

Texturmätning med vägytemätbil, som indikator för beläggnings friktion



Jonas Ekblad
Thomas Lundberg*
Robert Lundström

*VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut

NCC Rapport maj 2015
SBUF projekt nr: 12587

Upplands Väsby 2015

Förord

Alldeles oavsett underliggande orsaker avgörs en vägs funktion av dess ytas egenskaper. Detta gäller i synnerhet för friktion som just är en ytegenskap eller snarare ett förhållande mellan 2 ytor. Av lätt insedda skäl är friktion viktigt, därav detta projekt.

För projektets planering och ledning har främst Thomas Lundberg (VTI) svarat och medel för genomförandet har erhållits från:

- Skyltfonden (Trafikverket)
- SBUF, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond
- Trafikverket

samt VTI och NCC själva.

Dragna slutsatser vilar på en klart formulerad testbar hypotes och ett välplanerat försök, och därmed en solid empirisk grund.

Robert Lundström
R&D Manager
NCC Roads

Sammanfattning

Tillräcklig friktion är en viktig egenskap hos en vägyta. Normal friktionsmätning är omständlig och resurskrävande. Vägytans makrotextur mäts varje år för den större delen av vägnätet. Det skulle därför vara effektivt att använda makrotextur som indikator för nedsatt friktion. I denna rapport studeras sambandet mellan makrotextur och friktion.

Mätningar utfördes på ett riktat urval av sträckor i Östergötland. Urvalet riktades mot låga makrotextur-värden. På identifierade sträckor mättes friktion (SAAB Friction Tester) och makrotextur (MPD, Mean Profile Depth med vägytemätbil). Makrotextur mättes av 2 olika mätare.

Resultaten tyder på att det inte finns något tillräckligt starkt samband mellan friktion och MPD för att användas som indikator. Några generella mönster kan dock skönjas. Låg friktion uppträder främst vid låg makrotextur dock är det samtidigt endast en mycket liten del av sträckor med låga MPD som uppvisar nedsatt friktion.

INNEHÅLL

1. INTRODUKTION	5
2. MÄTNINGAR	6
2.1. PROVSTRÄCKOR	6
2.2. FRIKTIONSMÄTNING MED MÄTBIL	7
2.3. TEXTURMÄTNING MED VÄGYTEMÄTBIL	8
3. RESULTAT	9
3.1. FRIKTION	9
3.2. MAKROTEXTUR, MPD.....	12
3.3. MAKROTEXTUR OCH FRIKTION	14
4. FRIKTIONSHÖJANDE ÅTGÄRDER	18
5. DISKUSSION	22
REFERENSER	24

1. INTRODUKTION

En vägs funktion avgörs av egenskaper hos ytan. Beläggningsfriktion är en central funktionell egenskap hos vägytan. I allmänhet anses friktionen vara den vägyteegenskap som har störst påverkan på trafiksäkerheten. En generell nivå för barmarksfriktionen finns angiven i tekniska regelverk. Friktion finns även kravställt i s.k. funktionsentreprenader eller totalentreprenader med funktionskrav, vilket innebär att entreprenörer får ett ökat ansvar i detta avseende. Av dessa anledningar är detta projekt av stort intresse: möjlighet att, baserat på lättillgängliga vägytemätningar indikera nedsatt, eller risk för nedsatt, friktion.

För storskalig och täckande mätning är traditionell friktionsmätning (enligt Trafikverkets metodbeskrivning, ”Saab friction tester”) opraktisk och kostsam. Projektet avser undersöka om det är möjligt att utnyttja makrotexturmätning (Mean Profile Depth, MPD) med vägytemätbil, för att bedöma risken för låg friktion. MPD är ett mått som omfattar ojämnheter med längder mellan 2,5 mm - 100 mm. En stor fördel med detta är att vägnätet redan finns inmätt genom de årliga vägnätmätningarna. MPD finns för tre spår längs vägen: höger hjulspår, mitt mellan och vänster hjulspår.

Fokus för detta projekt är att undersöka, beskriva och värdera om sambandet mellan friktion och MPD är tillräckligt för att utnyttjas vid friktionsbedömning och om det i så fall kan användas som en övergripande indikator för att via vägnätmätningarna påvisa avsnitt med risk för låg friktion. Tidigare erfarenheter (t.ex. Schmidt och Jensen, 2005) har visat att sambandet i regel är svagt och inte tillräckligt för att ersätta friktionsmätningar med de lättare texturmätningarna. De drar slutsatsen att texturmätningar kan indikera sträckor som sedan kontrolleras med friktionsmätningar men beroende på vilken texturnivå som väljs kommer även sträckor utan friktionsproblem att utlösa mätning på grund av låg textur; det är en balans mellan att sätta texturnivån tillräckligt högt för att hitta merparten av sträckor med friktionsproblem men samtidigt så lågt som möjligt för att reducera antalet friktionsmätta sträckor utan faktiska problem. I Sverige har vi andra beläggningstyper och förmodligen en annan friktionsutveckling beroende på dubbdäcksanvändning. En preliminär analys vid VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) av ett mycket begränsat antal sträckor som både friktions- och texturmätts, indikerar att sambandet mellan textur och friktion eventuellt skiljer vid, för svenska mått, relativt låga MPD-tal, under 0,5 mm.

Grundhypotesen är därför att det är möjligt att utnyttja makrotexturmätning (Mean Profile Depth, MPD) med vägytemätbil till att bedöma risken för låg friktion. Mätningar och efterföljande analys avser att undersöka detta.

Ytterligare ett syfte med projektet är att översiktligt beskriva olika åtgärder som kan användas för att förhöja friktionen för ett vägavsnitt.

2. MÄTNINGAR

Huvudlinjen i undersökningen var att utifrån befintliga vägnätsmätningar identifiera vägsträckor med potentiellt låg friktion och på dessa genomföra riktade mätningar av friktion och textur. Detta medför att mätningarna kan isoleras i tid och rum med stor noggrannhet, vilket ger mätdata av hög kvalitet. Mätningarna analyseras på 1 m-nivå.

Ett urval av utpekade ytor med risk för dålig friktion mättes med VTI:s SAAB Friction Tester (enligt Trafikverkets metodbeskrivning). Samma ytor mättes även avseende textur med VTI:s vägytemätbil och ett för ett antal sträckor repeterades texturmätningen med NCC:s vägytemätbil.

2.1. PROVSTRÄCKOR

Provsträckor valdes baserat på Trafikverkets underhållsstandard, tidigare analyser vid VTI och vägnätsmätningar i Östergötlands län.

En tidigare begränsad analys vid VTI indikerade att det kan finnas en brytpunkt vid texturdjup kring 0,5 mm över vilken låg friktion är mycket ovanligt. I Trafikverkets underhållsstandard (Trafikverket, 2011) varierar tillåtet texturdjup med trafikmängd och hastighet men en skattad genomsnittlig undre nivå är kring 0,35 mm. Under Trafikverkets årliga vägnätsmätningar 2011 mättes i stort sett samtliga belagda vägar i Östergötland. För dessa fanns texturmätningar tillgängliga på 1 m-nivå. Detta material utgjorde grunden för urval av specifika sträckor. Texturgränsen sattes till 0,35 mm för att fånga delar med mycket lite textur och samtidigt ansluta till underhållsstandarderna.

Av alla 2011 års mätningar understeg ungefär 1,6 % av alla MPD-värden (1 m) i höger hjulspår urvalskriteriet ($\leq 0,35$ mm). Andelen under gränsvärdet mellan hjulspår var även det 1,6 % men fördelningen mellan beläggningstyper skiljer något jämfört med höger hjulspår (se Tabell 1). Analys av understigande andel och sammanlängd väglängd för respektive beläggningskategori gav att provsträckor valdes ur 4 beläggningstyper:

- ABT 13 st.
- ABS 12 st.
- Indränkt makadam (IM) 7 st.
- Ytbehandling (Y1) 11 st.

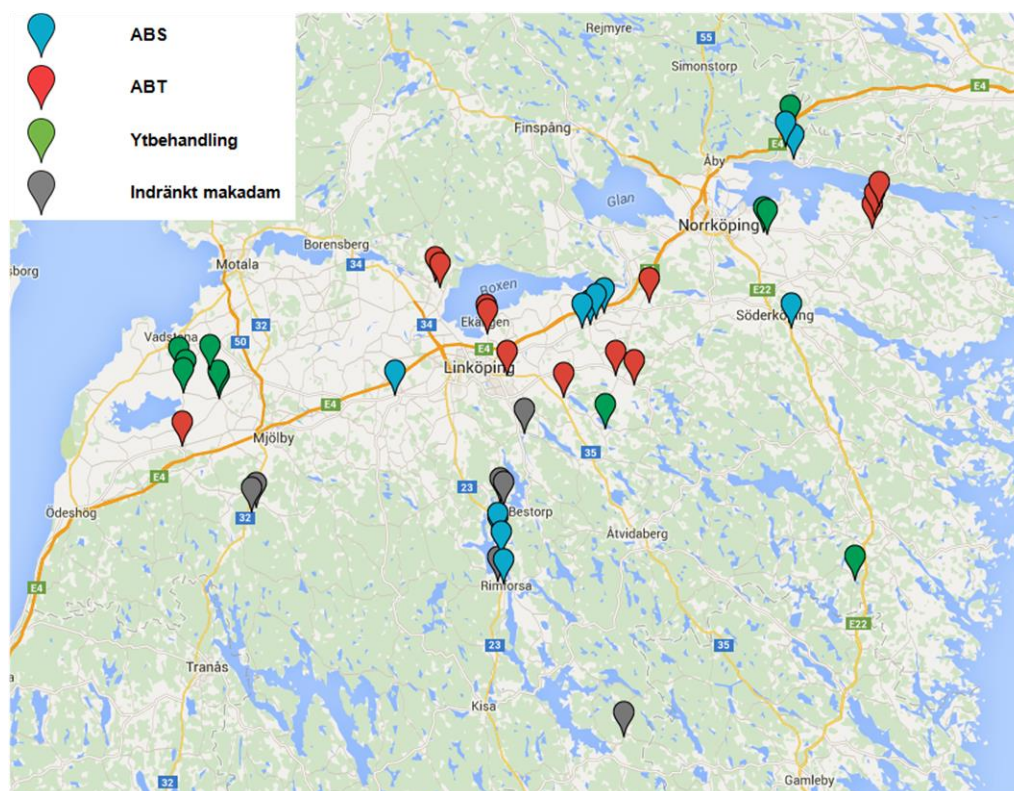
Tabell 1 sammanfattar respektive beläggningstyps andel av gruppen understigande värden för de två olika mätsparerna: mellan hjulspår och i höger hjulspår.

Tabell 1. Andel av sträckor med MPD under 0,35 mm (dvs. andel av de 1,6 % av den totala längden som understiger 0,35 mm)

Beläggningstyp	Mellan hjulspår	Höger hjulspår
ABT	41	30
ABS	15	3
Indräinkt makadam	8	11
Ytbehandling	25	41

För ABT är MPD tämligen jämn mellan höger hjulspår och mellan hjulspår medan det för ABS är ovanligt med låga MPD i hjulspår. För ytbehandlingar är det däremot vanligare med låga MPD i hjulspår.

Figur 1 visar valda provsträckor uppdelade efter beläggningstyp.



Figur 1. Provsträckor efter beläggningstyp.

Längden för varje enskild provsträcka var 500 m och mättes i båda riktningarna 2 gånger. VTI mätte samtliga sträckor (43 st.) både avseende friktion och textur, och NCC mätte 17 sträckor avseende textur.

2.2. FRIKTIONSMÄTNING MED MÄTBIL

Mätningar utfördes i stort enligt Trafikverkets metodbeskrivning (Vägverket, 1990) som bl.a. beskriver mätning med Saab Friction Tester (SFT) som är den

variant som använts in denna undersökning. Figur 2 visar VTI:s mätbil och ett mätspår i höger hjulspår.



Figur 2 Friktionsmätbil (VTI:s SFT) och höger hjulspår efter mätning.

Mätbilen är utrustad med ett mätjul som belastas med en given normalkraft (120 kN) och tvingas rotera med en lägre periferihastighet än fordonets hastighet (17 % lägre). Mätjulets bromsande kraft mäts. Friktion mäts vid 70 km/h och vägytan bevattnas med en 0,5 mm vattenfilm i samband med mätningen.

I denna undersökning mättes friktion i höger hjulspår och mellan hjulspår, och analysen baseras på mätningar på 1 m-nivå, i längsled synkroniserade med texturmätningarna.

2.3. TEXTURMÄTNING MED VÄGYTEMÄTBIL

Texturmätningarna utfördes med VTI:s och NCC:s respektive vägytemätbil: VTIRST (Road Surface Tester) och NCC Profilograf (se Figur 3).

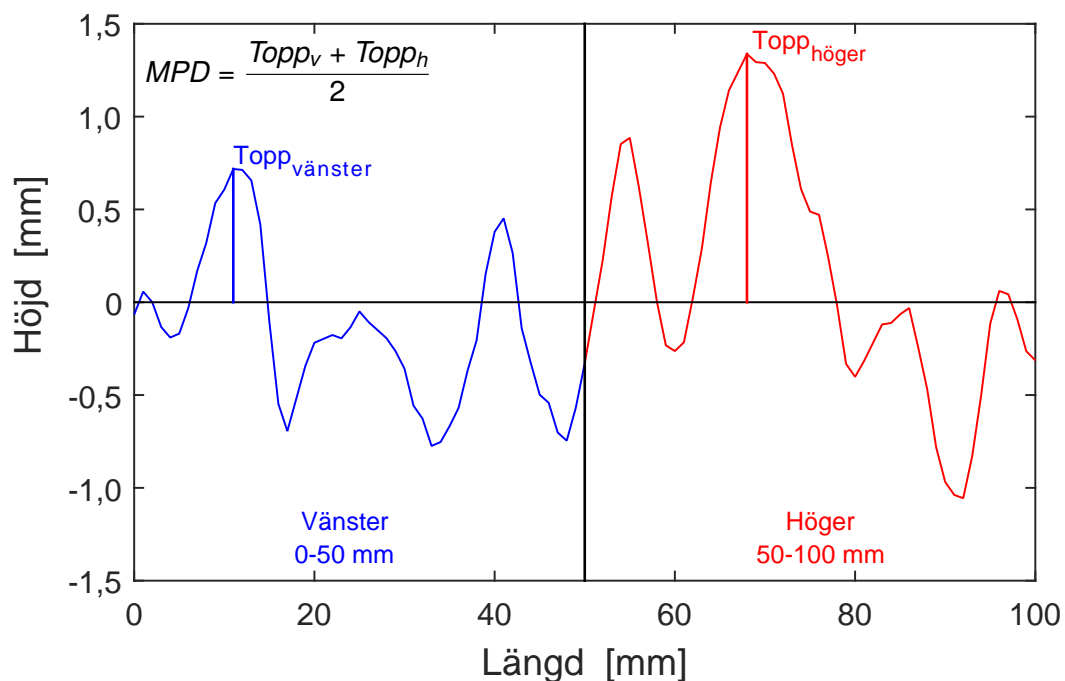


Figur 3 Vägytemätbilar använda i undersökningen: till vänster VTIRST och till höger NCC:s Profilograf.

Mätssystemen kommer från olika tillverkare men är uppbyggda på ett likartat sätt och flera av de huvudsakliga mätgivarna är desamma. Mätningarna utfördes enligt

Trafikverkets metodbeskrivningar (Vägverket, 2009a, 2009b) som beskriver krav på utrustning och förfarande vid insamling av data.

Makrotexturen (Mean Profile Depth, MPD) baseras på den längsgående höjprofilen och bestämningen visas översiktligt i Figur 4.



Figur 4. Bestämning av makrotexturen, Mean Profile Depth (MPD).

MPD bestäms över en profil med längden 100 mm med 1 mätvärde per mm. Profilen centreras kring höjden 0 mm genom att regressionslinjen (linjär regression av höjd som funktion av längd) subtraheras från höjdmätningen och delas sedan i 2 halvor. För varje halva bestäms den maximala höjden från regressionslinjen (kring 0). MPD beräknas som medelvärdet av dessa 2 toppvärden. Makrotexturen redovisas slutligen som medelvärdet över 1 m dvs. medel av 10 enskilda MPD-bestämningar.

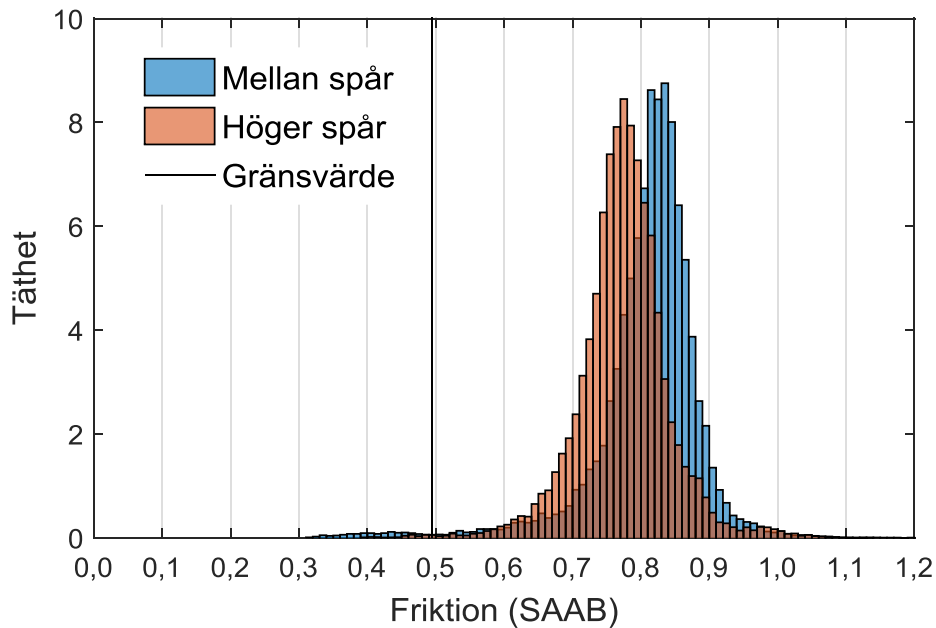
3. RESULTAT

Uppmätta resultat redovisas i 3 delar: sammanfattning av uppmätt friktion och textur (MPD) samt relationen mellan dessa.

3.1. FRIKTION

På alla provytor mättes friktionen 2 gånger, främst för att säkerställa mätkvaliteten och för att eventuellt förklara anomalier. Generellt är mätkvaliteten i denna undersökning hög och resultaten analyseras på översiktlig nivå dvs. enskilda mätsträckor eller delar av mätsträckor granskas inte. Redovisade resultat, både för

friktion och textur, omfattar den 1:a mätningen på respektive provyta. I Figur 5 sammanfattas samtliga friktionsmätningar, knappt 42 km.

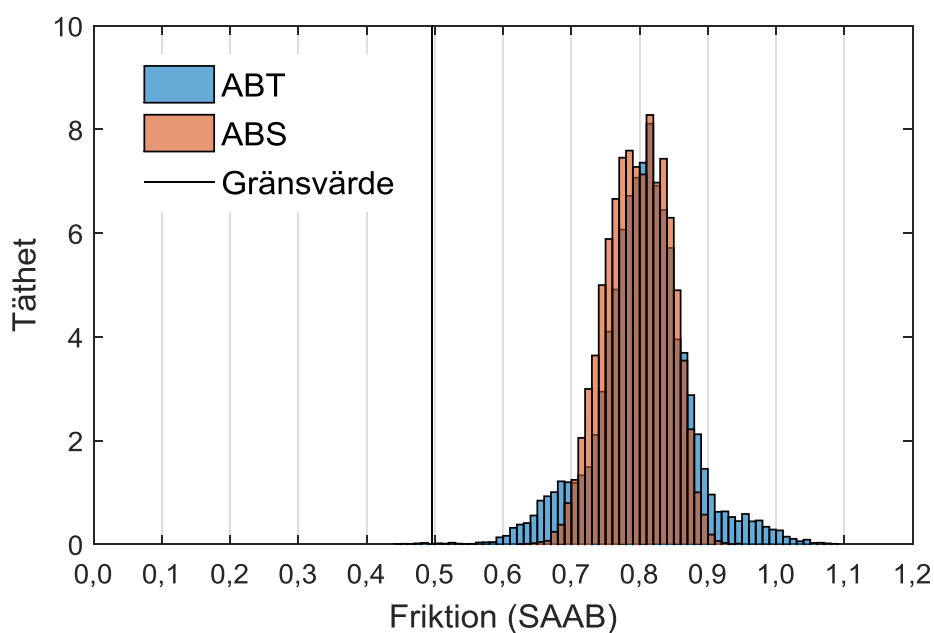


Figur 5. Histogram för samtliga friktionsmätvärden: alla sträckor i (höger) och mellan spår.

Mätningarna redovisade i Figur 5 visar att det är en mycket liten andel av ytan som visar friktion lägre än 0,5. Medelvärdet är strax under 0,8 och marginellt högre mellan spår jämfört med höger hjulspår: 0,81 jämfört med 0,77. Även om medelvärdet mellan spår är något högre är samtidigt andelen under 0,5 något högre: knappt 1,3 % är under 0,5 mellan spår och knappt 0,3 % i höger hjulspår. Av sammanlagt 83 639 m friktionsmätt längd hade 636 m friktion under 0,5.

Vidare återfinns låg friktion ($< 0,5$) endast på beläggningstyperna ytbehandling (Y1) och ABT och för ABT endast i höger hjulspår. Av den totala datamängden är knappt 0,8 % under 0,5 och 80 % av dessa finns mellan hjulspår på ytbehandling.

Fördelningen inom varje beläggningskategori skiljer något. Friktionsvärden för de vanliga beläggningstyperna ABS och ABT visas i Figur 6.



Figur 6. Histogram över samtliga mätvärden (i och mellan spår) för ABS och ABT.

Mätta sträckor med ABS och ABT har i genomsnitt samma friktion men spridningen är större för ABT som då, som tidigare redovisats, innehåller en liten svans, knappt synlig i Figur 6, av värden under 0,5. Det är viktigt att notera att sträckorna är valda efter låga makrotexturvärden och därmed inte kan sägas utgöra generella beskrivningar.

Friktionsmätningarna sammanfattas i Tabell 2 som medelvärde samt andel mätvärden under 0,5.

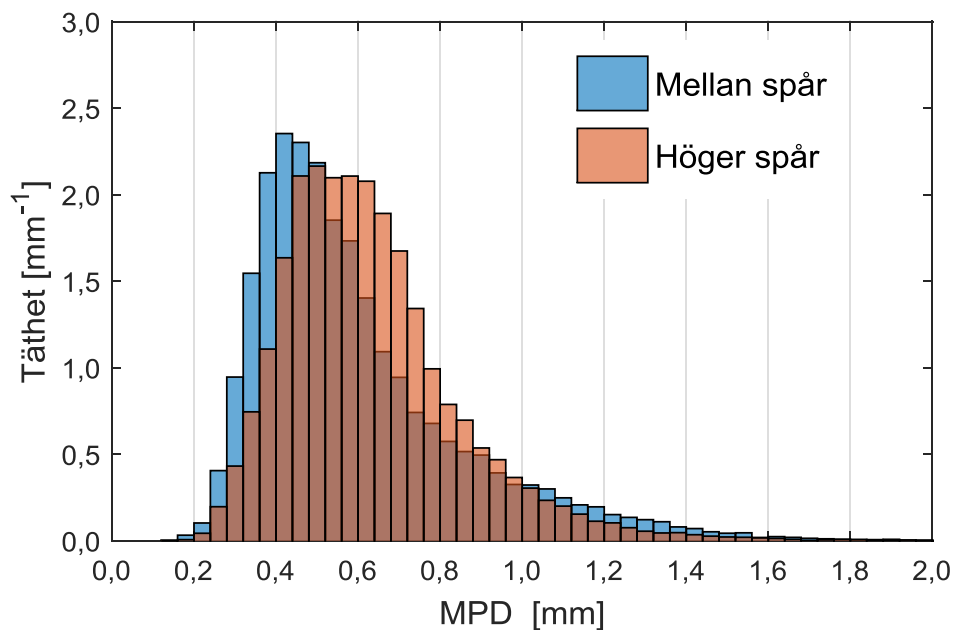
Tabell 2. Sammanfattning av friktionsmätningar efter beläggningstyp

Beläggning	Medelvärde [mm]		Andel < 0,5 [%]	
	Mitt	Höger	Mitt	Höger
ABT	0,84	0,77	0,0	0,0
ABS	0,83	0,77	0,0	0,0
Ytbehandling	0,74	0,75	3,3	0,2
Indränkt makadam	0,84	0,84	0,0	0,0

Av Tabell 2 framgår det att låga friktionsvärden egentligen bara uppmätts på ytbehandlingar mellan hjulspår. Mätningarna av friktion visar att det är endast en mycket liten del för vilken friktionen understiger 0,5 trots att sträckorna är valda efter hypotesen att låg makrotextur kan indikera låg friktion.

3.2. MAKROTEXTUR, MPD

Även makrotexturmätningarna utfördes 2 gånger per mätsträcka. Skillnaden mellan dessa repeterade mätningar är approximativt normalfördelad med medelvärdet 0,00 mm och standardavvikelsen 0,07 mm. Repetitionsavvikelsen varierar något mellan beläggningstyperna men är i absoluta tal mycket liten ($< 0,00$ mm). Redovisade resultat omfattar den 1:a mätningen på respektive provyta. En sammanfattande beskrivning av mätresultaten (VTI som mätte samtliga ytor) visas i Figur 7.



Figur 7. Samtliga mätvärden för makrotextur (MPD) delat mellan spår och i höger spår.

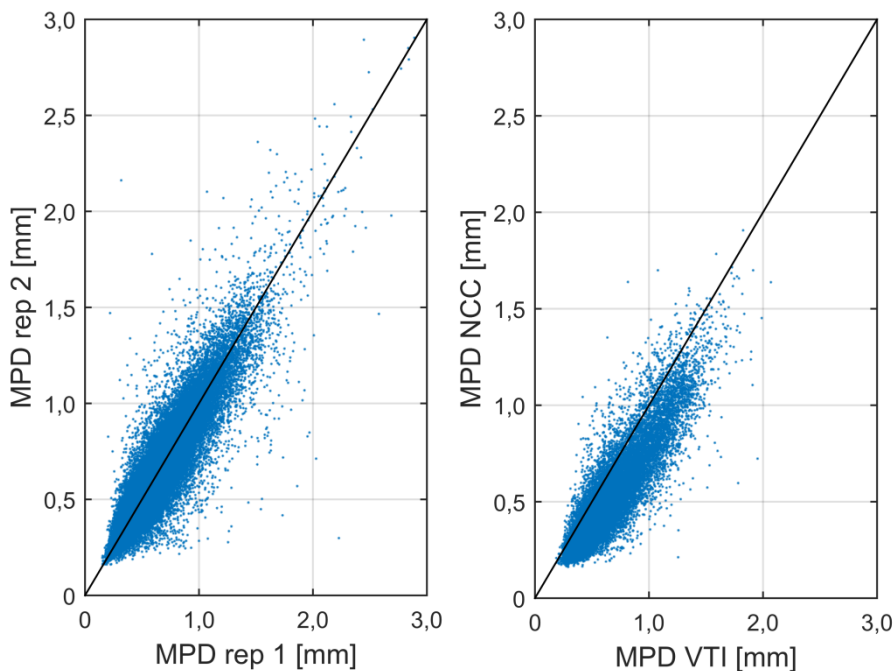
Även avseende texturen är det skillnad mellan mätspåren men i detta fall är genomsnittet högre i höger hjulspår jämfört med friktionen som i genomsnitt var högst mellan hjulspår. Medelvärden har dock begränsat informationsvärde då det, framförallt avseende friktionen, är spridningen och andelen låga värden som är avgörande. Texturen skiljer något mellan beläggningstyperna, vilket visas i Tabell 3 som sammanfattar medelvärden och andelar under det valda gränsvärdet 0,35 mm.

Tabell 3. Sammanfattning av makrotextur (MPD) som medelvärde och andel under 0,35 mm för respektive beläggningstyp

Beläggning	Medelvärde [mm]		Andel < 0,35 mm [%]	
	Mitt	Höger	Mitt	Höger
ABT	0,50	0,59	9,4	8,4
ABS	0,60	0,67	11,9	0,3
Ytbehandling	0,73	0,64	8,6	6,0
Indränkta makadam	0,56	0,62	11,8	4,4

Den beläggningstyp, ytbehandling, som hade störst andel låga friktionsvärden har högst medelvärde för makrotextur och relativt låga andelar under 0,35 mm. Texturen skiljer något mer mellan höger hjulspår och mellan hjulspår jämfört med friktionen. För ytbehandlingarna är texturen något lägre i höger hjulspår medan för övriga beläggningar placeringen mellan hjulspår ger lägre medelvärde.

Utöver att mätas av VTI 2 gånger per mätsträcka, repeterades delar av texturmätningen av NCC (2 mätningar per mätsträcka). En förutsättning för att texturmätningar skall kunna indikera risk för nedsatt friktion är att bestämningen är reproducerbar dvs. skillnaden mellan olika mätare måste vara tillräckligt liten. En jämförelse mellan repeterade mätningar av VTI:s mätbil och reproducerade mätningar av NCC:s mätbil åskådliggörs i Figur 8.

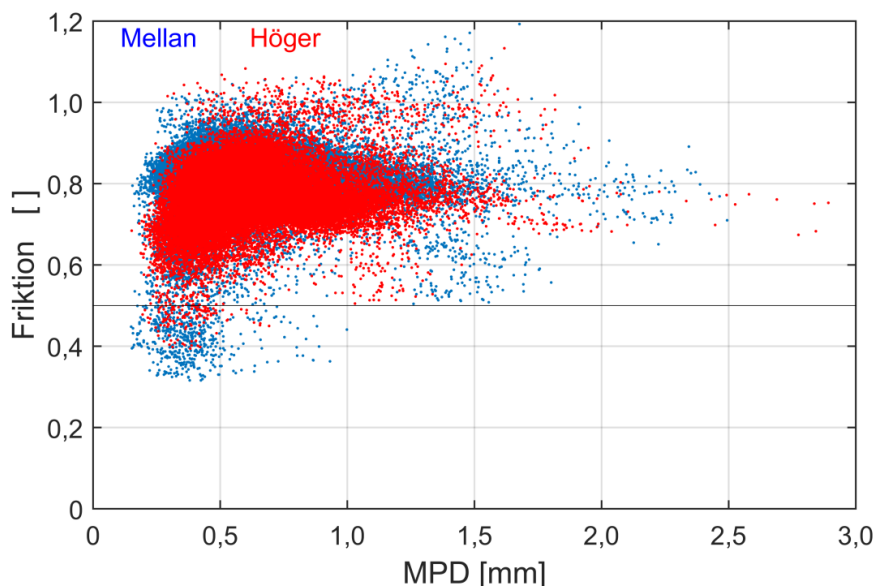


Figur 8. Vänster: VTI:s repeterade mätningar, mätning 2 mot mätning 1; höger: NCC:s mätning 1 mot VTI:s mätning 1. Mätningarna omfattar både höger hjulspår och mellan hjulspår.

Visuellt förefaller mätmolnet vara ungefär lika stort för jämförelsen mellan olika mätare (höger) som för repeterade mätningar av samma mätare. De repeterade mätningarna av VTI är centrerade kring likhetslinjen (lutning 1:1) medan det synes finnas en systematisk skillnad mellan NCC och VTI där NCC:s makrotextur i regel är något lägre. Denna skillnad mellan mätsystem är känd sedan VTI:s tekniska utvärderingar av vägytemätsystem och det finns en bestämd korrektionsfaktor. Efter justering är skillnaden mellan mätare i paritet med skillnaden mellan mätningar för samma mätare. Båda jämförelserna ger ett prediktionsintervall på drygt $\pm 0,18$ mm dvs. en repeterad mätning av samma mätare ger med 95 % sannolikhet ett värde inom $\pm 0,18$ mm från det första värdet; det samma gäller för ny mätning av annan mätare (jämfört med den första mätaren).

3.3. MAKROTEXTUR OCH FRIKTION

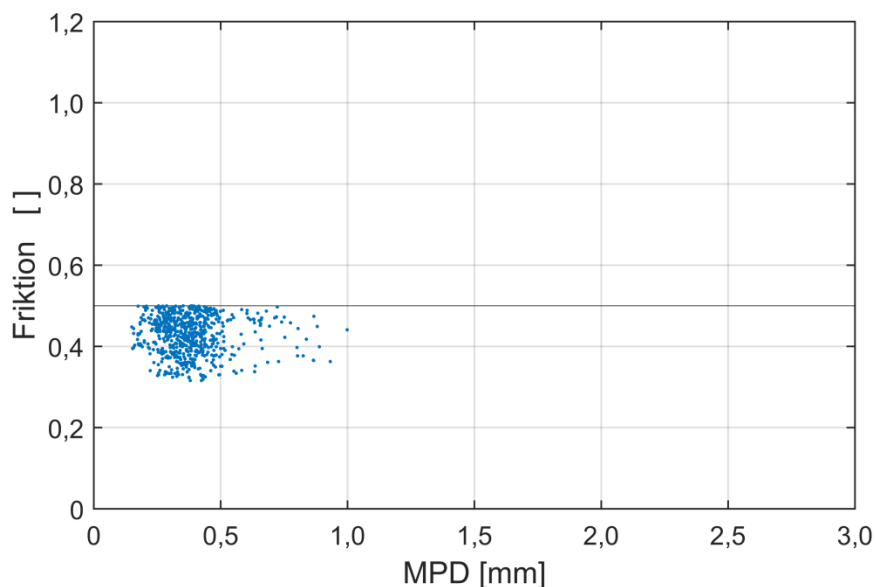
Projektets huvudsakliga syfte var att undersöka relationen mellan friktion och vägytans makrotextur. Makrotexturen mäts årligen på en stor del av Trafikverkets vägar och det skulle därför vara av värde att, i denna datamängd, ha tillgång till en indikator för låg friktion. I denna undersökning har en stor mängd samtidig mätning av friktion och MPD insamlats och samtliga mätpunkter sammanfattas i Figur 9.



Figur 9. Friktion som funktion av MPD för höger hjulspår och mellan spår (1 m-värde, VTI:s mätningar).

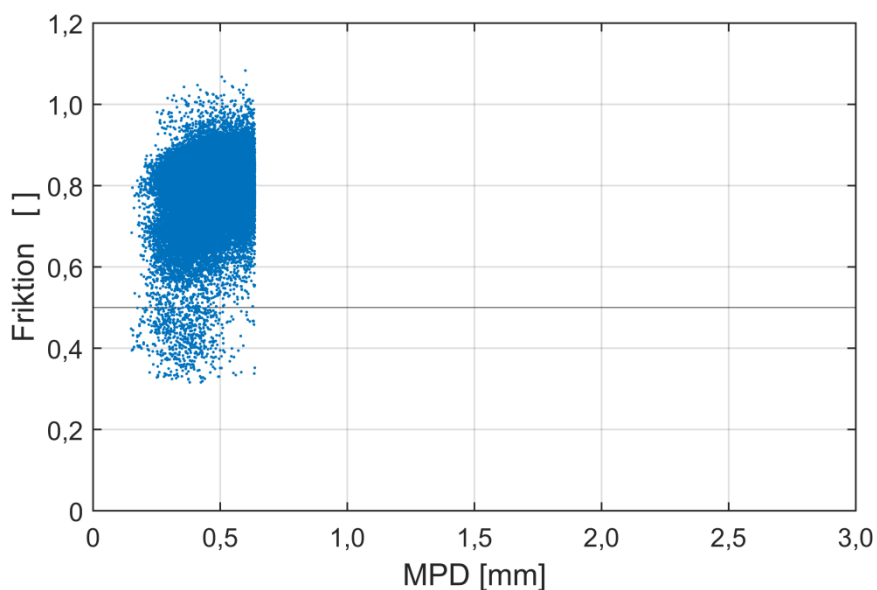
Det är uppenbart i Figur 9 att MPD inte ensamt förklarar friktion; sambandet ser ut att vara svagt och svårt att beskriva med en rimlig statistisk modell. Ett generellt mönster förefaller vara att låg friktion främst observeras på delar med MPD under 0,5 mm. Men det är samtidigt tydligt att för det stora flertalet av

observationer av låga MPD-värden är friktionen större än 0,5. För att studera detta närmare visar Figur 10 endast observationer med låg friktion ($< 0,5$).



Figur 10. Friktion som funktion av MPD för friktionsvärden under 0,5.

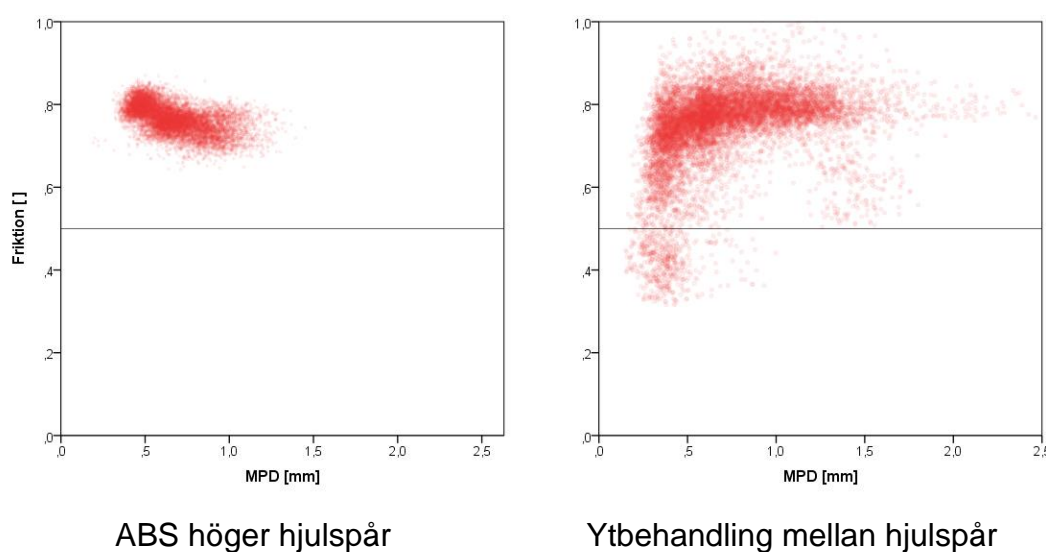
Vi kan här se, det VTI:s preliminära analys indikerade, att huvuddelen av sträckorna med låg friktion återfinns på delar med MPD under 0,5 mm och alla under 1,00 mm: 95 % av låg friktion under 0,64 mm och 99 % under 0,86 mm. För att hitta 95 % av alla ytor med låg friktion behöver vi sätta indikatorgränsen till 0,64 mm. Den totala mängden observationer med textur under 0,64 mm sammanfattas i Figur 11.



Figur 11. Friktion som funktion av MPD för MPD-värden under 0,64 mm (vilket motsvarar MPD-nivån under vilken 95 % av friktionsvärden under 0,5 återfinns).

Endast 1,2 % av mätvärdena i Figur 11 har friktion under 0,5. Även om det finns en (svag) tendens att låg friktion främst förekommer vid låga MPD är det samtidigt endast en mycket liten del av låga MPD som faktiskt har låg friktion.

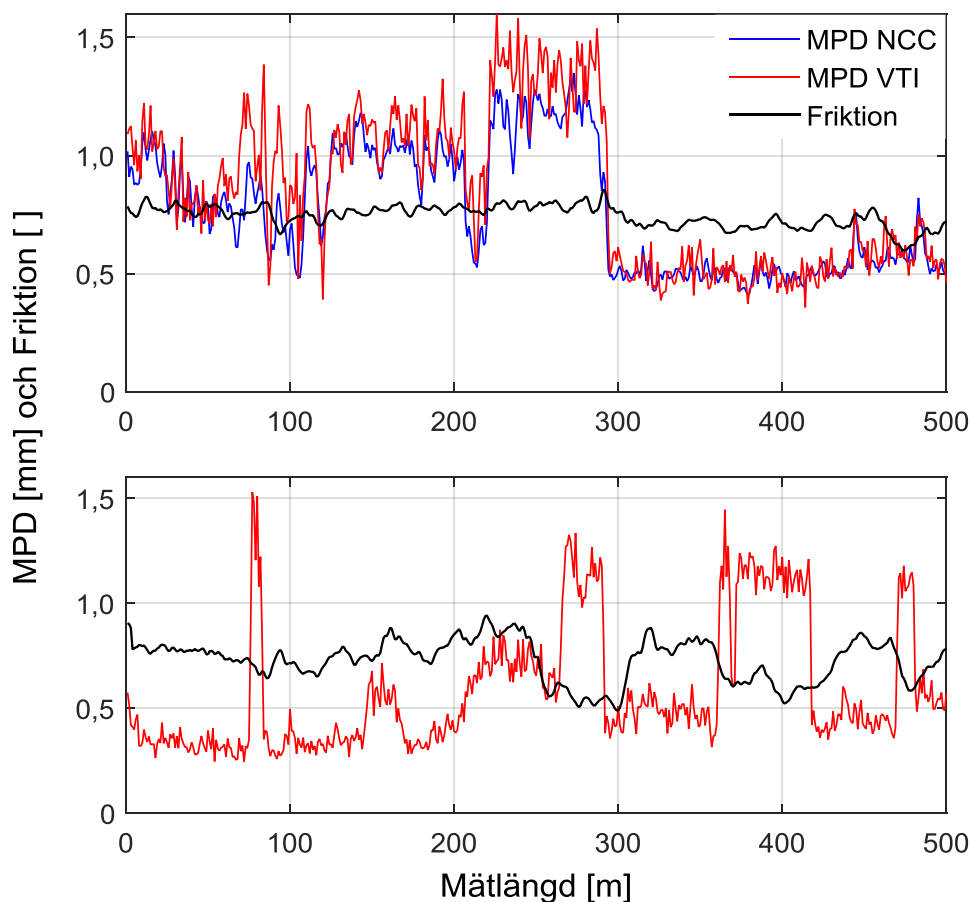
Det är även så att det generella mönster vi observerade i Figur 9 vid en breddad analys varierar med beläggningstyp och med mätposition i tvärled. Då sambandet mellan friktion och MPD (Figur 9) är så pass svagt analyseras inte detta mer i detalj. Förklaringsgraden kan säkerligen ökas något genom en mer komplicerad modell men på bekostnad av större osäkerhet i de enskilda faktorernas påverkan och större osäkerheter i indata vid en prediktion. Några exempel ges dock i Figur 12.



Figur 12. Friktion som funktion av MPD för olika beläggningstyper (1 m-värde).

För ABS i höger hjulspår finns inget samband mellan friktion och MPD annat än en antydning till sänkt friktion med ökad textur. För ytbehandlade ytor återfinns det mönster som tidigare analyserades för MPD under 0,64 mm. Det finns även ett svagt moln av lägre friktion vid MPD kring 1,5 mm. Denna indikation är dock mycket svag. Dessa olika mönster förstärker intrycket av att det saknas entydiga (eller tillräckligt entydiga) samband mellan friktion och makrotextur.

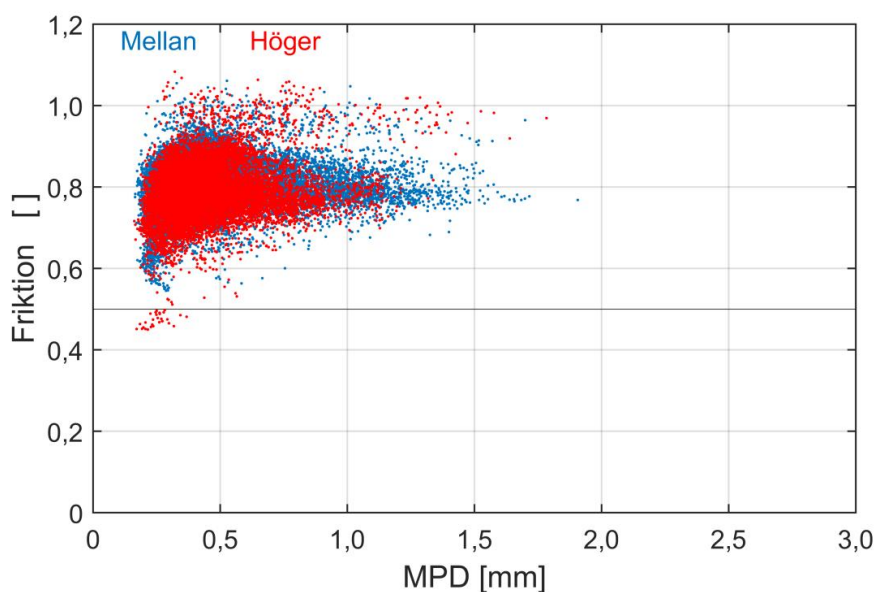
Hittills har analysen behandlat mätningar på en generell nivå. Figur 13 visar 2 exempel på mätningar över specifika provsträckor. Sträckorna är valda efter högst resp. lägst korrelation (Pearson).



Figur 13. Friktion och MPD över mätsträckan med högst (överst, $r = 0,68$) resp. lägst (underst, $r = -0,40$) korrelation (hel sträcka 500 m).

I den övre figuren synes MPD-sänkningen strax innan 300 m uppträda ungefär samtidigt som friktionen sjunker något. Trots att texturförändringen är stor är friktionssänkningen endast marginell. Man kan även notera samstämmigheten mellan VTI:s och NCC:s texturmätning. Den undre delen i Figur 13 visar ett flertal skarpa förändringar av såväl textur som friktion. I detta fall är dock korrelationen negativ dvs. friktionen sjunker med ökat texturdjup. I båda dessa exempel finns det ett samband mellan friktion och textur men i det ena fallet är det positivt dvs. friktionen ökar med ökat texturdjup och i det andra negativt, lägre friktion med högre MPD. För det stora flertalet provsträckor finns det inga tydliga mönster eller samband.

NCC mätte makrotextur på en delmängd av det totala antalet provsträckor och dessa mätningar visas i Figur 14 som friktion mot MPD.



Figur 14. Friktion som funktion av MPD, för höger hjulspår och mellan spår (1 m-värde) NCC.

Mönstret i denna begränsade jämförelse (friktion-NCC MPD) är snarlik den kompletta datamängden i Figur 9. Det är förväntat då resultaten i Figur 8 indikerar att spridningen mellan VTI:s och NCC:s respektive mätning är i paritet med repeterad mätning; faktorn olika mätare (mätsystem) försämrar egentligen inte texturbestämningens precision. Att så är fallet hade varit en viktig förutsättning för en eventuell indikatorns tillförlitlighet och precision.

4. FRIKTIONSHÖJANDE ÅTGÄRDER

Lämpliga åtgärder för att höja vägytans friktion beror dels på symptomen, hur friktionssänkningen yttrar sig, dels på underliggande orsaker, vilka i regel är materialrelaterade. Översiktligt kan nedsatt friktion bero på polerade eller blödande beläggningar. I vissa fall kan även föroreningar som olja och gummirester orsaka nedsatt friktion. Orsaken till polering är främst hög trafikmängd, stenrik beläggningstyp och poleringsbenäget stenmaterial. Poleringsbenägenheten står ofta i kontrast till slitagetåligheten: dubbdäckstålgt material tenderar att vara mer poleringsbenäget. Blödande beläggningar, d.v.s. bindemedelsanrikning i ytan (eller snarare mastix, bindemedel och fint stenmaterial) uppkommer vid låga hålrumshalter, i regel i kombination med förhöjd temperatur och trafikpåverkan. Polerade beläggningar uppkommer efter en tids trafikering medan blödningar kan uppkomma såväl direkt i samband med produktion som efter trafikpåverkan. Orsakerna kan kräva skilda åtgärder.

Det finns en rad tänkbara åtgärder för att höja friktionen:

- avsandning, eller om blödningen uppkommer vid läggningen invältning, av stenmaterial 2/4 eller 4/8 mm
- heating och invältning av stenmaterial eller bituminiserat stenmaterial (2/4 eller 4/8 mm)
- planfräsning och nytt slitlager d.v.s. hela beläggningsslagret ersätts
- ytlig planfräsning, eller s.k. finfräsning alternativt friktionsfräsning, vilket innebär att fräsningen endast är mycket ytlig
- vattenblästring
- slipning
- uppruggning (se Jacobson och Hornwall, 2001; Utterodt, 2000).

En blödande yta kan tillföras stenmaterial genom avsandning eller invältning av krossat stenmaterial. Typiska fraktioner är 2-4 mm alternativt 4-8 mm d.v.s. utan finmaterial. Uppkommer blödningen efter produktionstillfället kan värmning av ytan (heating) erfordras. Planfräsning av varierande djup kan förbättra friktionen hos blödande och polerade ytor. Planfräsningens omfattning kan vara från endast mycket ytlig (grund) till att omfatta hela slitlagret varefter ett nytt slitlager påförs. Vattenblästring är främst lämplig för blödande ytor. Slipning och uppruggning är mer ovanliga som friktionshöjande åtgärd och troligen mer lämplig för polerade beläggningar.

Avseende blödande beläggningar är ofta låg hålrums halt den främsta orsaken: bindemedelsmastixen får inte plats i stenskelettet (stenmatrisen). Låga hålrums halter är i sig en något trivial slutsats, varför man bör söka faktorer som bidrar till ökad risk för alltför låga hålrums halter. I princip kan ett flertal olika faktorer orsaka blödningsproblem, exempelvis massans sammansättning (t.ex. fel typ eller mängd bindemedel), tillverkningsprocessen, utförandet på plats eller klimatrelaterade faktorer (t.ex. längre värmeperioder). Det är i regel svårt att isolera enskilda faktorer som orsak till problem; produktion av beläggning är en komplex process med samverkans effekter som inte alltid är förutsägbara.

Avseende asfaltmassans sammansättning bestäms den i allmänhet genom s.k. proportionering, vilken utmynnar i ett arbetsrecept. Denna proportionering syftar till att ge asfaltmassan volumetrisk sammansättning som svarar mot ställda krav som bl.a. omfattar, motstånd mot permanenta deformationer och sprickbildning orsakad av repeterad belastning, beständighet, vattenkänslighet och friktion. Under proportioneringen måste därför en avvägning mellan kraven ske. Beläggningens hålrums halt påverkas sedan av en mängd faktorer under produktionsprocessen och senare användning: ballast, bindemedel (mängd och kvalitet), transport, läggning, packning, väder, trafik osv.

Blödningar som uppkommer antingen direkt i samband med läggning eller senare under trafikpåverkan kan bl.a. åtgärdas med vattenblästring. Figur 15 visar blödningar som uppkommit i vid läggning.



Figur 15. Blödning i samband med läggning (bild VTI).

En möjlig orsak i detta fall är separation i samband med läggning: det har uppkommit ett stråk med blödande beläggning ungefär mitt i läggardraget. Blödande partier har sedan vattenblästrats. Den visuella effekten visas i Figur 16.



Figur 16. Blödande parti efter vattenblästring (bild VTI).

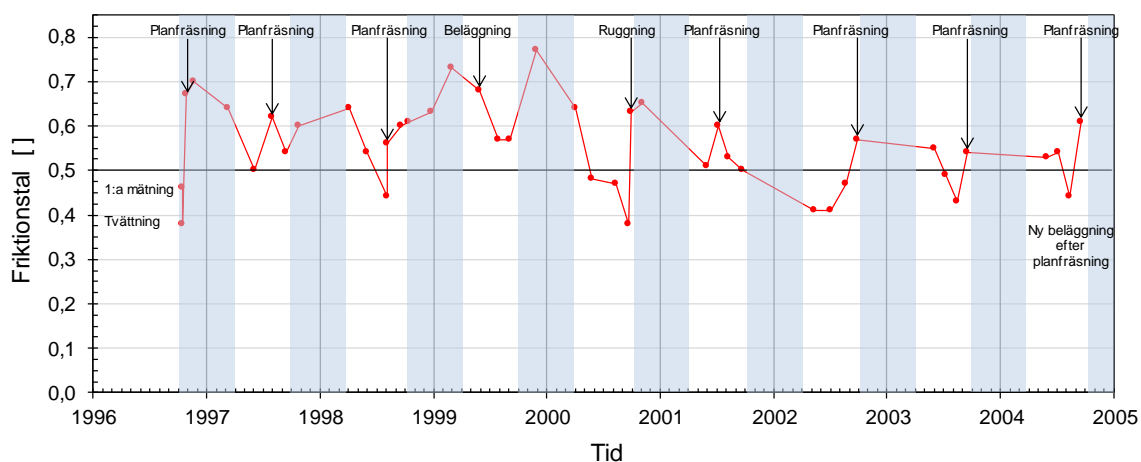
Vattenblästringen har avlägsnat den bindemedelsrika delen och blottat de större stenpartiklarna.

Låg friktion orsakad av polering av ingående stenmaterial uppkommer främst i stenrika beläggningstyper med slitageresistent stenmaterial i kombination med hög trafikbelastning. Polering uppträder företrädesvis vid cirkulationsplatser, på-

och avfarter, snäva kurvor och korsningar, d.v.s. på ytor med högre grad av skjuvande, eller friktionsberoende, belastning: vägytan utsätts helt enkelt för polering. Till detta krävs det dessutom tämligen stora trafikmängder. Eugeniattunneln längs E4 genom Stockholm följdes under en längre tid avseende uppmätt friktion och effekt av olika åtgärder. Mätprogrammet var ambitiöst och omfattade flera mätningar varje år. Resultat från perioden 1996 till och med 2004 finns redovisade i en rad rapporter från VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut). Friktionsmätningar redovisade i:

- Jacobson och Höboda (1997)
- Jacobson och Hornwall (1999)
- Jacobson och Hornwall (2000)
- Jacobson och Hornwall (2001)
- Jacobson (2002)
- Jacobson (2003)
- Jacobson (2004)
- Jacobson (2005)

sammanställs i Figur 17. I denna figur indikeras även utförda åtgärder vars syfte var att förbättra, eller vidmakthålla, friktionen. Åtgärden indikeras vid den tidpunkt den ger utslag i friktionsmätningarna och har utförts någon gång emellan indikerad och föregående mätning. Mätningarna utfördes i samtliga körfält i båda riktningarna men Figur 17 sammanfattar norrgående K1. De övriga fälten visar dock snarlika mönster.



Figur 17. Friktionsmätningar vid Eugeniattunneln (E4 Stockholm, norrgående K1). Vinterperioder (oktober t.o.m. mars) indikeras med färgat fält. (Efter Jacobson m.fl. se avsnitt ovan).

Mätningarna i Figur 17 visar tydliga säsongsvariationer med sjunkande friktion under sommarhalvåret. Under vintern återfås eller bibehålls ett högre friktionstal. Under varje år har någon friktionshöjande åtgärd genomförts. Främst har körfältet planfrästs ytligt. Under 2000 provades en alternativ metod som snarast kan beskrivas som någon typ av uppruggning. Detta sker med en speciell utrustning

som närmast slår upp ytan med en uppsättning stämpelliknande tänder. Fördelen med denna jämfört med planfräsning sägs vara att asfaltlagrens tjocklek inte minskar. Vid ytlig planfräsning minskar asfaltlagrens sammanlagda tjocklek något vilket teoretiskt innebär reducerad livslängd främst avseende sprickbildning. Utrustningen för uppruggning är dock inte lätt tillgänglig. Vid två tillfällen har slitlagret frästs bort och bytts. De grövre fraktionerna i det ursprungliga slitlagret bestod av porfyr. 1999 utfördes nytt slitlager med porfyr med inblandning av kvartsit och 2004 med enbart kvartsit (Jacobson, 2005). Mätningar efter beläggning 2004 finns inte redovisade för norrgående K1.

Erfarenheter från Eugeniattunneln på E4:an vid Stockholm, visar att det är svårt att få beständiga friktionsförbättringar med ytpåverkande åtgärder som finfräsning och uppruggning, när orsaken är polering. Utförda åtgärder har givit temporära förbättringar men krävt årlig upprepning. Beläggningsbytet 1999 synes inte heller ha givit bestående effekt. Jacobson och Hjort (2007) skriver att vid mätningar hösten 2006, efter slitlagerbytet 2004, visar kvartsitbeläggningshögre friktion än ren porfyr och blandningen porfyr/kvartsit. Det framgår dock inte vilka friktionstal som uppnås men enligt författarna uppmättes värden under 0,5 även för denna beläggning.

Sammanfattningsvis är det viktigt att redan från början vara noggrann med materialval och utförande. När problem ändå uppstår finns det en rad åtgärder som kan vidtas.

5. DISKUSSION

Undersökningens grundhypotes, att det är möjligt att indikera risk för nedsatt friktion utifrån makrotexturmätningar, har inte gått att styrka, snarare tvärtom; det finns inget tillräckligt starkt och entydigt samband mellan friktion och textur för att det skall gå att använda.

Det finns en osäkerhet i längssynkroniseringen mellan friktions- och texturmätningarna. Texturmätningarna startades automatiskt vid en utmärkt referenspunkt medan friktionsmätningarna startades manuellt. Till detta kommer eventuellt även en mekanisk tröghet i friktionsmätningarna som inte finns i texturmätningarna, vilket kan ge eftersläpning och minskad upplösning i längsled. Ökad grad av mätvärdesbehandling, som t.ex. förskjutningar i längsled för att maximera korrelation eller olika grad av medelvärdesbildningar, kan användas, vilket möjligen kan förbättra sambanden något. Det finns då en risk att man förstärker samband utan egentlig empirisk grund. Högre grad av medelvärdesbildning kan förmodligen marginellt förbättra förklaringsgraden men man förlorar då samtidigt upplösning: det blir svårare att identifiera korta partier med nedsatt friktion. Och det är kanske just de som det är angeläget att hitta. Detta medförde att den statistiska bearbetningen begränsades; bedömningen var

att det inte är meningsfullt att konstruera en omfattande statistisk modell för att marginellt förbättra förklaringsgraden.

Baserat på undersökningar redovisade i denna rapport kan följande slutsatser dras:

- det finns inget entydigt samband mellan friktion och makrotextur men:
 - låg friktion förekommer främst vid låga MPD men samtidigt är det endast en mycket liten del av låga MPD som faktiskt har låg friktion
- makrotexturen är inte en effektiv indikator för låg friktion.

REFERENSER

- Jacobson, T. och Höbeda, P. 1997. *Polering av asfaltbeläggning- friktionsmätningar hösten 1996*. VTI notat 11-1997. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Jacobson, T. och Hornwall, F. 1999. *Polering av asfaltbeläggning. Friktionsmätningar 1997-1998*. VTI notat 6-1999. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Jacobson, T. och Hornwall, F. 2000. *Polering av asfaltbeläggning. Friktionsmätningar 1999*. VTI notat 33-2001. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Jacobson, T. och Hornwall, F. 2001. *Polering av asfaltbeläggning: friktionsmätningar i Stockholm 1997-2000*. VTI notat 17-2001. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Jacobson, T. 2002. *Polering av asfaltbeläggning. Friktionsmätningar 2001 i Stockholm*. VTI notat 25-2002. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Jacobson, T. 2003. *Polering av asfaltbeläggning. Friktionsmätningar i Stockholm 2002*. VTI notat 25-2003. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Jacobson, T. 2004. *Polering av asfaltbeläggning. Friktionsmätningar i Stockholm 2003*. VTI notat 30-2004. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Jacobson, T. 2005. *Polering av asfaltbeläggning*. VTI notat 12-2005. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Jacobson, T. och Hjort, M. 2007. *Polering av asfaltbeläggning*. VTI notat 25-2007. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Schmidt, B. och Jensen, B. R. 2005. *Friktion og MPD-tal*. Vejteknisk Institut Notat 33. Vejdirektoratet, Roskilde.
- Trafikverket. 2011. *Underhållsstandard belagd väg*. Trafikverket Publikation 2012:074.
- Utterodt, R. 2000. Wiederherstellung der Griffigkeit von Straßenoberflächen- Das Helmus-Grip-2-Verfahren. *Tiefbau* 112 (12):766-769.
- Vägverket. 1990. *Bestämning av friktion på belagd yta*. Metodbeskrivning 104, Vägverket Publikation. nr 1990:17.
- Vägverket. 2009a. *Vägytemätning med mätbil; vägnätsmätning*. VVMB 121. Vägverket, Publikation. nr 2009:78.
- Vägverket. 2009b. *Vägytemätning med mätbil; objektmätning*. VVMB 122. Vägverket, Publikation. nr 2009:79.