



Statens vegvesen



Wheel Track Ringanalyse 2016

Einar Aasprong
Statens vegvesen
Sentrallaboratoriet Trondheim
Oslo 25.10.2016



Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Wheel Track – Ringanalyse 2016

Materialer

- Fire varianter
(2 masser x 2 utførelser)
 - Asfaltmasse
 - Ab 11 70/100
 - Ab 11 PMB
 - Utførelse
 - Kjerner (fra veg)
 - Plater (fra lab)





Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Wheel Track – Ringanalyse 2016

Forsøkskoppsett

- Kjerner ble tatt fra nybygget E39 ved Gangåsvatnet i Sør-Trøndelag (8.9.2015)
- Fortløpende nummerering
Ab 11 70/00: U1 – U36
Ab 11 PMB: P1 – P36
- Kjerner delt i serier:
Lab E: U1, U10, U19, U28
Lab D: U2, U11, U20, U29
OSV...





Wheel Track – Ringanalyse 2016

Deltakere

Lab	Laboratorium	Utstyrslleverandør	Prøvetyper 2014		Prøvetyper 2016	
			Borkjerner	Plater	Borkjerner	Plater
A	Statens vegvesen, Trondheim	Cooper	X	X	X	X
B	Veidekke Industri, Trondheim	Infratest	X	X	X	X
C		Cooper	X	X	X	X
D	Lemminkäinen, Fjellhammer	Cooper	X	X	X	X
E	NCC, Drammen	Infratest	(X)	X		X
F	NTNU, Trondheim	Cooper	X	X		
G	PEAB, Helsingborg	Infratest			X	X
H	Skanska, Farsta	Infratest			X	X
I	PP ráðgjöf, Reykjavík				Sendes til Island november 2016	

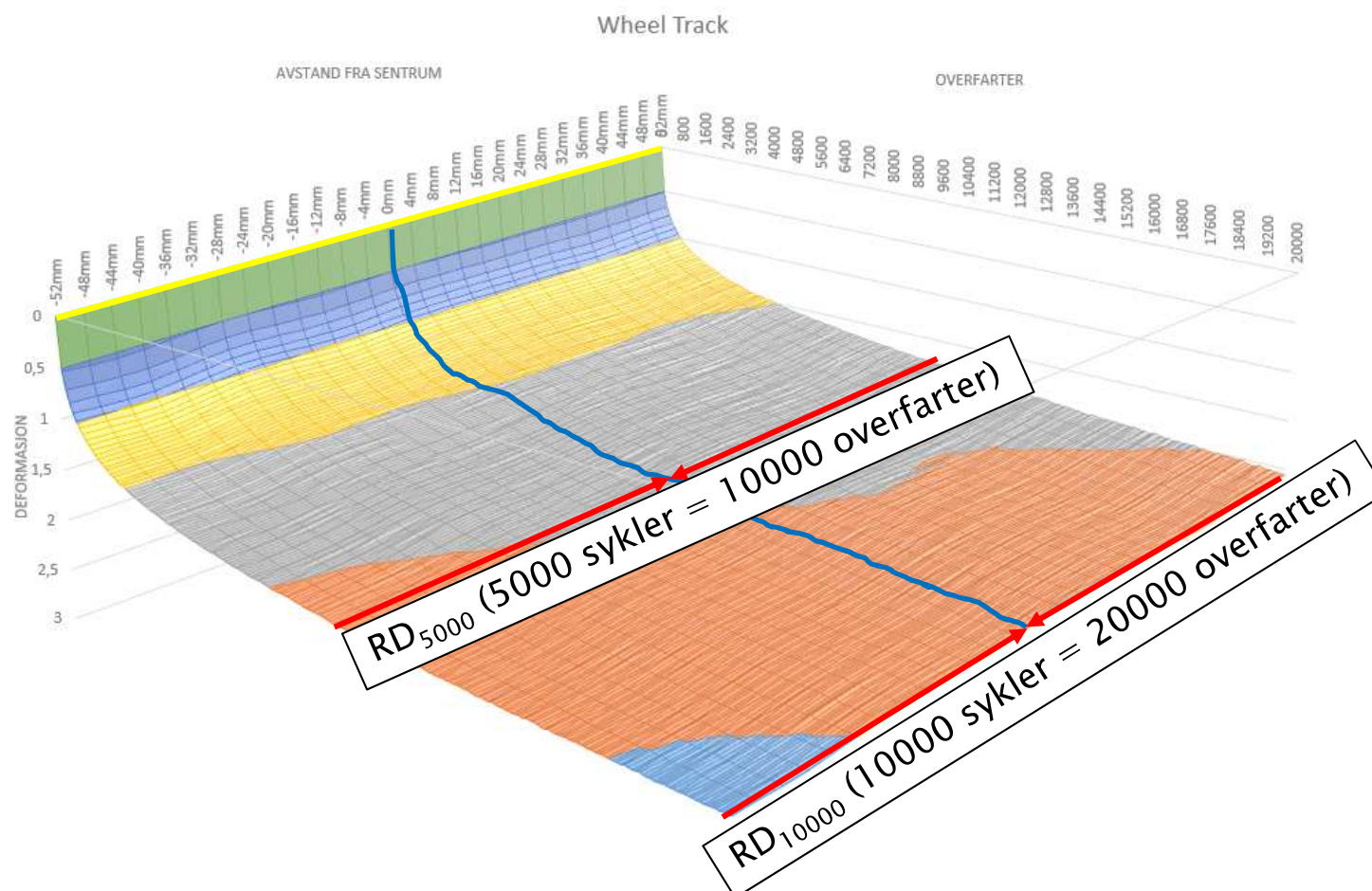
- PEAB og Skanska er nye deltakere
- NTNU hadde dessverre ikke kapasitet i år
- NCC avbrøt testing av kjerner i 2014 av hensyn til utstyret og har ikke testet kjerner i 2016.
- De siste resultatene ble levert i slutten av september 2016
- Ett ekstra sett med prøver vil bli sendt til Island



Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Wheel Track – Ringanalyse 2016

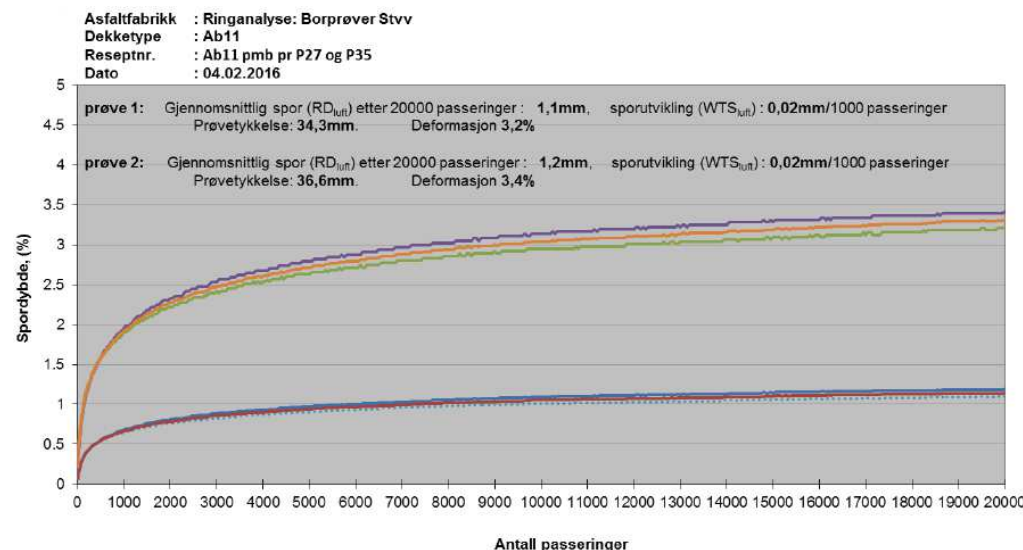
Analysen og resultater





Wheel Track – Ringanalyse 2016

Analysen og resultater



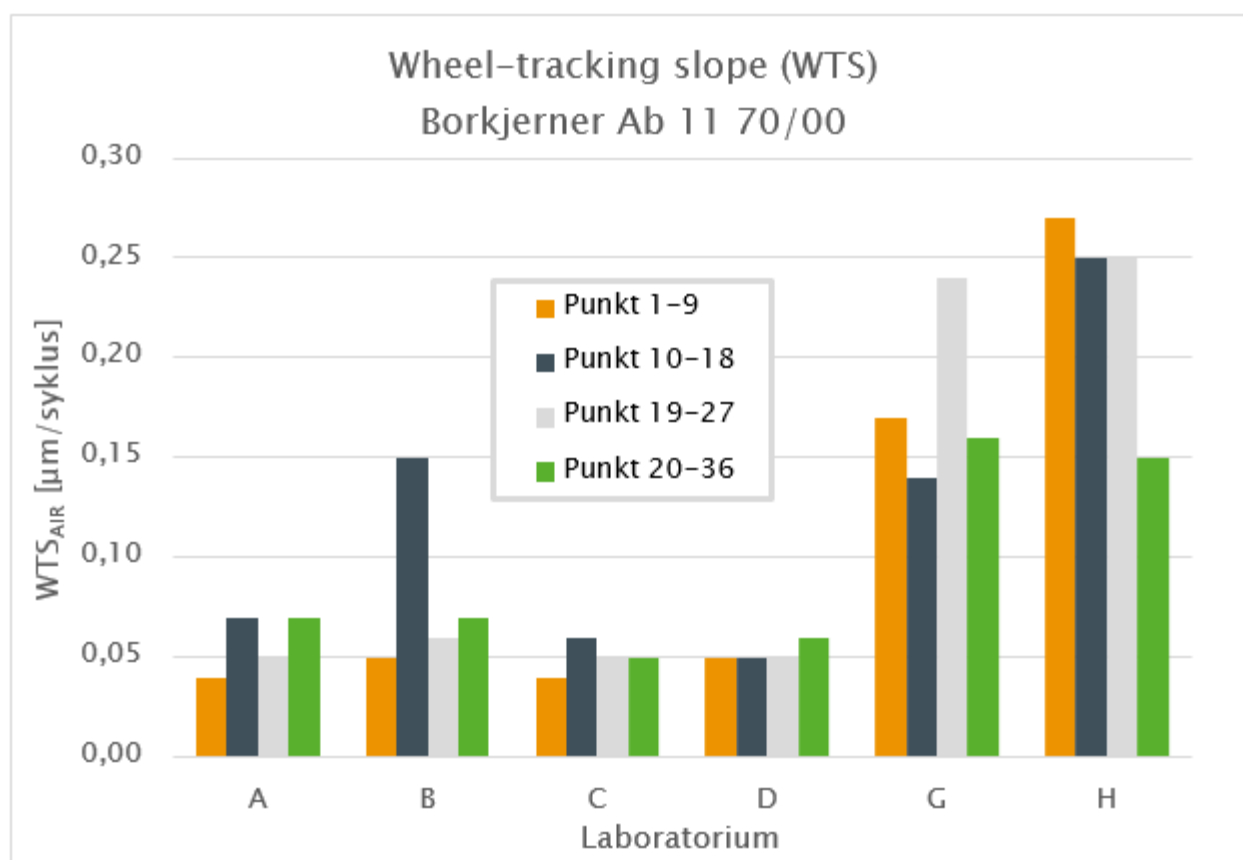
- RD (Rut depth) er gjennomsnitt av deformasjon i lengderetningen av hjulsporet (5 cm til hver side fra midten)
- Sluttdeformasjonen RD_{10000} finnes etter 20000 overfarter = 10000 sykler
- PRD (Proportional rut depth) er RD delt på prøvetykkelsen
- WTS (Wheel-tracking slope) er stigningstallet de siste 5000 syklene.



Wheel Track – Ringanalyse 2016

Ringanalysen har to delsett av deltakere

- Ulik prosedyre (A–D) og (G–H) gjenspeiles i resultatene





Wheel Track – Ringanalyse 2016

Prosedyre for databehandling

- Splitting i ulike datasett
 - Lab A – D kappet kjerner på lagskillet (3,5 cm)
 - Lab G og H kappet kjernene på 5 cm
 - Ulikheten kvalifiserer til forskjellig behandling og resultatene understøtter dette
- Utelukking av avvikende data
 - Av data som kvalifiserer som «uteliggere» er ett resultat utelatt
- Ett sett med feil data er endret siden en foreløpig presentasjon som ble holdt for NAMet (27.9.2016)



Wheel Track – Ringanalyse 2016

Eksempel på databehandling

- WTS_{AIR} [$\mu\text{m}/\text{syklus}$] på Borkjerner fra Ab 11 70/100

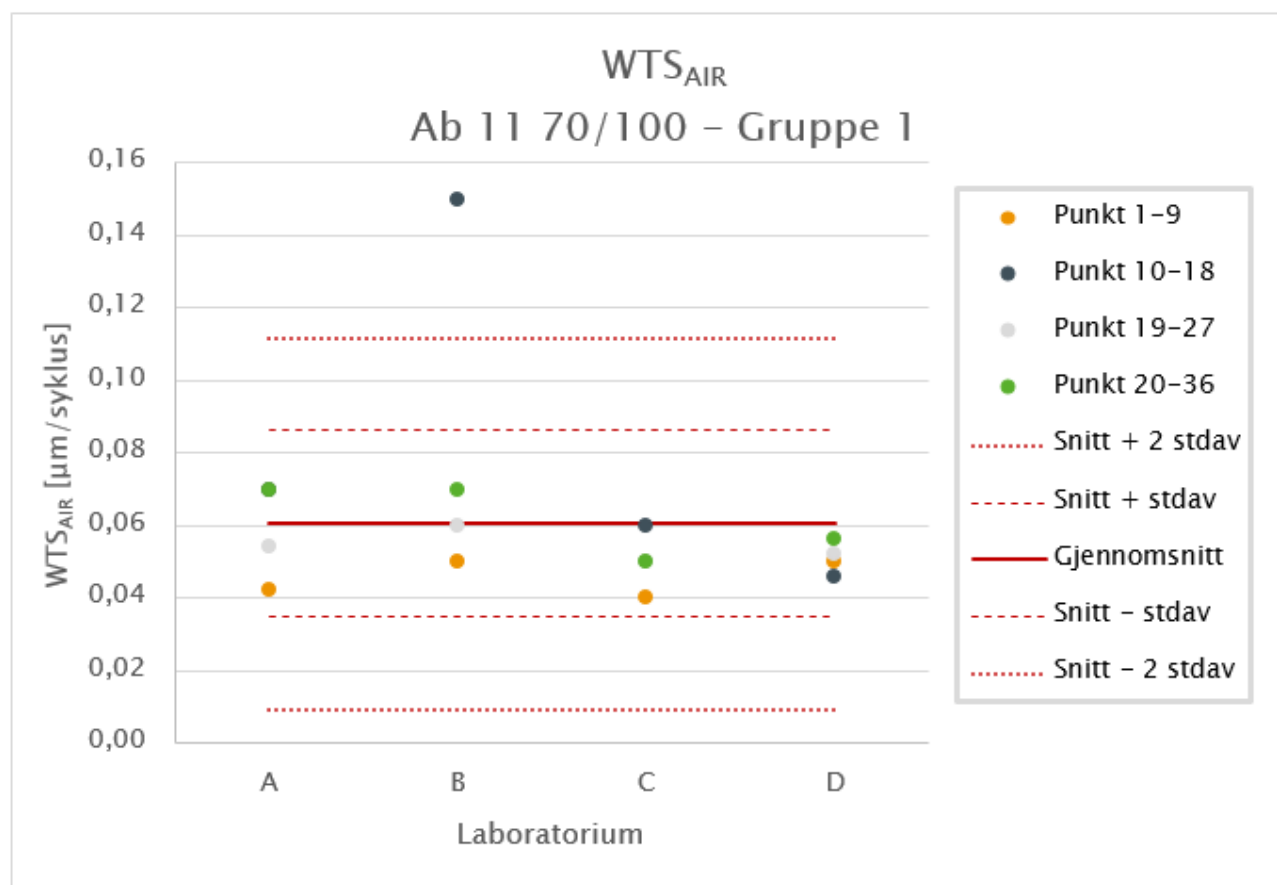
Laboratorium	A	B	C	D	G	H
Punkt 1–9	0,042	0,05	0,04	0,050	0,17	0,274
Punkt 10–18	0,070	0,15	0,06	0,046	0,14	0,251
Punkt 19–27	0,054	0,06	0,05	0,052	0,24	0,248
Punkt 20–36	0,070	0,07	0,05	0,056	0,16	0,153
Gjennomsnitt	0,059	0,083	0,050	0,051	0,178	0,232
Standardavvik	0,014	0,046	0,008	0,004	0,043	0,054

Snitt for gruppe	0,061	0,205
Standardavvik for gruppe	0,026	0,054
Snitt $\pm$ standardavvik	0,035 – 0,086	0,151 – 0,258
Snitt $\pm$ 2 standardavvik	0,009 – 0,112	0,097 – 0,312
> Snitt $\pm$ 2 standardavvik	utenfor 0,009 – 0,112	utenfor 0,097 – 0,312



Wheel Track – Ringanalyse 2016

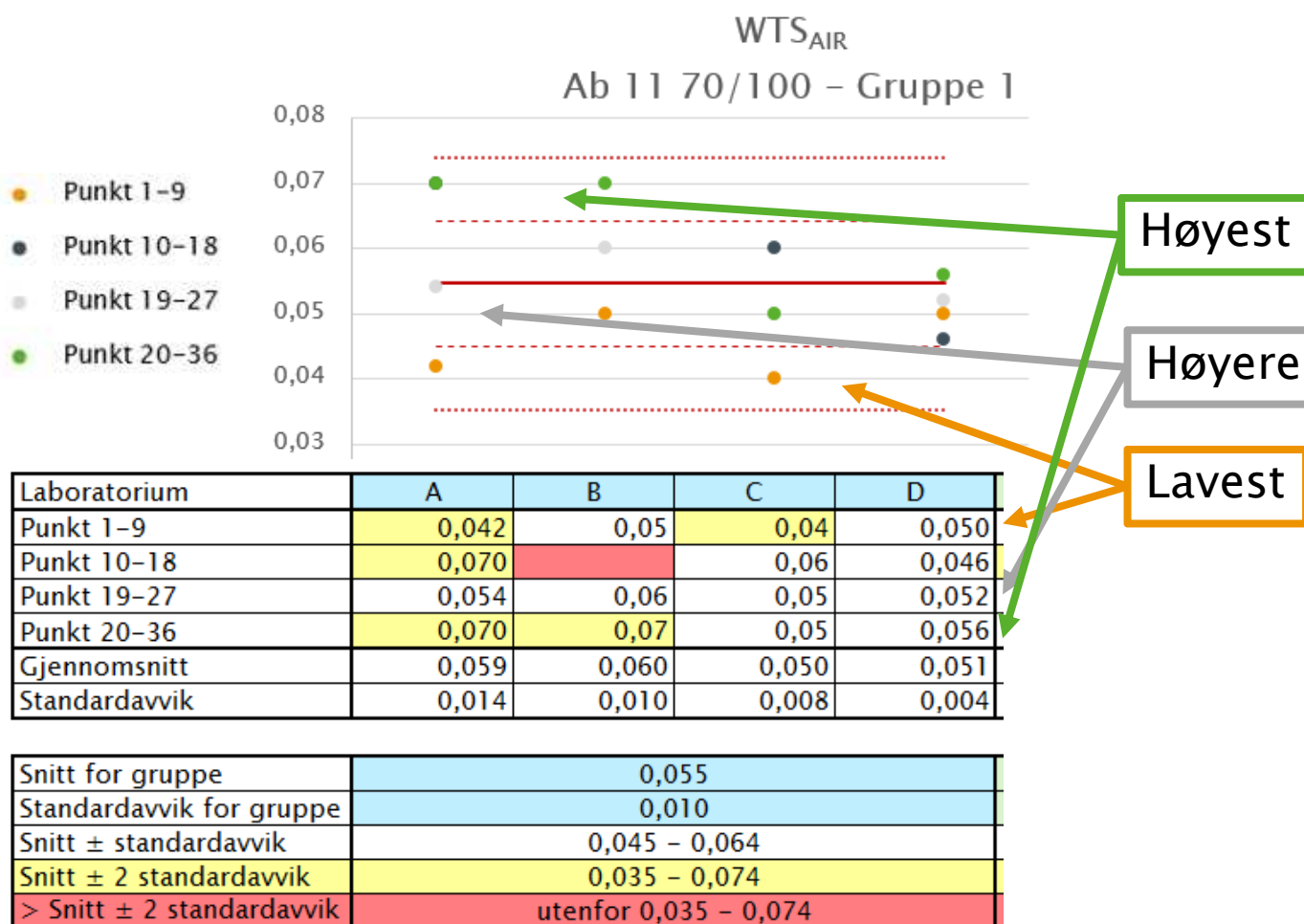
Grafisk fremstilling – datasett (A – D)





Wheel Track – Ringanalyse 2016

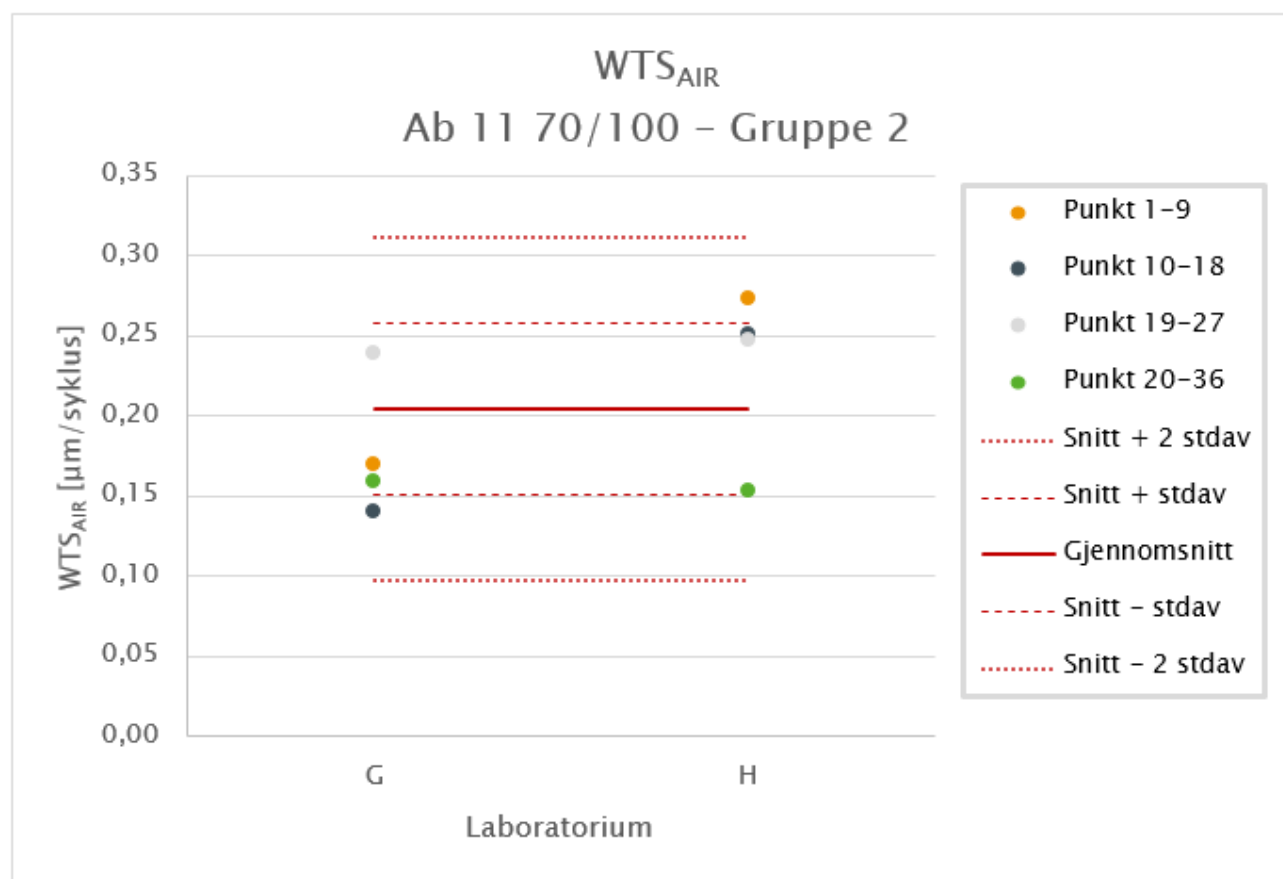
Datasett (A–D) ved fjerning av uteligger





Wheel Track – Ringanalyse 2016

Grafisk fremstilling – datasett (G – H)

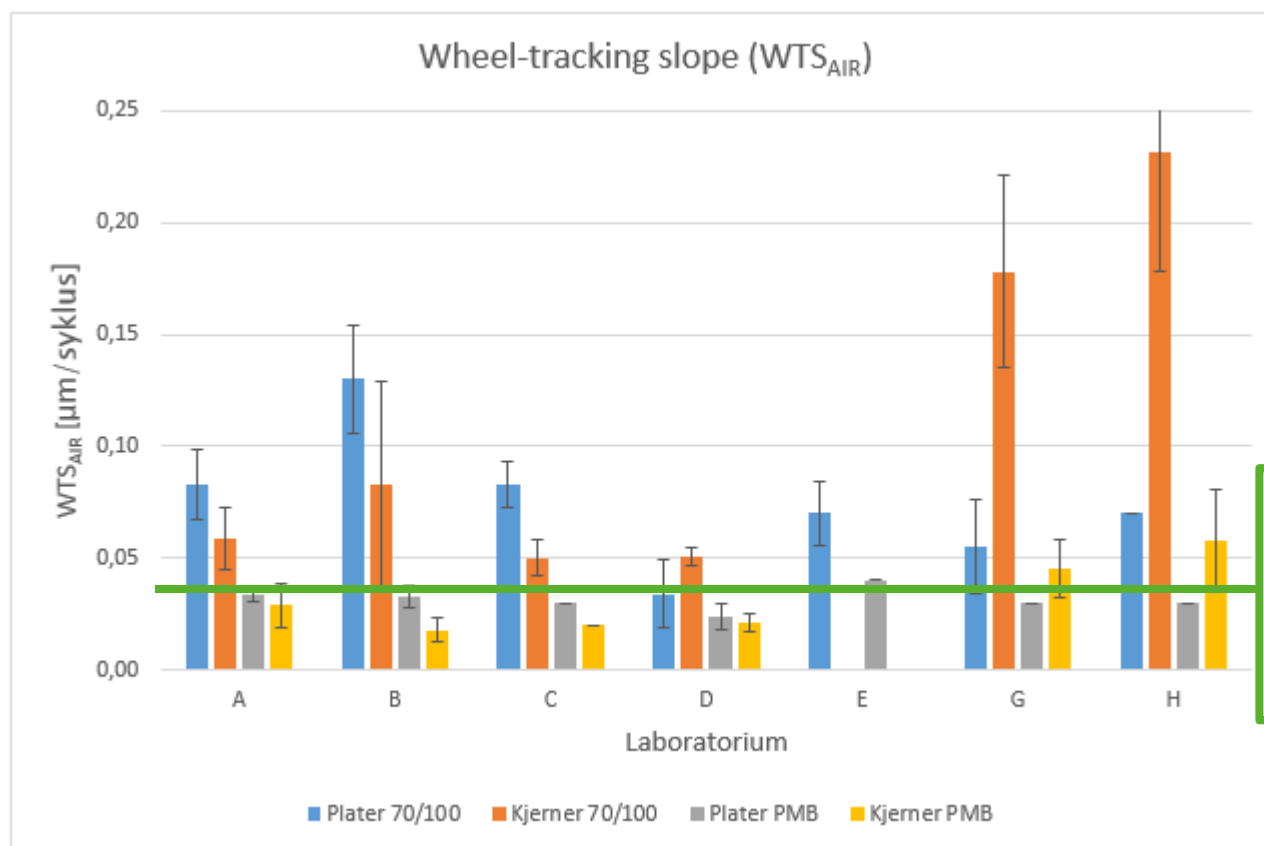




Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Wheel Track – Ringanalyse 2016

Resultater WTS_{AIR}



Laveste
krav-
kategori
EN 13108



Wheel Track – Ringanalyse 2016

Resultater WTS_{AIR}

- Laboratorier G og H skiller seg ut på testing av kjerner
 - Forklaring på dette ligger i ulike prosedyrer
- Laboratoriene har samme rangering (ett lite unntak)
 - kjerner tester bedre enn plater
 - PMB tester bedre enn 70/100
- Noe forskjell i faktiske verdier
- omtrent lik variasjon innad på laboratoriene som mellom
 - repeterbarhet (r)
 - reproduserbarhet (R)
- Resultatene er rapportert med få desimaler (2)
 - Dette begrenser kvaliteten på resultatanalysen
 - Eksempel 0,024 er 60% mer enn 0,15 men begge ville blitt rapportert som 0,02.

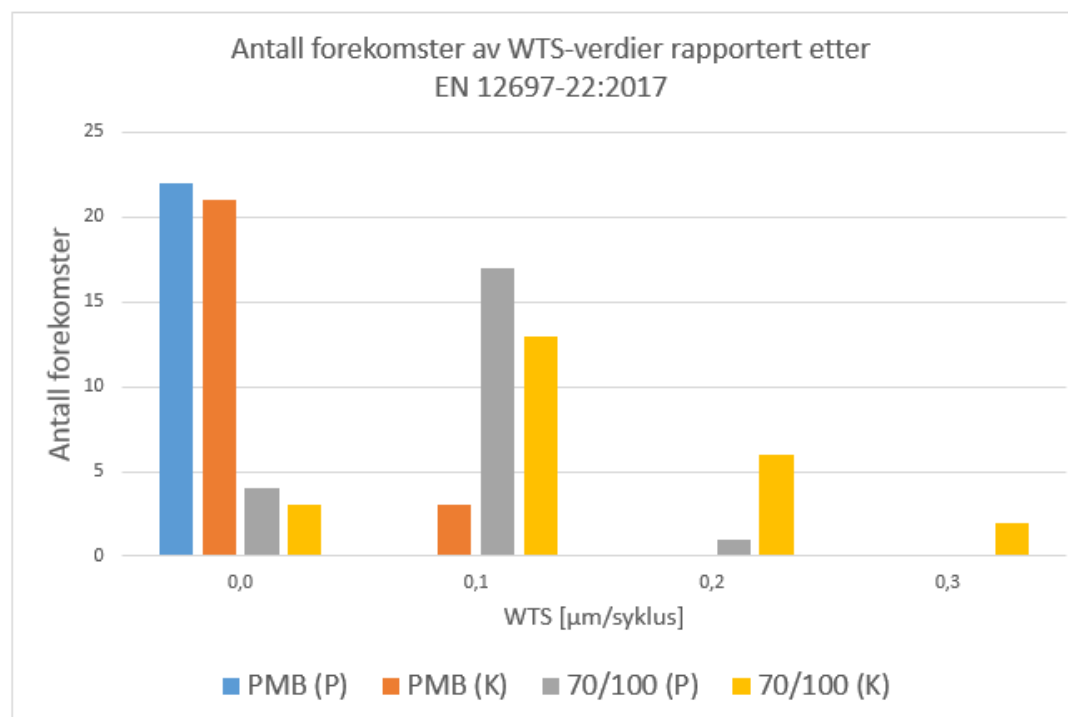


Wheel Track – Ringanalyse 2016

Presisjon WTS

- WTS oppgis oftest med 2 desimaler
- Beregning av R og r krever én ekstra desimal – her 3 desimaler
- I henhold til EN 12697-22:2017 skal kun 1 desimal oppgis

WTS-verdier fra
Ringanalysen oppgitt
i henhold til
EN 12697-22:2017





Wheel Track – Ringanalyse 2016

Presisjon WTS

- EN 12697-22:2017(?)
 - WTS oppgis i **0,1 μm** /syklus
(for området 5000 – 10000 sykler)
 - Krav til måleutstyr er $\pm 0,2 \text{ mm}$
($\pm 0,2 \text{ mm}/5000 \text{ sykler} = \pm 0,04 \mu\text{m}/\text{syklus}$)
- EN 13108-1:2016
 - WTS-klasser med nøyaktighet **0,01 mm/10³** sykler

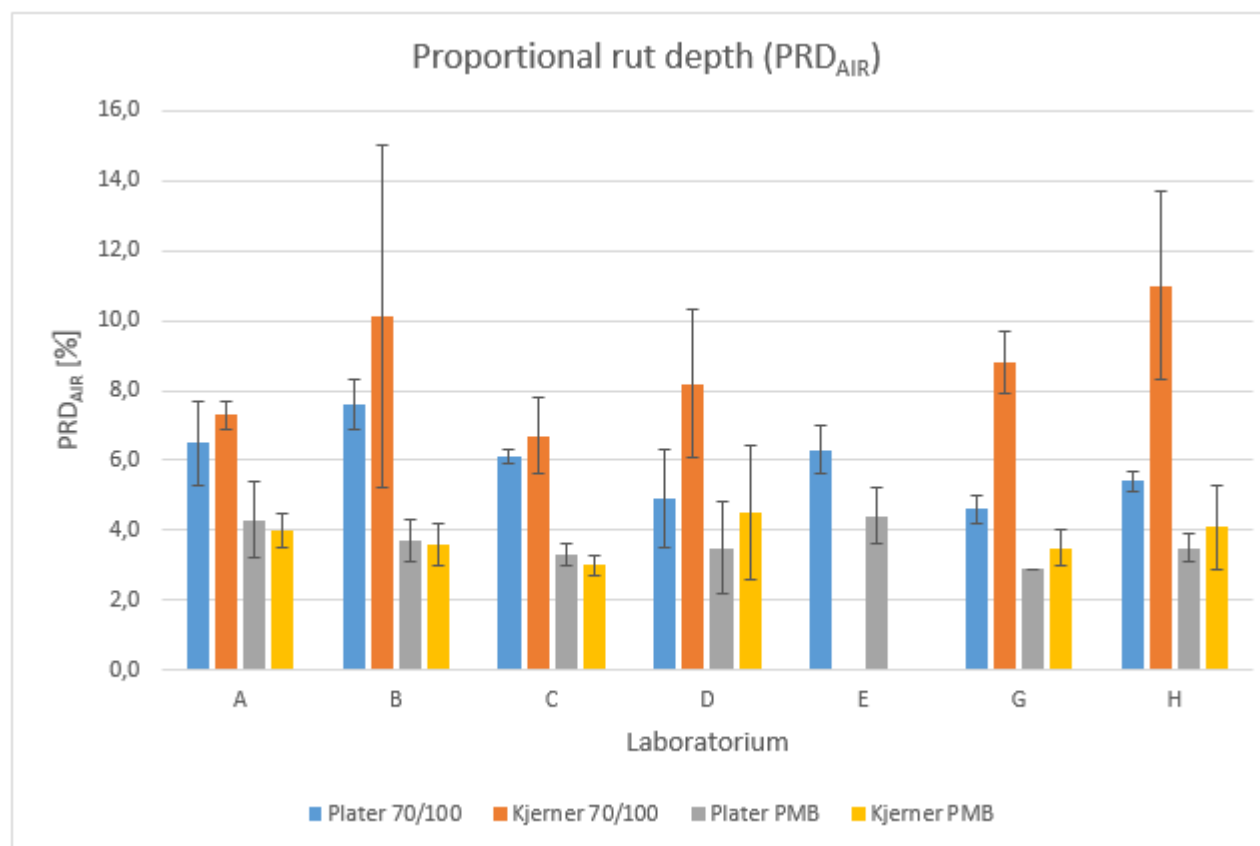
Table 12 — Resistance to permanent deformation, small size device^a,
procedure B, conditioning in air, maximum wheel tracking slope, $WTS_{\text{AIR max}}$

Maximum wheel tracking slope mm per 10 ³ load cycle	Category $WTS_{\text{AIR max}}$
0,03	$WTS_{\text{AIR max}} 0,03$
0,04	$WTS_{\text{AIR max}} 0,04$
0,05	$WTS_{\text{AIR max}} 0,05$
0,06	$WTS_{\text{AIR max}} 0,06$
0,07	$WTS_{\text{AIR max}} 0,07$



Wheel Track – Ringanalyse 2016

Resultater PRD_{AIR}



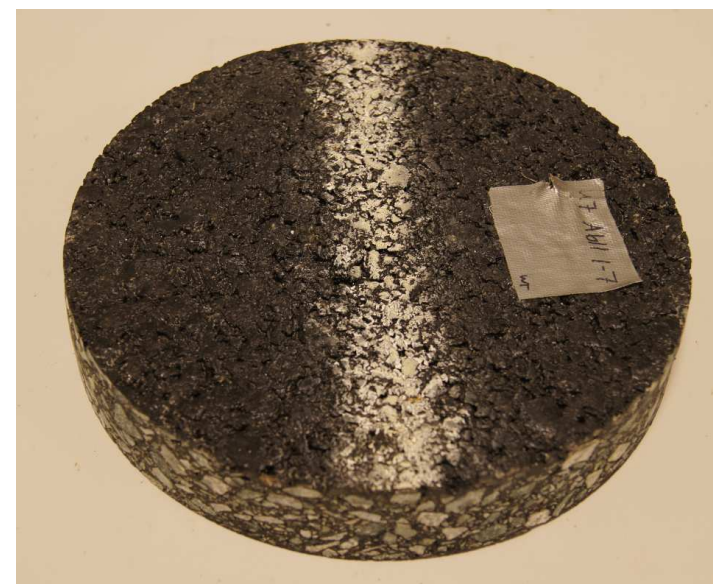


Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Wheel Track – Ringanalyse 2016

Resultater PRD_{AIR}

- Kjerner fra bindemiddel 70/100 har de høyeste målte verdiene og også den største spredningen
- Det er et rimelig samsvar mellom verdier målt på kjerner fra veg og på plater tilvirket på lab, både for 70/100 og for PMB
- Generelt er spredningen (standardavviket) «for» stor, men den er igjen like stor på prøver ved ett laboratorium som mellom laboratoriene
- Middelerverdiene for PMB (kjerner og plater) er fint samlet fra 3 – 4 % for alle laber

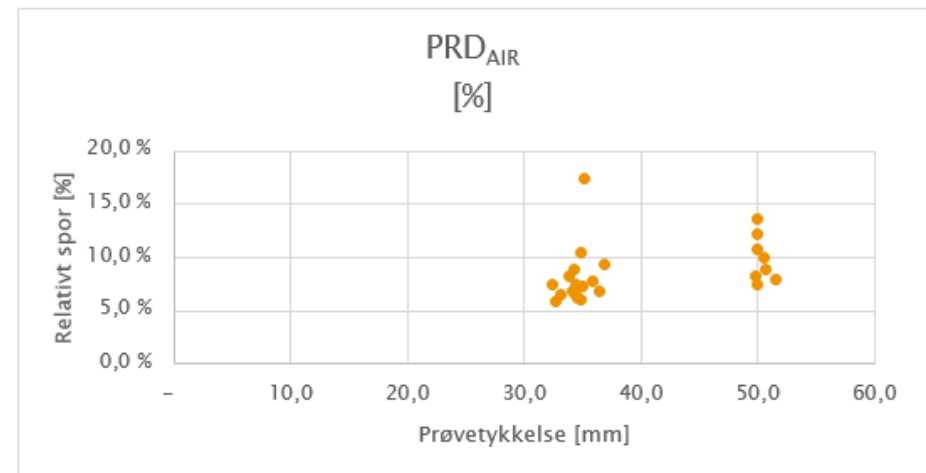
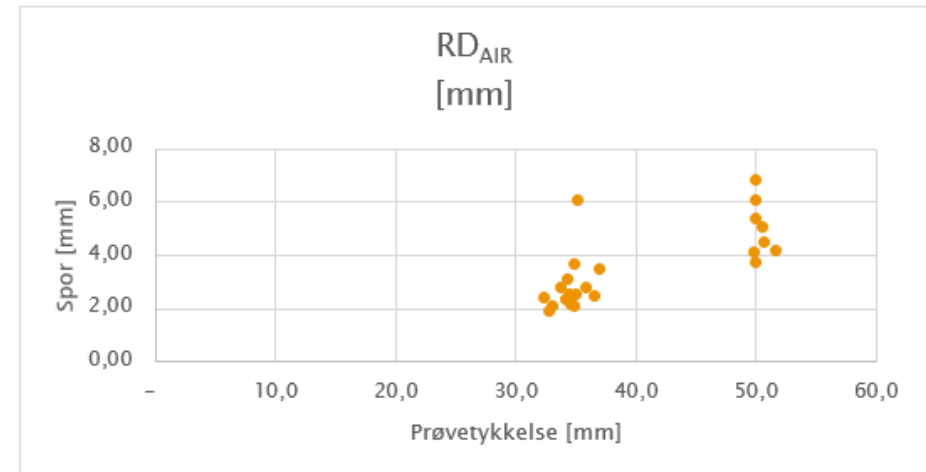




Wheel Track – Ringanalyse 2016

RD_{AIR} eller PRD_{AIR}

- De to settene i ringanalysen gir likere resultater med PRD enn med RD
- Det ene settet er kappet på lagskillet (3,5 cm)
- Det andre er målt med underliggende lag
- Begge sett har total høyde 5 cm





Wheel Track – Ringanalyse 2016

Repeterbarhet og Reproduserbarhet

Repeterbarhet (r)		WTS _{AIR}	RD _{AIR}	PRD _{AIR}
Labtilvirkede prøver	Ab 11 70/100	0,045	1,15	2,3 %
	Ab 11 PMB	0,009	1,07	2,1 %
Borkjerner (A-D)	Ab 11 70/100	0,067	2,73	7,6 %
	Ab 11 PMB	0,017	1,11	2,9 %
Borkjerner (A-D) – Uteligger	Ab 11 70/100	0,027	1,36	3,7 %
	Ab 11 PMB			
Borkjerner (G-H)	Ab 11 70/100	0,135	2,76	5,5 %
	Ab 11 PMB	0,051	1,28	2,5 %

Reproduserbarhet (R)		WTS _{AIR}	RD _{AIR}	PRD _{AIR}
Labtilvirkede prøver	Ab 11 70/100	0,091	1,71	3,5 %
	Ab 11 PMB	0,015	1,16	2,4 %
Borkjerner (A-D)	Ab 11 70/100	0,072	2,82	7,8 %
	Ab 11 PMB	0,020	1,18	3,0 %
Borkjerner (A-D) – Uteligger	Ab 11 70/100	0,027	1,40	3,6 %
	Ab 11 PMB			
Borkjerner (G-H)	Ab 11 70/100	0,158	3,15	6,5 %
	Ab 11 PMB	0,051	1,22	2,4 %

Ubalansert utvalg.

Ny uteligger oppstår ved fjerning av den første.

Uteliggere forelå også her, men ble ikke fjernet.

Repeterbarhet (r%)		WTS _{AIR}	RD _{AIR}	PRD _{AIR}
Labtilvirkede prøver	Ab 11 70/100	58 %	38 %	38 %
	Ab 11 PMB	28 %	58 %	58 %
Borkjerner (A-D)	Ab 11 70/100	111 %	97 %	94 %
	Ab 11 PMB	78 %	80 %	75 %
Borkjerner (A-D) – Uteligger	Ab 11 70/100	49 %	53 %	50 %
	Ab 11 PMB			
Borkjerner (G-H)	Ab 11 70/100	66 %	55 %	56 %
	Ab 11 PMB	99 %	67 %	66 %

Reproduserbarhet (R%)		WTS _{AIR}	RD _{AIR}	PRD _{AIR}
Labtilvirkede prøver	Ab 11 70/100	117 %	57 %	58 %
	Ab 11 PMB	49 %	63 %	64 %
Borkjerner (A-D)	Ab 11 70/100	118 %	101 %	97 %
	Ab 11 PMB	92 %	85 %	79 %
Borkjerner (A-D) – Uteligger	Ab 11 70/100	50 %	54 %	49 %
	Ab 11 PMB			
Borkjerner (G-H)	Ab 11 70/100	77 %	63 %	66 %
	Ab 11 PMB	99 %	64 %	64 %

Skala	0 %	33 %	100 %
-------	-----	------	-------



Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Wheel Track – Ringanalyse 2016

Repeterbarhet og Reproduserbarhet

- Det er generelt høye verdier, både av r og R
- Det oppnås faktisk bedre Reproduserbarhet enn Repeterbarhet i enkelte tilfeller
 - Dette skyldes det begrensede testomfanget
 - Understreker likevel at tilfeldige feil veier tyngre enn systematiske feil (mellom laboratoriene)
- Laboratorietilvirkede prøver gir mindre variasjon enn kjerner fra veg



Wheel Track – Ringanalyse 2016

Repeterbarhet og Reproduserbarhet

- Sammenligning med andre ringanalyser
 - Også andre ringanalyser viser høye tall for r og R
 - Ringanalysen 2016 ligger likevel høyere
 - Det bør være rom for forbedring

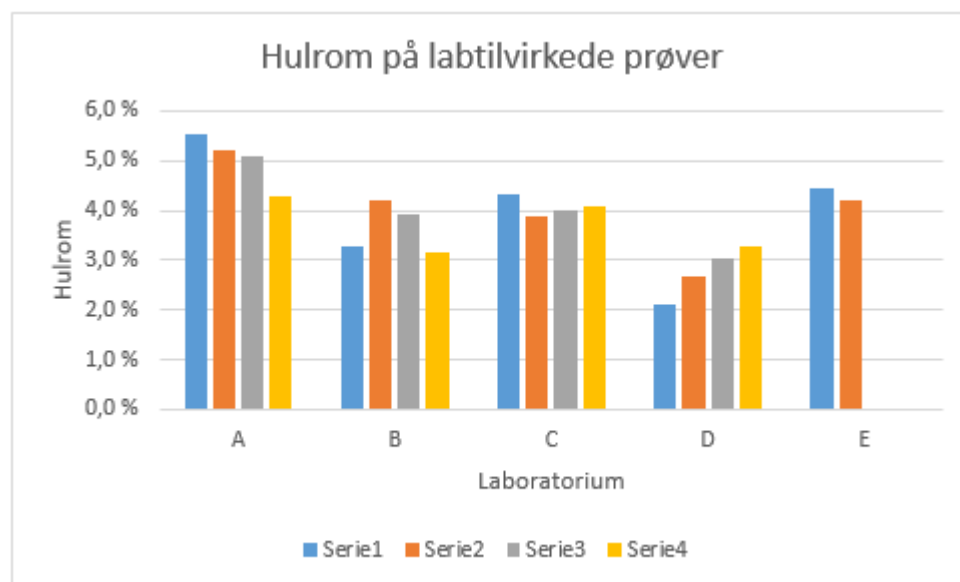
Undersøkelse	Resultat	r%	R%
Norge 2016	RD – plater	48 %	60 %
	RD – kjerner	65 %	68 %
SBUF 2014 (12759)	RD – plater	38 %	45 %
UK 1992 – 1994 metode A gjengitt i EN 12697-22	RD – plater	30 %	56 %
	RD – kjerner	34 %	58 %



Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Wheel Track – Ringanalyse 2016

Forsøksfaktorer: Hulrom (plater)

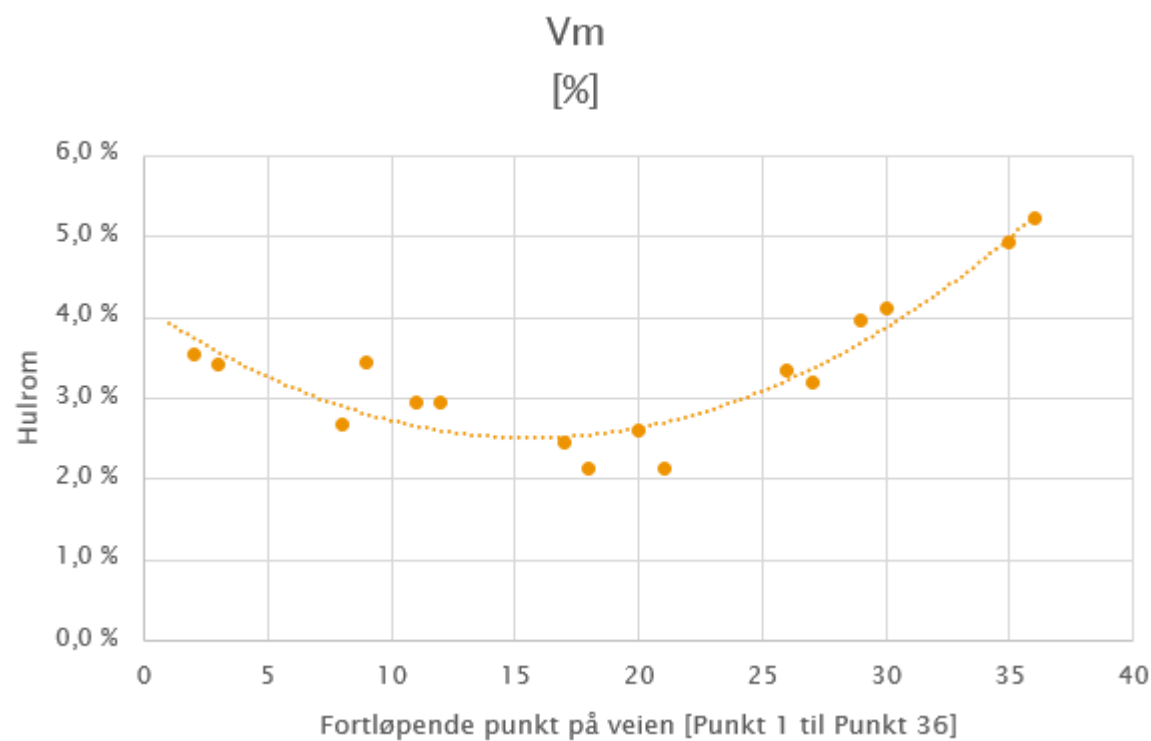




Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Wheel Track – Ringanalyse 2016

Faktorer: Hulrom (kjerner)

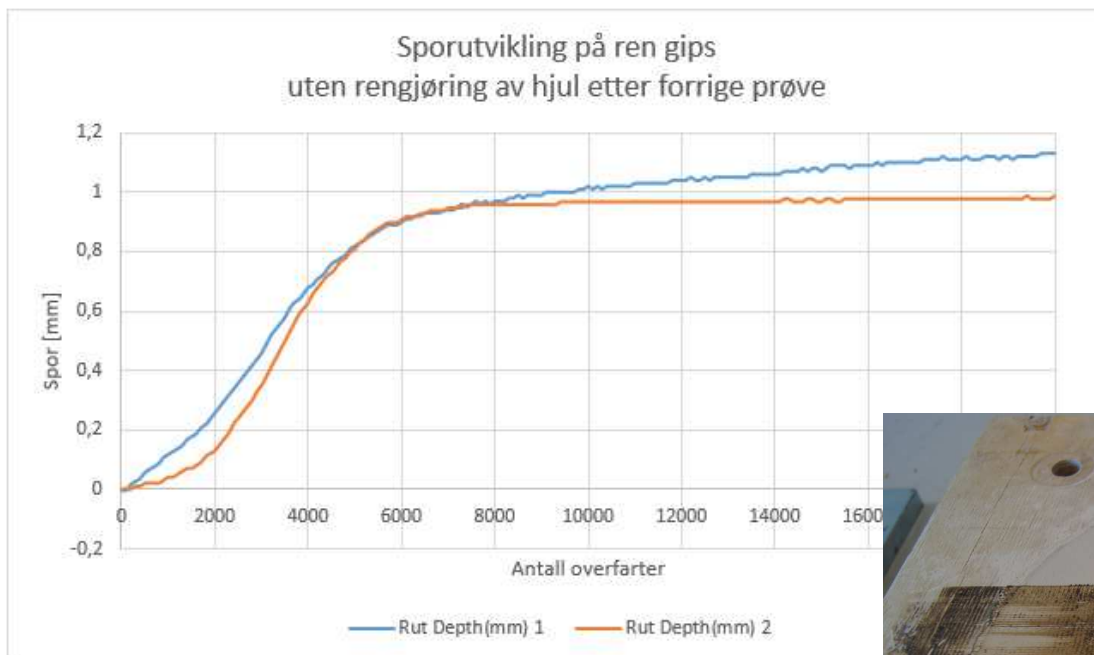




Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Wheel Track – Ringanalyse 2016

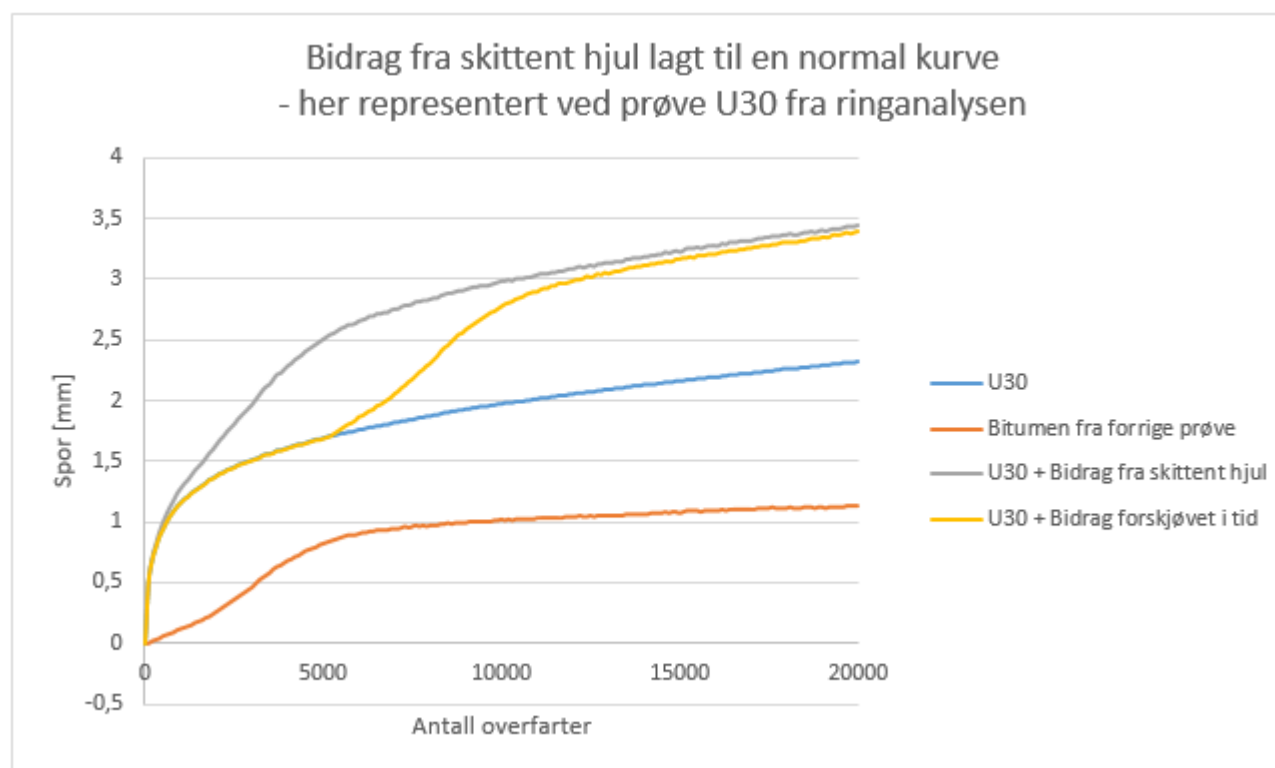
Faktorer: Rengjøring av hjul





Wheel Track – Ringanalyse 2016

Faktorer: Konstruerte kurver



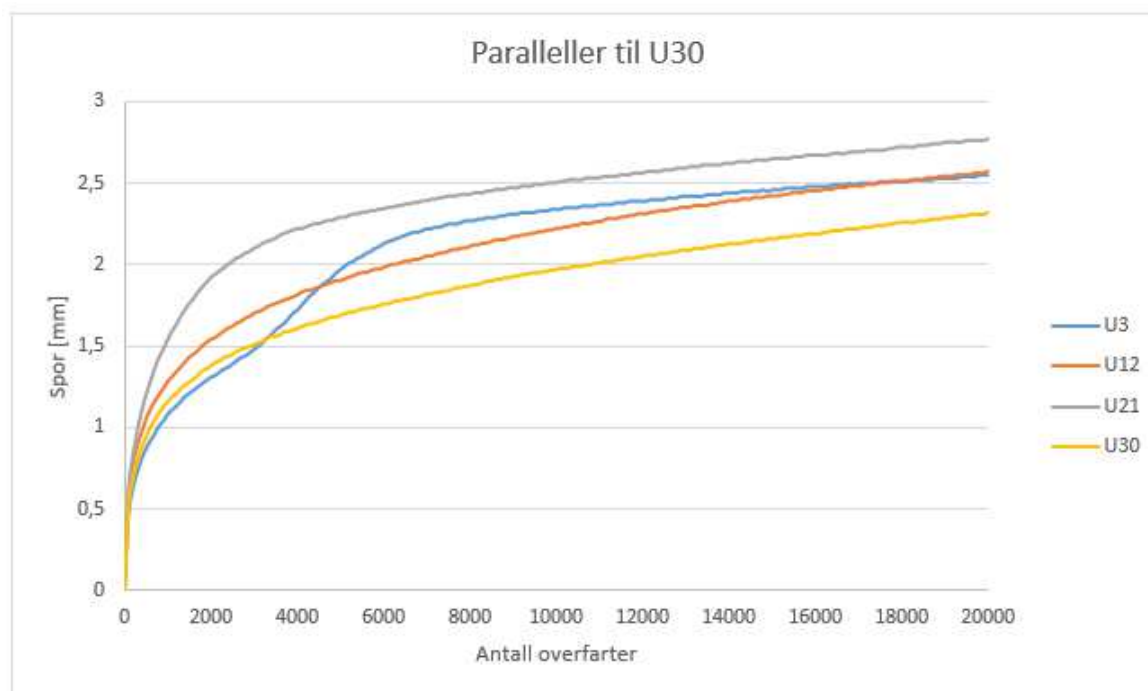


Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Wheel Track – Ringanalyse 2016

Andre årsaker til «skift» i kurven?

- Luftrom under gips eller mellom gips og prøve
- Svak gips
- Urenhet under metallplate
- Gummien i hjulet gir etter ...



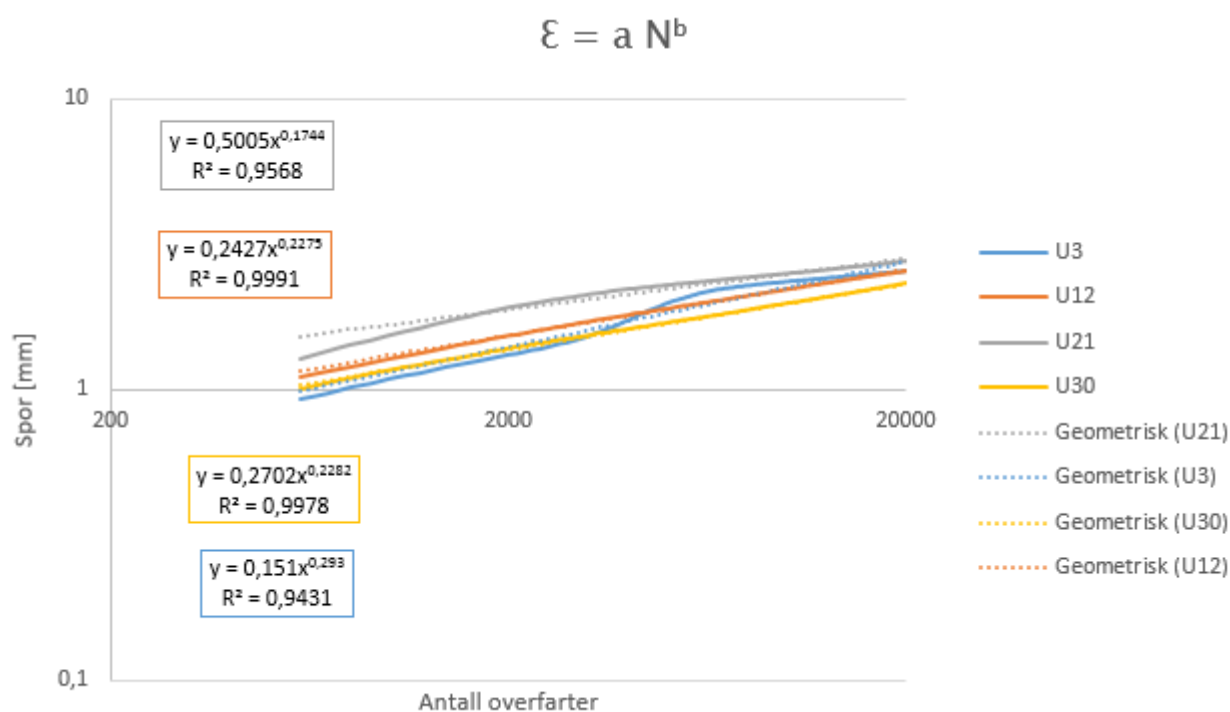
Et av flere
eksempler på
prøver med
«skift»



Wheel Track – Ringanalyse 2016

Datamodellering

- Kan man finne kriterier for å utelukke svake data?

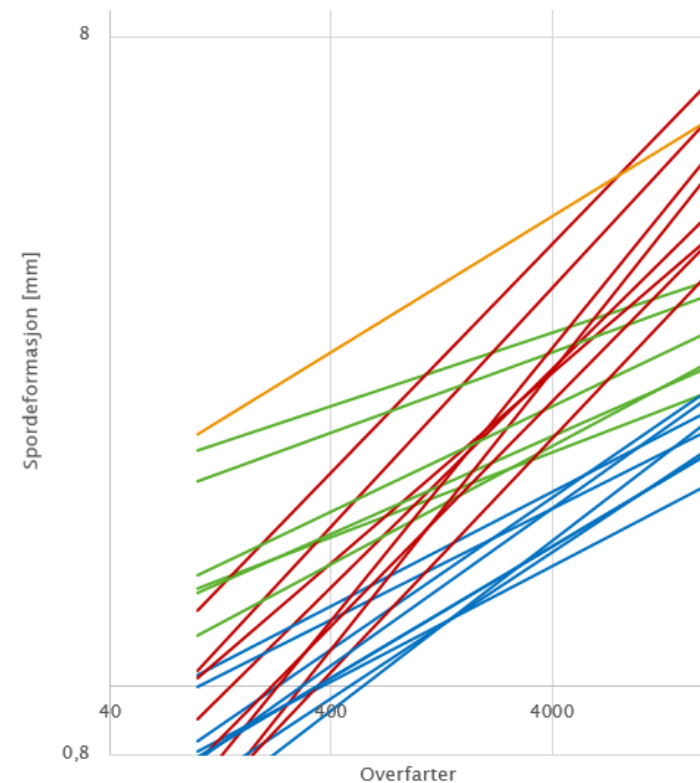
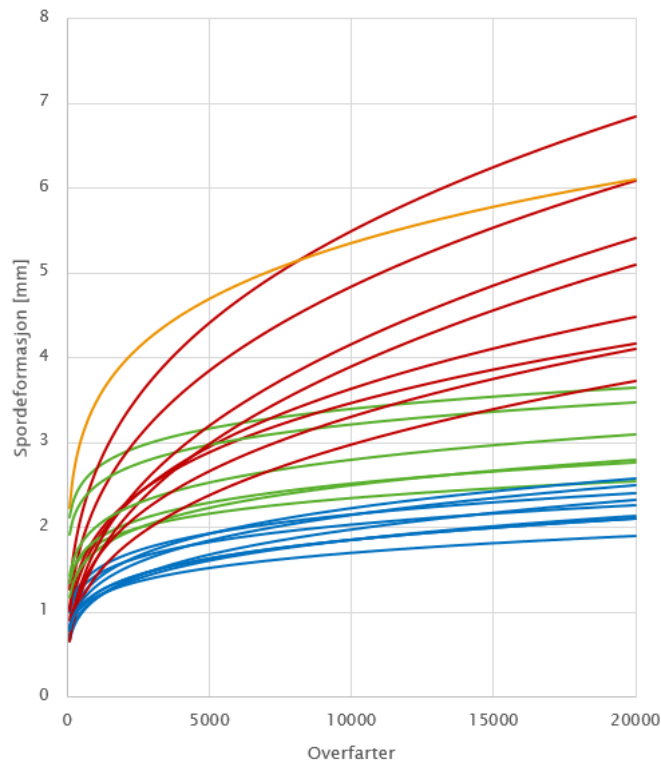




Wheel Track – Ringanalyse 2016

Datamodellering

- Kurvene kan plottes basert på RD og WTS (2 punkter)
- Eller kurven først. Fra regresjonen kan man finne RD og WTS





Wheel Track – Ringanalyse 2016

Andre momenter, verdt å merke seg

- EN 12697-22:2017(?)
 - Rengjøringsmiddel for hjul med mer spesifikt nevnt for lite utstyr, metode B i luft, på kjerner!
 - Laboratorietilvirkede prøver for $D = 11$ anbefales til 40 mm
 - Densiteten til kjerner skal ikke avvike mer enn $\pm 1 \%$ fra gjennomsnittet
 - Ingen av de fire målte tykkelsene (høyder?) på en kerne skal avvike mer enn 2,5 mm fra den nominelle tykkelsen
 - Fire diametere måles og ingen skal avvike mer enn 2 mm
 - Kjerner skal ikke bores tidligere enn 2 dager etter kompaktering
 - Alle prøver i en serie skal ha samme alder $\pm 10 \%$
 - Prøver skal lagres 48 timer til 14 dager før testing
 - Temperaturen i prøven påvirkes av at hjulet går over prøven og temperaturkontrollen skal ideelt sett være styrt av temperaturen i prøvene
 - Rommet mellom prøven og formen (som fylles med gips) skal være maksimalt (?) 5 ± 1 mm



Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Takk for meg!