inte riktigt lika hal vid -20 som -5°C. Det kan bero på att ingen tunn vattenfilm ligger på isytan vid låga temperaturer och isen blir då mindre hal. Då får skosulor med bättre ytstruktur och gummiblandning chansen att få ett bättre friktionsvärde än andra skosulor. Vi notera att skosula C (Magna Winter), E (Vibram Eton), F (Vibram Ariel), G (Vibram Rokia) och I (Svig Monte Rosa) har bättre friktion medan skosula A (Moncayo 2), B (Cervinia), D (GP-Robot D1) och H (Svig Moena) har lägre friktion och är därmed lika hala som vid -5°C.

### Hårdhetsmätningar



**Figur 9.** Hårdhetsmätningar utförda vid 4 olika temperaturer.

Skorna består av gummi och gummit är ett polymer system som brukar vara mjukt och mer formbart över en temperatur kallad glasövergångstemperaturen. Under denna temperatur brukar gummit vara hårt. Att vi inte ser denna effekt över en så pass brett temperaturintervall som 40 grader är överraskande och inte i linje med tidigare studier. Möjligtvis kan det vara så att tillverkarna av dessa sorters skosulor har designat dem för att ha samma hårdhet över hela temperaturintervallet.

### Diskussion

Vi glädjer oss åt att friktionsmätningar på referensytor ger så tydliga skillnader mellan olika ytor och också mellan skosulor. Vi kan vidare se att det är hög friktion vid plusgrader och låg friktion vid minusgrader och isunderlag. Enligt en lärobok [3] om friktion så kan friktionen mellan skosula och underlag vara en faktor 5-10 gånger större än sommardag än mellan skosula och blankis. Därmed är resultaten helt som förväntat och visar på potentialen av att använda metoden för att gradera olika skosulors halkegenskaper.

Det är däremot olyckligt att se att alla testade skosulor vilka alla förekommer i handeln visar sig vara mycket hala på isunderlag. Det kan indikera att denna fråga inte är prioriterad av skotillverkare utan andra faktorer som mode och design är försäljnings- och utvecklingsdrivande. För samhället är fallskador kostsamma och en metod för att kunna särskilja sämre och bättre skosulor kan tillsammans med att någon skotillverkare intresserar sig för frågan på sikt leda till färre fallskador. Inte minst äldre personer, vilket blir en allt större andel av befolkningen, borde vara intresserade av snygga och mer halksäkra skor för en bättre livskvalitet. Här tror vi det finns både ett samhällsintresse och ett konsumentintresse för att ta fram bättre skosulor med högre friktion. En lämplig metod för utvärdering finns på plats. Gradering av halkegenskaper skulle kunna bygga på referensytornas friktionsegenskaper. Utveckling av skosulor med högre friktion skulle kunna ta inspiration av arbetet inom däckindustrin.

## Slutsatser

Fotgängare är utsatta i trafiken och enligt studier i Lund skadas 13200 personer årligen. Benfrakturer, huvud- och höftskador är inte ovanliga vid fallolyckor och orsakar stora kostnader för samhället. När halkan slår till på vintern kan många tillbud ske på kort tid innan underhållsfordon avlägsnat snö, is och smuts.

Denna studie har visat att friktionsmätning med RISE friktionsmätare av märke Mark II enligt ASTM F2508-16 på ett korrekt sätt kan skilja hala ytor (låg friktion) från icke-hala ytor (hög friktion). Ett annat förväntat resultat är att ytorna är halare på vinterväglag under fryspunkten än över fryspunkten.

Tyvär visar sig alla undersökta skosulor vara mycket hala på is. Detta visar hur svårt det är för fotgängare att få fotfäste under vinterförhållanden och risken att halka på is är därmed hög. Skosulor med bättre fäste skulle potentiellt kunna minska antalet fallolyckor och spara samhället mycket pengar och enskilda individer stort lidande. Vidare skulle skotillverkare kunna profilera sig med att de har skor med bättre fäste än sina konkurrenter.

Metodiken utvecklad i detta projekt skulle användas för att förbättra trafiksäkerheten för fotgängare genom att den uppmuntrar skofabrikanter att utveckla skor med högre friktion under vinterförhållanden.

## Resultatspridning och resultatimplementering

Resultaten diskuterades med Trafiksäkerhetsverkets enhet för Trafiksäkerhet den 29:e November 2017. På sikt planeras resultaten att diskuteras med SKL, kommuner och skotillverkare.

## Referenser

- [1] J. Hsu, Y. Li, T. Dutta, G. Fernie, "Assessing the performance of winter footwear using a new maximum achievable incline method", Applied Ergonomics 50 (2015) 218-225.
- [2] C. M. Powers, M. G. Blanchette, J. R. Brault, J. Flynn, G. P. Siegmund, "Validation of Walkway Slip Resistance Measurements: A Gait Based Approach" (2015).
- [3] S. Jacobsson, S. Hogmark "Tribologi – friktion, smörjning, nötning", Liber Utbildning AB, s. 27 (1996).