



Provningsjämförelse

Prallmetoden EN 12697-16:2016

Andreas Waldemarson
Leif Viman

Provningsjämförelse

Prallmetoden EN 12697–16:2016

Andreas Waldemarson

Leif Viman

Författare: Andreas Waldemarsson, VTI, <http://orcid.org/0000-0001-7024-9395>,
Leif Viman, VTI, <http://orcid.org/0000-0002-3648-3759>
Diarienummer: 2015/0515–9.2
Omslagsbilder: Andreas Waldemarsson
Tryck: VTI, Linköping 2017

Förord

Denna ringanalys har planerats av en arbetsgrupp inom Metodgruppens asfaltutskott bestående av Kenneth Lind (Trafikverket), Andreas Waldemarsson (VTI), Katarina Ekblad (Skanska), Khalid Kader (NCC) och Lars Jansson (Peab Asphalt).

Ett stort tack till alla som bidragit med idéer och kloka synpunkter!

Linköping, februari 2017

Andreas Waldemarsson
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Extern peer review har genomförts av arbetsgruppen (se förordet). Andreas Waldemarson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Björn Kalman har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 3 mars 2017. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

External peer review was performed by working group (see foreword). Andreas Waldemarson has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Björn Kalman examined and approved the report for publication on 3 March 2017. The conclusions and recommendations expressed are the authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	7
Summary	9
1. Inledning	11
2. Genomförande	12
2.1. Deltagande laboratorier	12
2.2. Provmaterial	12
3. Resultat	13
3.1. Enskilda värden	14
3.2. Medelvärden	15
4. Statistisk utvärdering	16
5. Diskussioner och slutsatser	17
6. Förslag till förbättringar	18
Referenser	19
Bilaga 1. Inbjudningsbrev	21
Bilaga 2. Följebrev inklusive resultatmallar	23
Bilaga 3. Skrymdensitetsbestämningar och beräknade Prallvärden	25
Bilaga 4. Enskilda värden och medelvärden	27

Sammanfattning

Provningsjämförelse – Prallmetoden EN 12697–16:2016

av Andreas Waldemarsson (VTI) och Leif Viman (VTI)

Denna provningsjämförelse har främst utförts för att bedöma om de förändringar som införts i den senaste versionen av Prallstandarden, EN 12697–16:2016, har förbättrat precisionen i metoden. 22 laboratorier har deltagit, 16 svenska och 6 laboratorier från övriga nordiska länder, där dubbtrafik förekommer. Resultaten visar att spridningarna i resultat mellan de olika laboratorierna ligger på ungefär samma nivå som vid tidigare ringanalyser trots att åtgärder vidtagits för att förbättra precisionen i metoden.

Repetierbarhet (r) och reproducerbarheten (R) har till och med blivit något sämre i denna ringanalys. Standarden anger en repeterbarhet på 15 procent och en reproducerbarhet på 27 procent, medan denna ringanalys gett 18 och 33 procent för motsvarande parametrar.

Om en jämförelse görs med förra ringanalysen på bara de laboratorier som deltog då och tar ut de resultat som samma laboratorier rapporterat nu, blir bilden en något annan. Repeterbarheten (r) och reproducerbarheten (R) ligger då på 17 respektive 23 procent vilket är mycket närmare det standarden anger.

Orsaken till den något sämre precisionen när samtligas resultat beaktas är svår att avgöra, men några faktorer som kan ha betydelse är:

- Att de åtgärder som vidtagits i standarden för att förbättra precisionen inte riktigt nått ut. Vi bedömer att det är svårt att till exempel köpa stålkulor med rätt kvalitet avseende stålqualität och hårdhet. Det är många parametrar som är ganska svåra att ha under uppsikt under hela provningen, till exempel vattenflöde och temperatur, men även slaghöjd med mera, kan vara svåra att mäta på ett relevant sätt.
- Att det är svårt att uppskatta den spridning som finns i de enskilda provkropparna. Även om man tillverkar dem noggrant och beräknar skrymdensiten, så kan det finnas andra faktorer som gör dem olika och påverkar spridningsbilden, till exempel mängden grov sten i ytan på provkropparna.

Summary

Proficiency testing - Prall-method EN 12697–16:2016

by Andreas Waldemarson (VTI) and Leif Viman (VTI)

This proficiency testing has mainly been carried out to assess whether the changes introduced in the latest version of the Prall Standard, EN 12697–16: 2016, has improved the precision of the method.

22 laboratories participated, 16 Swedish and 6 from other Nordic countries, where the studded tires occur. The results show that the spread in the results between different laboratories is around the same level as in previous round Robin tests despite measures taken to improve the precision of the method.

Values of repeatability and reproducibility has even become slightly worse in this round robin test. The standard specifies a repeatability of 15 percent and a reproducibility of 27 percent, while this round robin test gave 18 and 33 percent for the corresponding parameters.

If a comparison is made with the last round robin test on only those laboratories that participated at that time and take out the results from the same laboratory reported now, the picture is somewhat different. The repeatability (r) and reproducibility (R) is then located at 17 and 23 percent, which is much closer to what the standard specifies.

The reason for the somewhat poorer accuracy when all laboratories results are taken into account is difficult to determine, but some factors that may be important are:

- That the actions taken in the standard to improve the precision not quite reached out. We believe that it is difficult, for example, to buy steel balls with the correct quality regarding steel quality and hardness. There are many parameters that are quite difficult to be monitored during the entire test, for example, water flow and temperature, but also stroke height, etcetera, can be difficult to measure in a relevant way.
- That it is difficult to estimate the variation that exists in the individual specimens. Even if they are manufactured carefully and take into account the bulk density. Maybe there are other factors that make them different and affect the variation in result, such as the amount of coarse aggregate in the surface of the specimens.

1. Inledning

Det genomfördes en ringanalys på Prallmetoden 2013 på den då gällande versionen EN 12697–16:2004. Efter detta har ett omfattande revideringsarbete utförts i ett samnordiskt projekt inom Nord FoU vilket rapporterades 2015 [1]. Ett antal förändringar och förtydliganden har införts i den nya versionen av Prallmetoden som kommit ut under 2016 med benämningen EN 12697–16:2016 [2]. Syftet med denna ringanalys som genomförts under hösten 2016 är dels att se hur väl laboratorierna kan hantera denna metod, men också för att kunna bedöma om de förändringar som införts påverkat metodens precision i en positiv riktning.

Deltagande laboratorier kommer från alla nordiska länder där man använder dubbdäck, dvs. utöver svenska laboratorier har laboratorier från Norge, Island och Finland deltagit.

2. Genomförande

Inbjudan till laboratorierna gick ut i september 2016 (bilaga 1). Tillverkning av provkroppar, utskick av prover och insamling av resultat utfördes under oktober–november 2016. Provkropparna, bestående av tre olika beläggningstyper, tillverkades hos tre olika entreprenörer och skickades till VTI. Proverna var då redan märkta och grupperade efter skrymdensitet. VTI distribuerade provkropparna till respektive laboratorium och bifogade samtidigt ett följebrev med information om hur ringanalysen skulle utföras och dokumenteras. (bilaga 2).

2.1. Deltagande laboratorier

Genom kontakter främst via CEN-arbetet och tidigare samarbete i Nord FoU-projektet om Prall 2013 inbjöds även laboratorier från de övriga nordiska länderna att delta i denna ringanalys.

Totalt har 22 laboratorier deltagit, varav 6 kommer från övriga nordiska länder.

Tabell 1 Deltagande svenska laboratorier

Företag, ort	Företag, ort	Företag, ort
Asfalt och Stenkontroll, Hok A	Peab Asfalt, Helsingborg A	Skanska, Räppe A
NCC, Hisings Kärra A	Peab Asfalt, Hisings backa A	Svevia, Jönköping A
NCC, Karlstad A	Peab Asfalt, Västberga	Svevia, Umeå A
NCC, Linköping A	Skanska, Gunnilse A	Svevia, Kungälv A
NCC, Södra Sandby A	Skanska, Malmö A	VTI, Linköping A
NCC, Umeå A		

A/ Ackrediterad för Prallmetoden

Tabell 2 Deltagande laboratorier från övriga nordiska länder

Finland	Norge	Island
Aalto University, Espoo	Statens vegvesen, Tiller	Innovation Center, Reykjavík
Mitta, Maantiekylä	Veidekke, Trondheim	
NCC, Raisio		

2.2. Provmaterial

Ambitionen vid planeringen av denna ringanalys har varit att prova de beläggningstyper som idag är aktuella på det högtrafikerade vägnätet. Det innebär oftast ABS med kvalitetssten och tämligen hårt bitumen. Vi har dock även tagit med en ABT, främst för att kunna bedöma om olika beläggningstyper påverkas olika i Prallutrustningen. Tre olika beläggningstyper har ingått i studien, där tre olika entreprenörer svarat för tillverkning av provkroppar för respektive beläggningstyp enligt följande:

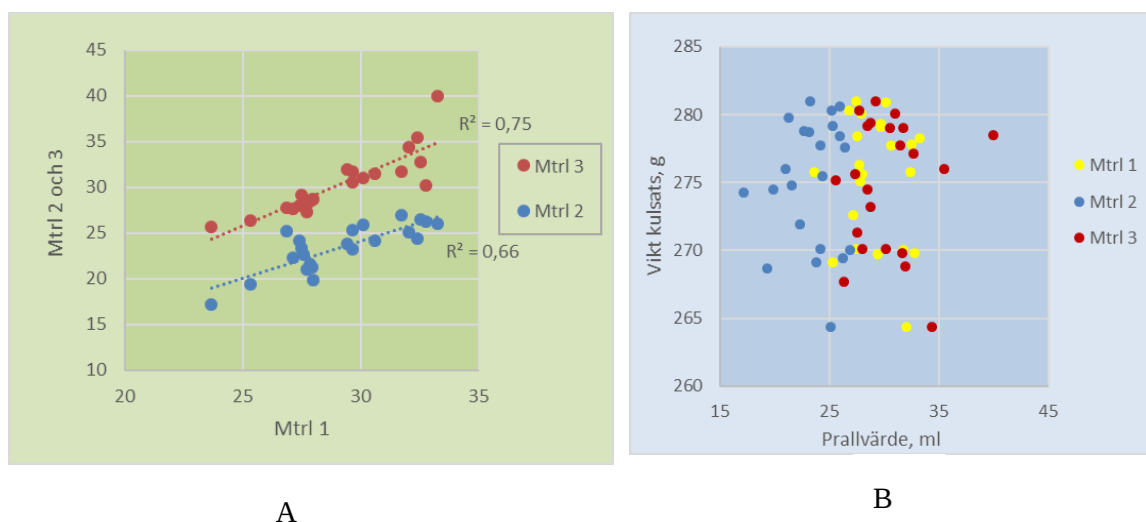
1. ABS11 70/100 (Peab)
2. ABS16 70/100 (Skanska)
3. ABT16 70/100 (NCC)

Entreprenörerna som tillverkat provkropparna har även bestämt skrymdensiteten på respektive provkropp. De laboratorier som sedan fått provkropparna för prallanalys har även bestämt skrymdensiteten. Detta gör det möjligt att även få en uppfattning om hur väl metoden för skrymdensitet fungerar avseende spridning inom och mellan olika laboratorier.

3. Resultat

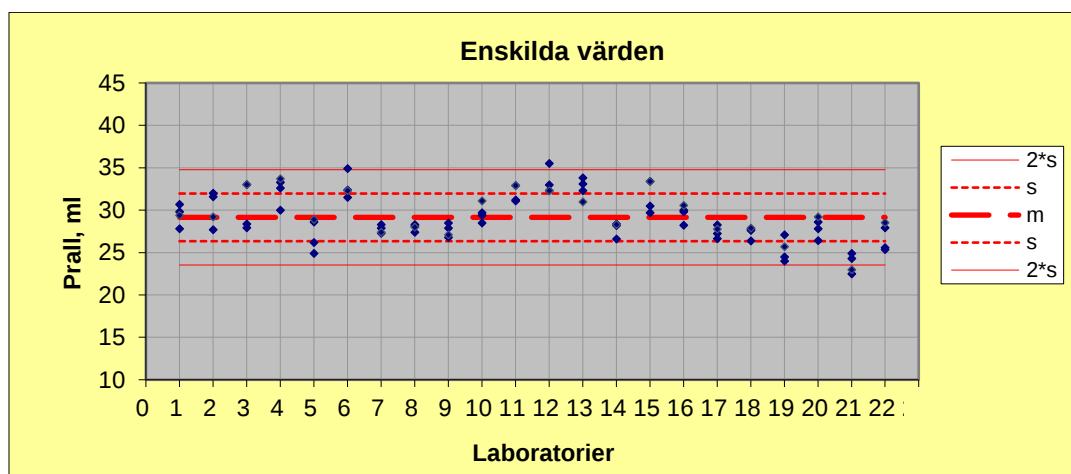
Laboratorierna har analyserat proverna enligt aktuell provningsstandard EN 12697-16:2016. De har noterat resultaten på bifogad resultatblankett, tillsammans med uppgifter om vilken utrustning de använt. VTI har sammanställt resultaten inklusive statistisk bearbetning. De 6 provkropparna/beläggningstyperna som skickades till varje laboratorium var grupperade med avseende på skrymdensitet för att säkerställa att spridningen mellan olika provkroppar skulle bli så liten som möjligt. Varje laboratorium analyserade 4 av provkropparna enligt standard och sparade två för eventuella kompletteringar om det uppstod problem vid provningen, t.ex. stopp i vattenflöde eller liknande. I detta kapitel redovisas Prallresultaten som enskilda värden och medelvärden i respektive underrubrik nedan. En sammanställning över skrymdensiteter uppmätta hos de entreprenörer som tillverkat provkropparna respektive hos de deltagande laboratorierna redovisas i bilaga 3. Jämförelsen mellan dessa mätningar visar att de olika skrymdensitets-mätningarna endast påverkat Prallvärdet med max 0,3 ml.

Av figur 1A nedan framgår det att prallresultaten är laboratorieberoende. Laboratorier som redovisat låga prallvärden för ett material har även låga värden på de övriga materialen och vice versa. Det vill säga har man ett högt värde på material 1 så har man även ett högt värde på material 2 och 3. I figur 1 B framgår att det inte finns något samband mellan kulsatsvikter och prallvärde. Kravet på kulsatsvikten är 265-285 g. (Man kan notera att ett laboratorium redovisat en kulsatsvikt (264,4 g) som ligger utanför kravet).

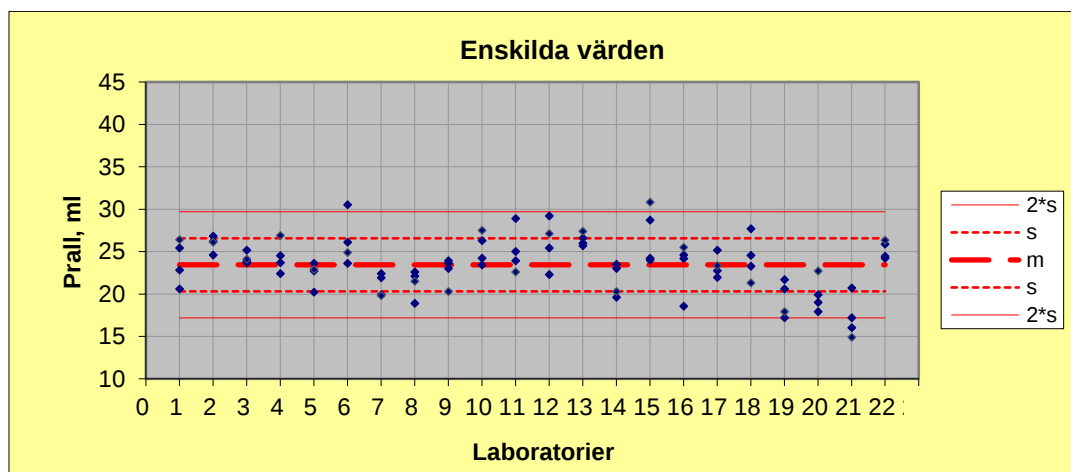


Figur 1. Jämförelse av (A) prallvärden för material 1, 2 och 3 och (B) jämförelse mellan kulsatsvikt och prallvärde för material 1, 2 och 3.

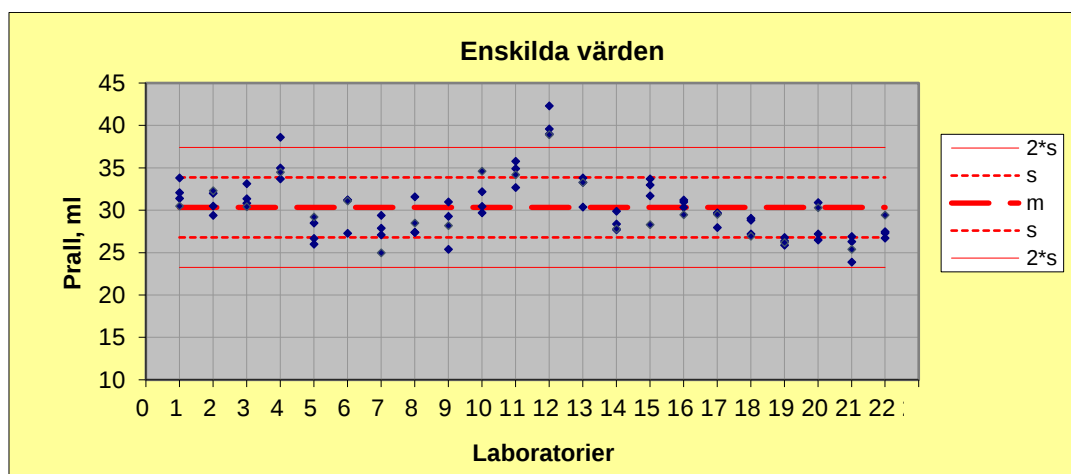
3.1. Enskilda värden



Figur 2. Enskilda värden för Material 1.

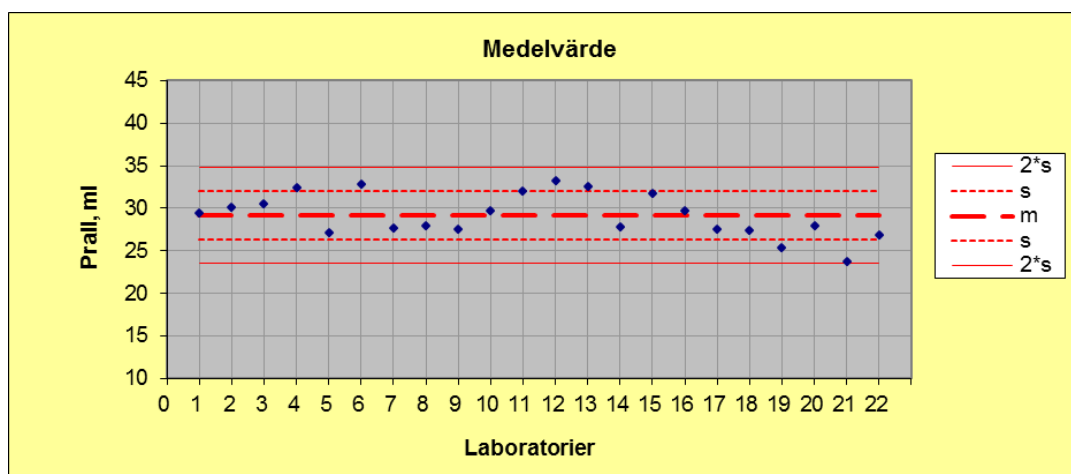


Figur 3. Enskilda värden för Material 2.

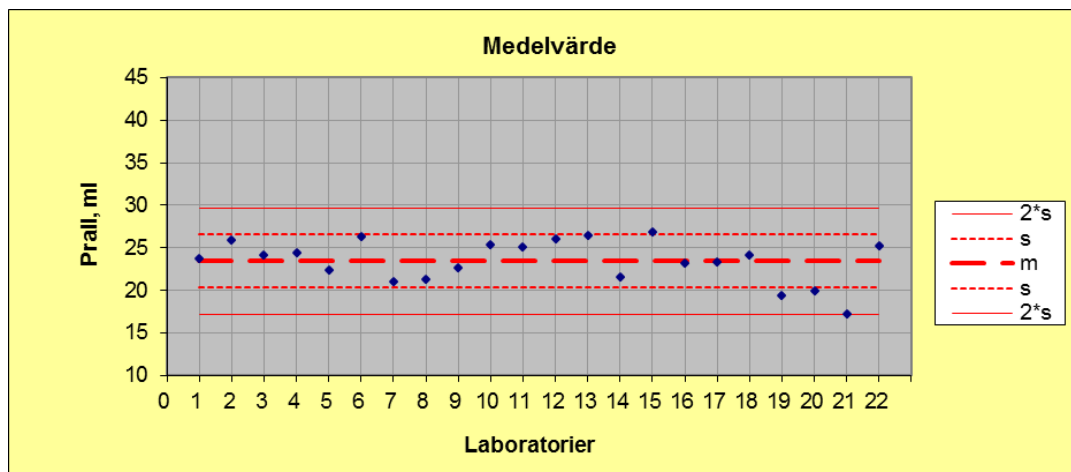


Figur 4. Enskilda värden för Material 3.

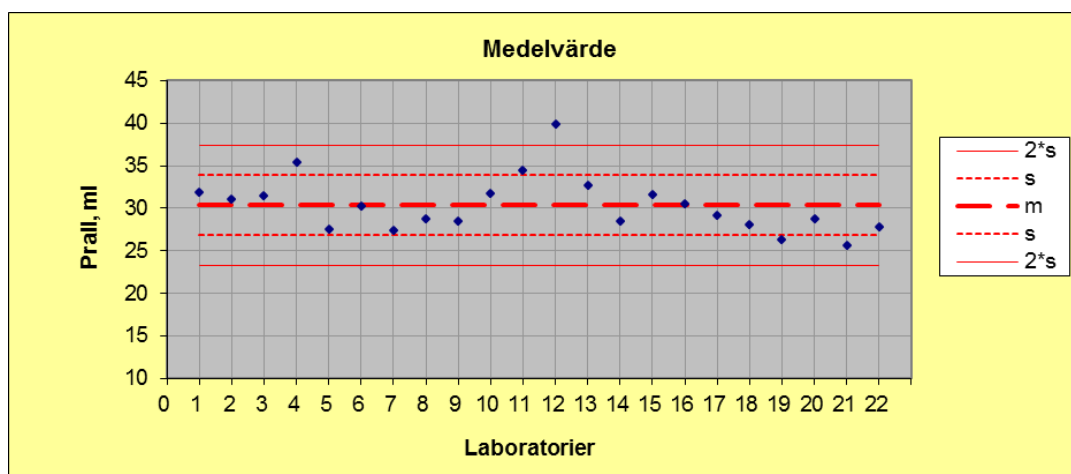
3.2. Medelvärden



Figur 5. Medelvärden för Material 1.



Figur 6. Medelvärden för Material 2.



Figur 7. Medelvärden för Material 3.

4. Statistisk utvärdering

Beräkning av statistiska mått har utförts enligt ISO 5725–2, dels har beräkning av extremvärden enligt Mandels h (mellan lab) och k (inom lab) test, Cochrans och Grubbs test utförts samt beräkning av repeterbarhet och Reproducerbarhet (r och R). Det är dock mycket få resultat som bedömts som extremvärden enligt dessa kriterier i denna ringanalys varför inga strykningar av värden gjorts. I tabell 3 redovisas en sammanställning av de extremvärden som fallit ut på respektive test, material och laboratorium där ”O” står för Outlier och ”S” för straggler.

Tabell 3. Erhållna extremvärden enligt Mandels h och k test, Cochrans och Grubbs test.

Material	Lab	Mandel h	Mandel k	Cochran	Grubbs-1	Grubbs-2
1	3		O			
1	21	S				
2	21	O				
3	4					S
3	12	O			S	S

När det gäller repeterbarhet (r) och reproducerbarhet (R), spridning inom och mellan laboratorier, så har precisionen inte förbättrats jämfört med tidigare ringanalyser trots att man i denna version av standarden har stramat upp ett flertal parametrar, t.ex. förtydligat kravet på stål kulornas hårdhet, infört krav på total kulvikt för hela kulsatsen (40 kulor) samt definierat hur man ska hantera stenar som ligger lösa i provkoppen efter avslutad provning.

I tabell 3 framgår de värden som erhållits i denna ringanalys samt de värden som finns angivna i standarden (r_{standard} och R_{standard}).

Tabell 4. Erhållna värden på repeter- och reproducerbarhet (r och R).

Prov	m	r	R	r-%	R-%	r_{standard}	R_{standard}
Material 1	29,1	3,9	8,1	13,5	27,6		
Material 2	23,4	6,0	8,9	25,8	38,2		
Material 3	30,3	4,6	10,2	15,1	33,5		
Medel:	27,6	4,9	9,0	18,1	33,1	15 %	27 %

Vid en jämförelse mellan ringanalysen som gjordes tidigare mot denna med samma laboratorier ser vi en liten annan bild. Den är i det fallet i paritet med den förra och dessutom något bättre vad gäller reproducerbarheten (R). I tabell 4 framgår de värden som erhållits från denna ringanalys på de 7 laboratorier som deltog 2013 [1]. Dessutom redovisas spridningsmått som erhöles då.

Tabell 5. Erhållna värden på repeter- och reproducerbarhet (r och R) (2013 och 2016) från samma laboratorier.

Prov	m	r	R	r-%	R-%	r_{standard}	R_{standard}
2013:						15 %	27 %
ABS11 100/150	21,2	3,57	5,61	16,8	26,4		
ABT11 160/220	36,1	4,58	10,67	12,7	29,6		
Medel:		4,1	8,1	14,8	28,0		
2016:							
1 ABS 11 70/100	28,3	3,48	4,52	12,3	16,0		
2 ABS 16 70/100	23,0	5,83	8,06	25,3	35,0		
3 ABT 16 70/100	29,0	4,11	5,03	14,2	17,3		
Medel:		4,5	5,9	17,3	22,8		

5. Diskussioner och slutsatser

I diagrammen ovan (kapitel 3.1 och 3.2) har en enklare bedömning använts där en och två gånger standardavvikelse avgör om laboratorierna är ”straggler” eller ”outlier”. En förenklad bedömning är att om man ligger utanför 1s bör man se över sin utrustning och handhavande av metoden och ligger man utanför 2s bör man även utföra ny provning när man funnit orsaken till avvikelsen.

Huvudsyftet med denna ringanalys var att se effekten av de åtstramningar som utförts i den nu gällande versionen av standarden EN 12697–16:2016. Ett annat syfte är att kontinuerligt genomföra ringanalyser för att bedöma laboratoriernas kompetens att utföra dessa analyser. När det gäller huvudsyftet måste man konstatera att de ändringar som införts i standarden inte har fått genomslag på precisionen i standarden när samtliga resultat beaktas. Om däremot endast de resultaten från de laboratorier som deltog vid förra ringanalysen jämförs är bilden en annan. Då erhålls ett något förbättrat resultat vad gäller spridningsmått. Gissningsvis kan det förklaras med att de laboratorierna är något mer insatta i de förändringar som tillkommit i den nya versionen av standarden och att de införlivats i personalens handhavande och medvetande.

När samtligas resultat tas med i beräkningen av spridningsmått får vi dessvärre en något sämre bild. Orsaken kan vara att förändringarna i standarden inte ”satt sig” hos de andra laboratorierna som inte var med vid förra ringanalysen eller att de har sämre utrustningar.

Av figur 1A framgår det att prallresultaten är laboratorieberoende. Det finns en uppenbar koppling mellan resultat och enskild utrustning. Laboratorier som redovisat låga prall-värden för ett material har även låga värden på de övriga materialen och vice versa.

Att det fortfarande är relativt stora spridningar kan bero på att inte alla laboratorier verkligen följt de nya kraven på exempelvis kvaliteten och vikten på stålkulssatsen. Det kan också vara så att det finns andra parametrar som har stor betydelse för precisionen men som standarden inte ställer krav på. Det finns också en osäkerhet gällande spridningen mellan olika provkroppar, dvs. hur homogena eller likvärdiga är provkropparna avseende slitage, vilket är den parameter som Prallmetoden försöker fånga. Även om provkropparna har likvärdiga skrymdensiteter så kanske stenyrtorna är ojämnt fördelade i provkropparna.

6. Förslag till förbättringar

Här följer några förslag på vidare studier för att förbättra precisionen hos Prallmetoden:

1. Bildanalys på provkropparnas yta före och efter pralltest för att jämföra stenytta i procent med prallvärdet. I bilden nedan framgår det att stenmosaiken varierar mellan olika provkroppar, vilket troligen påverkar prallvärdet.



Figur 8. Fotografier på provkroppar efter körning från ett laboratorium. (Material 1, prk 1-4, i övre raden, Material 2 och 3 i rad 2 och 3).

2. En närmare genomgång av alla utrustningar för att säkerställa att alla parametrar i standarden är uppfyllda, t.ex. genom att deltagande laboratorier bifogar sina kontrollinstruktioner av utrustningen, resultaten av senaste kontrollerna samt kräva att deltagande laboratorier försäkrar att de ska följa metodbeskrivningen. Får man tillgång till hur parametrarna varierar mellan olika laboratorier så kan man se om de påverkar resultaten – jämför med figur 1B.
3. Ta fram någon form av referensprovkropp som används för att kontrollera att utrustningen är fullgott skick, antingen i samband med varje provserie eller enligt ett kontrollprogram, en eller flera gånger per år.

Referenser

1. NordFoU, Final Report 2015. Development of the Prall-test method in a Nordic perspective, EN 12697-16, Method A
2. SS-EN 12697–16:2016, Metod A: Bestämning av nötningsmotstånd (Abrasion by studded tyres)

Bilaga 1. Inbjudningsbrev

Inbjudan till deltagande i ringanalys på Prallmetoden 2016

Arrangör av ringanalysen är Metodgruppen (med Trafikverket som huvudman).
Planering av ringanalys har utförts av arbetsgrupp bestående av Kenneth Lind, TRV; Khalid Kader, NCC; Katarina Ekblad, SKANSKA; Lars Jansson, PEAB Asphalt; Leif Viman, VTI och Andreas Waldemarson, VTI.

Inledning

Ringanalysen avser standarden: Bestämning av nötningsmotstånd (EN 12697-16:2016, Metod A). Metoden har kommit i en ny version 2016. Det är därför viktigt att läsa igenom standarden noga innan provningen utförs. Väsentliga ändringar i metoden från föregående version framgår under "European Foreword" på sidan 3.

Metodgruppen har tagit fram en metodhandledning baserad på den senaste versionen:

[Metodhandledning Prall](#)

Material:

Följande tre asfalttyper ingår i ringanalysen:

1. ABS 11 70/100 2. ABS 16 70/100 3. ABT 16 70/100

Genomförande:

Proverna kommer att tas fram under september 2016 och levereras till deltagande laboratorier i mitten av oktober 2016. Resultaten ska redovisas senast den 31 oktober 2016.

Särskild redovisningsblankett kommer att skickas ut till laboratorierna i samband med provutskick.

Kostnad för deltagande:

3 500 kr/lab

Anmälan:

Anmälan senast fredag den 7 oktober 2016 till andreas.waldemarson@vti.se

Vid anmälan ska följande uppgifter bifogas:

- Företag
- Laboratorium (ort)
- Kontaktperson (inkl. mailadress)
- Leverans- och fakturaadress
- Fakturering sker direkt efter anmälan. Betald faktura innebär bekräftelse på deltagande.

Viktigt:

- Sprid denna information till alla andra laboratorier inom Er organisation.
- Vid frågor. Tveka inte att kontakta undertecknad.

Mvh

Andreas Waldemarson, MG/VTI
+46 13 20 41 94, andreas.waldemarson@vti.se

PS

Information om ringanalysen kommer även att läggas ut på Metodgruppens hemsida
www.metodgruppen.nu.

Bilaga 2. Följebrev inklusive resultatmallar

Information inför ringanalysen:

INFO					
Svenska					
1	Varje lab erhåller 6 provkroppar av varje mix: - 4 provkroppar används till provningen - 2 provkroppar är reserver att använda för att kunna fullfölja testerna i händelse av störning som medför kassering , annars sparas de på en jämn yta.				
2	Provningen utförs så snart som möjligt efter leverans av proverna				
3	Använd denna fil med flikar för respektive mix för resultatredovisning och beskrivning av utrustningen. anm. Endast de vita cellerna kan fyllas i.				
4	Bestäm skrymdensiteten och dimensionerna på varje provkropp: - bestäm skrymdensiteten (vattenmetoden enligt EN 12697-6 B) - mät dimensionerna höjd och diameter på varje provkropp				
5	Förbered proverna och genomför testet. (och spara alla provkropparna efter test)				
6	Fyll i resultaten i respektive flik: note 1: notera totalvikten av de 40 kulorna i gram i respektive flik note 2: det är viktigt att notera alla ev. problem under testet				
7	Skicka denna fil komplett ifylld och en kopia av er ordinareie provningsapport till andreas.waldemarson@vti.se så fort som möjligt dock senast 2016-10-31 .				
Frågor? Hör av er till:					
Andreas Waldemarson, VTI		andreas.waldemarson@vti.se		+46 13 20 41 94	

Resultatmall för Material 1:

Read INFO sheet before starting the test				Datasheet - Round Robin test 2016											
				SMA 11 70/100 (ABS 11)											
Test date:								Total sphere weight in gram (40 steel balls):							
Specimen ID	Weight			Water		Bulk Density	Dimensions		Prall						
	dry	in water	SSD	temp	density	ρ_{bssd}	height	diameter	before abrasion	after abrasion	abrasion value				
	g	g	g	°C	g/cm ³	g/ml	mm	mm	g	g	ml				
1															
1															
1															
1															
Average:								Average:							
Comments (eg. stone loss, wrong water temperature etc.):															

Utrustningsmall:

Svenska	English	Comments
Företag:	Company:	
Laboratoriets namn:	Name of the laboratory:	
Kontaktperson:	Contact person:	
Prallutrustningens fabrikat	The manufacturer of the prall equipment	
Tillverkningsår	Year of manufacture	
Comments:		

Bilaga 3. Skrymdensitetsbestämningar och beräknade Prallvärden

Material 1

Lab	Bestämd hos de som tillverkat prk				Bestämd på respektive laboratorium				Diff			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	2,375	2,375	2,378	2,375	2,385	2,381	2,386	2,382	-0,010	-0,006	-0,008	-0,007
2	2,379	2,377	2,374	2,370	2,376	2,370	2,371	2,363	0,003	0,007	0,003	0,007
3	2,378	2,368	2,372	2,369	2,38	2,366	2,371	2,368	-0,002	0,002	0,001	0,001
4	2,377	2,388	2,372	2,378	2,387	2,394	2,385	2,391	-0,010	-0,006	-0,013	-0,013
5	2,382	2,381	2,374	2,394	2,387	2,386	2,374	2,367	-0,005	-0,005	0,000	0,027
6	2,368	2,385	2,374	2,382	2,366	2,373	2,374	2,383	0,002	0,012	0,000	0,000
7	2,371	2,382	2,374	2,384	2,379	2,387	2,38	2,392	-0,008	-0,005	-0,006	-0,008
8	2,375	2,367	2,362	2,387	2,38	2,379	2,37	2,394	-0,005	-0,012	-0,008	-0,007
9	2,383	2,384	2,378	2,366	2,385	2,386	2,383	2,367	-0,002	-0,002	-0,005	-0,001
10	2,377	2,371	2,383	2,366	2,38	2,374	2,381	2,366	-0,003	-0,003	0,002	0,000
11	2,381	2,391	2,367	2,365	2,379	2,388	2,371	2,374	0,002	0,003	-0,004	-0,009
12	2,377	2,377	2,372	2,370	2,369	2,366	2,353	2,364	0,008	0,011	0,019	0,006
13	2,386	2,384	2,373	2,375	2,382	2,368	2,369	2,369	0,004	0,016	0,004	0,006
14	2,376	2,365	2,378	2,379	2,372	2,363	2,385	2,367	0,004	0,002	-0,007	0,012
15	2,360	2,371	2,393	2,378	2,363	2,371	2,396	2,386	-0,003	0,000	-0,003	-0,008
16	2,381	2,382	2,379	2,380	2,385	2,382	2,373	2,375	-0,004	0,000	0,006	0,005
17	2,383	2,378	2,391	2,371	2,386	2,388	2,394	2,384	-0,003	-0,010	-0,002	-0,012
18	2,388	2,384	2,383	2,379	2,391	2,389	2,393	2,383	-0,003	-0,005	-0,010	-0,004
19	2,383	2,392	2,381	2,376	2,381	2,391	2,379	2,373	0,002	0,001	0,002	0,003
20	2,359	2,385	2,377	2,384	2,364	2,389	2,378	2,387	-0,005	-0,004	-0,001	-0,003
21	2,372	2,396	2,374	2,379	2,380	2,402	2,378	2,387	-0,008	-0,006	-0,004	-0,008
22	2,382	2,387	2,379	2,366	2,387	2,393	2,386	2,373	-0,005	-0,006	-0,007	-0,006

Material 2

Lab	Bestämd hos de som tillverkat prk				Bestämd på respektive laboratorium				Diff			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	2,407	2,404	2,411	2,397	2,407	2,404	2,415	2,400	0,000	0,000	-0,004	-0,003
2	2,406	2,403	2,396	2,405	2,400	2,390	2,396	2,404	0,006	0,013	0,000	0,001
3	2,407	2,410	2,415	2,412	2,400	2,403	2,412	2,411	0,007	0,007	0,003	0,001
4	2,409	2,422	2,417	2,413	2,413	2,423	2,420	2,416	-0,004	-0,001	-0,003	-0,003
5	2,419	2,416	2,407	2,410	2,418	2,418	2,409	2,409	0,001	-0,002	-0,002	0,001
6	2,420	2,416	2,412	2,417	2,414	2,413	2,412	2,415	0,006	0,003	0,000	0,002
7	2,419	2,414	2,423	2,418	2,42	2,419	2,422	2,426	-0,001	-0,005	0,001	-0,008
8	2,414	2,415	2,420	2,409	2,421	2,419	2,423	2,419	-0,007	-0,004	-0,003	-0,010
9	2,403	2,414	2,416	2,413	2,398	2,42	2,418	2,422	0,005	-0,006	-0,002	-0,009
10	2,411	2,424	2,417	2,416	2,415	2,424	2,418	2,422	-0,004	0,000	-0,001	-0,006
11	2,425	2,410	2,414	2,414	2,426	2,418	2,419	2,42	-0,001	-0,008	-0,005	-0,006
12	2,423	2,420	2,409	2,409	2,406	2,414	2,403	2,397	0,017	0,006	0,006	0,012
13	2,420	2,405	2,413	2,405	2,42	2,402	2,412	2,405	0,000	0,003	0,001	0,000
14	2,404	2,403	2,402	2,413	2,399	2,399	2,403	2,408	0,005	0,004	-0,001	0,005
15	2,398	2,399	2,407	2,393	2,394	2,406	2,408	2,403	0,004	-0,007	-0,001	-0,010
16	2,411	2,417	2,415	2,421	2,410	2,416	2,417	2,424	0,001	0,001	-0,002	-0,003
17	2,405	2,404	2,411	2,405	2,415	2,420	2,415	2,423	-0,010	-0,016	-0,004	-0,018
18	2,393	2,397	2,398	2,404	2,403	2,402	2,405	2,416	-0,010	-0,005	-0,007	-0,012
19	2,409	2,419	2,409	2,417	2,414	2,423	2,412	2,415	-0,005	-0,004	-0,003	0,002
20	2,413	2,417	2,404	2,403	2,417	2,417	2,405	2,404	-0,004	0,000	-0,001	-0,001
21	2,406	2,404	2,409	2,399	2,409	2,409	2,412	2,408	-0,003	-0,005	-0,003	-0,009
22	2,413	2,401	2,413	2,414	2,416	2,407	2,416	2,416	-0,003	-0,006	-0,003	-0,002

Material 3

Lab	Bestämd hos de som tillverkat prk				Bestämd på respektive laboratorium				Diff			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	2,423	2,410	2,408	2,411	2,417	2,406	2,404	2,403	0,006	0,004	0,004	0,008
2	2,407	2,410	2,396	2,412	2,394	2,398	2,381	2,399	0,013	0,012	0,015	0,013
3	2,410	2,407	2,412	2,408	2,403	2,403	2,406	2,400	0,007	0,004	0,006	0,008
4	2,419	2,396	2,407	2,407	2,412	2,389	2,398	2,402	0,007	0,007	0,009	0,005
5	2,409	2,405	2,410	2,412	2,405	2,400	2,408	2,409	0,004	0,005	0,002	0,003
6	2,409	2,409	2,413	2,410	2,400	2,402	2,406	2,403	0,009	0,007	0,007	0,007
7	2,419	2,410	2,413	2,404	2,414	2,406	2,409	2,396	0,005	0,004	0,004	0,008
8	2,409	2,404	2,409	2,410	2,409	2,406	2,407	2,409	0,000	-0,002	0,002	0,001
9	2,409	2,410	2,409	2,413	2,407	2,405	2,408	2,408	0,002	0,005	0,001	0,005
10	2,410	2,418	2,409	2,409	2,399	2,408	2,401	2,397	0,011	0,010	0,008	0,012
11	2,410	2,412	2,409	2,409	2,408	2,404	2,399	2,401	0,002	0,008	0,010	0,008
12	2,417	2,410	2,402	2,409	2,403	2,398	2,390	2,383	0,014	0,012	0,012	0,026
13	2,410	2,417	2,409	2,402	2,400	2,404	2,409	2,400	0,010	0,013	0,000	0,002
14	2,413	2,402	2,407	2,411	2,398	2,382	2,393	2,405	0,015	0,020	0,014	0,006
15	2,407	2,408	2,411	2,417	2,403	2,405	2,408	2,415	0,004	0,003	0,003	0,002
16	2,413	2,408	2,417	2,403	2,409	2,399	2,410	2,394	0,004	0,009	0,007	0,009
17	2,418	2,403	2,407	2,416	2,411	2,401	2,408	2,412	0,007	0,002	-0,001	0,004
18	2,408	2,403	2,411	2,413	2,408	2,406	2,410	2,411	0,000	-0,003	0,001	0,002
19	2,408	2,407	2,411	2,412	2,403	2,405	2,408	2,404	0,005	0,002	0,003	0,008
20	2,418	2,408	2,411	2,416	2,412	2,406	2,403	2,412	0,006	0,002	0,008	0,004
21	2,407	2,411	2,416	2,408	2,401	2,404	2,407	2,401	0,006	0,007	0,009	0,007
22	2,413	2,411	2,415	2,410	2,409	2,407	2,414	2,405	0,004	0,004	0,001	0,005

*/ positiva och negativa maxvärden i rött

Material 1

Prall ber från ursprungsskrym					Prall ber efter labskrym					Diff
1	2	3	4	medel	1	2	3	4	medel	
30,8	27,8	29,9	29,5	29,5	30,7	27,8	29,8	29,4	29,4	-0,1
27,7	31,9	31,6	29,1	30,1	27,7	32,0	31,6	29,2	30,1	0,1
28,0	28,4	33,0	33,0	30,6	27,9	28,4	33,0	33,0	30,6	0,0
33,4	30,1	32,8	33,9	32,5	33,3	30,0	32,6	33,7	32,4	-0,1
28,6	25,0	26,2	28,5	27,1	28,6	24,9	26,2	28,9	27,1	0,1
31,5	34,7	32,4	32,3	32,7	31,5	34,9	32,4	32,3	32,8	0,0
27,4	28,0	28,4	27,5	27,8	27,3	27,9	28,3	27,4	27,7	-0,1
28,2	27,5	28,4	28,1	28,0	28,1	27,4	28,3	28,0	27,9	-0,1
27,9	28,5	26,9	27,1	27,6	27,9	28,5	26,8	27,1	27,6	0,0
28,5	29,7	29,3	31,1	29,7	28,5	29,7	29,4	31,1	29,7	0,0
31,2	31,0	33,0	33,0	32,0	31,2	31,1	32,9	32,9	32,0	0,0
35,4	32,2	32,8	32,2	33,1	35,5	32,3	33,0	32,3	33,3	0,2
33,8	32,0	33,1	30,9	32,5	33,8	32,3	33,1	31,0	32,6	0,1
28,2	28,4	26,7	28,2	27,9	28,2	28,4	26,6	28,3	27,9	0,0
29,8	33,4	30,6	33,5	31,8	29,7	33,4	30,6	33,4	31,8	0,0
29,9	30,0	28,2	30,5	29,6	29,8	30,0	28,2	30,6	29,7	0,0
26,7	27,4	28,3	27,9	27,6	26,6	27,2	28,3	27,8	27,5	-0,1
27,6	26,4	27,9	28,0	27,5	27,6	26,4	27,8	27,9	27,4	-0,1
24,5	27,1	24,0	25,7	25,3	24,5	27,1	24,0	25,7	25,3	0,0
26,4	27,8	28,7	29,2	28,0	26,4	27,8	28,6	29,2	28,0	0,0
22,6	25,0	24,3	23,1	23,7	22,5	24,9	24,3	23,0	23,7	-0,1
25,4	25,6	28,0	28,6	26,9	25,3	25,6	27,9	28,5	26,8	-0,1
Max:										0,2

Material 2

Prall ber från ursprungsskrym					Prall ber efter labskrym					Diff
1	2	3	4	medel	1	2	3	4	medel	
22,9	25,4	20,6	26,4	23,8	22,9	25,4	20,6	26,4	23,8	0,0
26,8	24,4	26,2	26,1	25,9	26,8	24,6	26,2	26,1	25,9	0,1
25,1	23,6	23,9	24,1	24,2	25,2	23,7	23,9	24,1	24,2	0,0
23,8	22,4	24,5	27,0	24,4	23,7	22,4	24,5	26,9	24,4	0,0
20,2	22,7	23,6	22,9	22,3	20,2	22,7	23,6	22,9	22,3	0,0
30,5	23,6	26,1	24,9	26,3	30,5	23,6	26,1	24,9	26,3	0,0
22,4	22,0	19,9	19,9	21,0	22,4	21,9	19,9	19,8	21,0	0,0
19,0	14,4	22,1	21,6	19,3	18,9	14,3	22,1	21,5	19,2	0,0
23,8	23,7	23,1	20,4	22,7	23,9	23,6	23,0	20,3	22,7	0,0
26,3	24,2	23,4	27,6	25,4	26,3	24,2	23,4	27,5	25,3	0,0
25,0	29,0	23,9	22,6	25,1	25,0	28,9	23,9	22,6	25,1	-0,1
25,2	29,1	22,2	27,0	25,9	25,4	29,2	22,3	27,1	26,0	0,1
25,7	26,5	26,0	27,4	26,4	25,7	26,6	26,0	27,4	26,4	0,0
23,0	23,4	19,6	20,3	21,6	23,0	23,5	19,6	20,3	21,6	0,0
28,6	24,1	24,2	30,9	27,0	28,7	24,1	24,2	30,8	26,9	0,0
24,2	18,5	24,6	25,5	23,2	24,2	18,5	24,6	25,5	23,2	0,0
25,3	23,0	22,0	23,5	23,4	25,2	22,8	21,9	23,3	23,3	-0,1
27,8	24,6	23,4	21,4	24,3	27,7	24,6	23,3	21,3	24,2	-0,1
20,6	21,8	17,3	17,9	19,4	20,6	21,7	17,2	17,9	19,4	0,0
17,9	19,9	19,0	22,7	19,9	17,9	19,9	19,0	22,7	19,9	0,0
16,0	20,8	17,2	15,0	17,3	16,0	20,8	17,2	15,0	17,2	0,0
24,5	24,3	25,9	26,3	25,2	24,4	24,2	25,9	26,3	25,2	0,0
Max:										0,1

Material 3

Prall ber från ursprungsskrym					Prall ber efter labskrym					Diff
1	2	3	4	medel	1	2	3	4	medel	
32,1	31,4	33,7	30,4	31,9	32,1	31,4	33,8	30,5	32,0	0,1
29,2	30,4	31,8	32,1	30,9	29,4	30,6	32,0	32,3	31,1	0,2
30,7	31,3	33,0	30,3	31,4	30,8	31,4	33,1	30,4	31,4	0,1
34,8	33,6	38,4	34,4	35,3	35,0	33,7	38,6	34,5	35,4	0,1
26,7	28,4	26,0	29,1	27,6	26,7	28,5	26,0	29,2	27,6	0,0
31,1	31,1	27,2	31,0	30,1	31,2	31,2	27,3	31,1	30,2	0,1
27,8	27,1	29,4	24,9	27,3	27,9	27,1	29,4	25,0	27,4	0,1
27,4	27,5	31,6	28,5	28,7	27,4	27,4	31,6	28,5	28,7	0,0
25,4	29,3	31,0	28,2	28,5	25,4	29,3	31,0	28,2	28,5	0,0
32,1	29,5	30,3	34,4	31,6	32,2	29,7	30,4	34,6	31,7	0,1
34,9	32,6	35,7	34,1	34,3	34,9	32,7	35,8	34,2	34,4	0,1
39,4	38,8	42,1	38,4	39,7	39,6	39,0	42,3	38,9	40,0	0,3
33,6	30,2	33,3	33,3	32,6	33,8	30,4	33,3	33,3	32,7	0,1
27,5	29,7	28,3	27,7	28,3	27,7	29,9	28,4	27,8	28,5	0,2
33,7	33,0	31,6	28,3	31,6	33,7	33,0	31,7	28,3	31,7	0,0
31,2	30,9	30,2	29,4	30,4	31,2	31,0	30,3	29,5	30,5	0,1
29,5	27,9	29,7	29,5	29,2	29,6	28,0	29,7	29,5	29,2	0,0
29,1	27,3	28,8	26,9	28,0	29,1	27,2	28,8	27,0	28,0	0,0
25,9	26,4	26,8	26,1	26,3	25,9	26,4	26,8	26,2	26,3	0,0
30,8	27,2	26,4	30,3	28,7	30,9	27,2	26,5	30,3	28,7	0,1
26,8	23,8	26,2	25,3	25,6	26,9	23,9	26,3	25,4	25,6	0,1
27,4	27,3	26,7	29,4	27,7	27,5	27,3	26,7	29,4	27,7	0,0
Max:										0,3

Bilaga 4. Enskilda värden och medelvärden

Material 1

SMA 11 70/100 (ABS 11)								
Lab	Kulsats g	Enskilda värden				Medel	Stdav	V%
		1	2	3	4			
1	269,7	30,7	27,8	29,8	29,4	29,4	1,2	4,1
2	280,9	27,7	32,0	31,6	29,2	30,1	2,0	6,8
3	277,7	27,9	28,4	33,0	33,0	30,6	2,8	9,2
4	275,8	33,3	30,0	32,6	33,7	32,4	1,7	5,1
5	272,6	28,6	24,9	26,2	28,9	27,2	1,9	7,1
6	269,8	31,5	34,9	32,4	32,3	32,8	1,5	4,5
7	276,3	27,3	27,9	28,3	27,4	27,7	0,5	1,7
8	280,1	28,1	27,4	28,3	28,0	28,0	0,4	1,4
9	278,4	27,9	28,5	26,8	27,1	27,6	0,8	2,8
10	279,3	28,5	29,7	29,4	31,1	29,7	1,1	3,6
11	264,4	31,2	31,1	32,9	32,9	32,0	1,0	3,2
12	278,3	35,5	32,3	33,0	32,3	33,3	1,5	4,6
13	277,8	33,8	32,3	33,1	31,0	32,6	1,2	3,7
14	275,1	28,2	28,4	26,6	28,3	27,9	0,9	3,1
15	270,0	29,7	33,4	30,5	33,4	31,8	1,9	6,1
16	279,1	29,8	30,0	28,2	30,6	29,7	1,0	3,4
17	281,0	26,6	27,2	28,3	27,8	27,5	0,7	2,6
18	270,1	27,6	26,4	27,8	27,9	27,4	0,7	2,6
19	269,1	24,5	27,1	24,0	25,7	25,3	1,4	5,5
20	275,6	26,4	27,8	28,6	29,2	28,0	1,2	4,3
21	275,8	22,5	24,9	24,3	23,0	23,7	1,1	4,7
22	280,3	25,3	25,6	27,9	28,5	26,8	1,6	6,0

Provkroppar efter test från Material 1

ABS11 70/100



Material 2

SMA 16 70/100 (ABS 16)								
Lab	Kulsats	Enskilda värden				Medel	Stdav	V%
	g	1	2	3	4			
1	269,1	22,8	25,4	20,6	26,4	23,8	2,6	11,0
2	280,6	26,8	24,6	26,2	26,1	25,9	0,9	3,6
3	277,7	25,2	23,7	23,9	24,1	24,2	0,7	2,8
4	275,5	23,7	22,4	24,5	26,9	24,4	1,9	7,8
5	271,9	20,2	22,7	23,6	22,9	22,4	1,5	6,6
6	269,4	30,5	23,6	26,1	24,9	26,3	3,0	11,4
7	276,0	22,4	21,9	19,9	19,8	21,0	1,3	6,4
8	279,8	18,9	22,6	22,1	21,5	21,3	1,6	7,7
9	278,8	23,9	23,6	23,0	20,3	22,7	1,6	7,2
10	279,2	26,3	24,2	23,4	27,5	25,4	1,9	7,4
11	264,4	25,0	28,9	23,9	22,6	25,1	2,7	10,8
12	278,4	25,4	29,2	22,3	27,1	26,0	2,9	11,2
13	277,6	25,7	26,6	26,0	27,4	26,4	0,8	2,8
14	274,8	23,0	23,5	19,6	20,3	21,6	1,9	9,0
15	270,0	28,7	24,0	24,2	30,8	26,9	3,4	12,5
16	278,7	24,2	18,5	24,6	25,5	23,2	3,2	13,6
17	281,0	25,2	22,7	21,9	23,3	23,3	1,4	5,9
18	270,1	27,7	24,6	23,3	21,3	24,2	2,7	11,0
19	268,7	20,6	21,7	17,2	17,9	19,4	2,1	11,1
20	274,5	17,9	19,9	19,0	22,7	19,9	2,1	10,3
21	274,3	16,0	20,7	17,2	14,9	17,2	2,5	14,6
22	280,3	24,4	24,2	25,9	26,3	25,2	1,0	4,1

Provkroppar efter test från Material 2

ABS16 70/100



Material 3

AC 16 70/100 (ABT 16)								
Lab	Kulsats g	Enskilda värden				Medel	Stdav	V%
		1	2	3	4			
1	268,8	32,1	31,4	33,8	30,5	32,0	1,4	4,4
2	280,1	29,4	30,5	32,0	32,3	31,1	1,4	4,4
3	277,7	30,8	31,4	33,1	30,4	31,4	1,2	3,8
4	276,0	35,0	33,7	38,6	34,5	35,5	2,2	6,1
5	271,3	26,7	28,5	26,0	29,2	27,6	1,5	5,4
6	270,1	31,2	31,2	27,3	31,1	30,2	1,9	6,4
7	275,6	27,9	27,1	29,4	25,0	27,4	1,8	6,7
8	279,4	27,4	27,4	31,6	28,5	28,7	2,0	6,9
9	279,2	25,4	29,3	31,0	28,2	28,5	2,4	8,3
10	279,0	32,2	29,7	30,5	34,6	31,7	2,2	6,9
11	264,4	34,9	32,7	35,8	34,2	34,4	1,3	3,8
12	278,5	39,6	39,0	42,3	38,9	40,0	1,6	4,0
13	277,1	33,8	30,4	33,3	33,3	32,7	1,6	4,7
14	274,5	27,7	29,9	28,4	27,8	28,5	1,0	3,6
15	269,8	33,7	33,0	31,7	28,3	31,7	2,4	7,6
16	279,0	31,2	31,0	30,3	29,5	30,5	0,8	2,5
17	281,0	29,6	28,0	29,7	29,5	29,2	0,8	2,9
18	270,1	29,1	27,2	28,8	27,0	28,0	1,1	3,9
19	267,7	25,9	26,4	26,8	26,2	26,3	0,4	1,4
20	273,2	30,9	27,2	26,5	30,3	28,7	2,2	7,7
21	275,2	26,9	23,9	26,3	25,4	25,6	1,3	5,1
22	280,3	27,5	27,3	26,7	29,4	27,7	1,2	4,2

Provkroppar efter test från Material 3

ABT16 70/100



VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
Box 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
Box 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
Box 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Medicon Village AB
SE-223 81 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

