

**SINTEF IKT**

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: O S Bragstads plass, Setra
Telefon: 73 59 30 00
Telefaks: 73 59 43 02

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

MILJØVENNLIGE VEGDEKKER
Resultater fra støy- og teksturmålinger på vegdekker i
Kongsvingerområdet, 2004.

FORFATTER(E)

Truls Berge, Svein Å. Storeheier, Asbjørn Ustad

OPPDRAAGSGIVER(E)

Vegdirektoratet, Veg- og trafikkfaglig senter i Trondheim

RAPPORTNR. STF90 A05109	GRADERING Åpen	OPPDRAAGSGIVERS REF. Jostein Aksnes, Pål Rosland	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN 82-14-03806-5	PROSJEKTNR. 90E214/90E239	ANTALL SIDER OG BILAG 45
ELEKTRONISK ARKIVKODE SINTEF RAPPORT_kongsvinger2004_tekst.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Truls Berge	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Svein Å.Storeheier	
ARKIVKODE	DATO 2005-08-19	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Odd Kr.Ø.Pettersen, Forskningsjef	

SAMMENDRAG

Det er gjennomført støymålinger etter CPX-metoden på i alt 11 ulike vegdekker i Kongsvingerområdet, inklusive 5 tynndekker ved Rasta. I forhold til referansedekket (Ska14) gir de beste tynndekkene (Ska8) en støyreduksjon på ca. 2 dB(A) i hastighetsområdet 50-60 km/t.

En spesiell måling etter "Coast-by-metoden" (forbirulling med avslått motor) på et Ska11-dekke (Rv.2), der det ble kjørt både i hjulspor (med slitasje) og på vegskulder (uten slitasje), antyder en piggdekk/slitasje-effekt som gir ca. 2-2.5 dB(A) **økning** i støynivå.

Statens vegvesen har utført teksturmålinger på de 11 testdekkene nevnt ovenfor høsten 2004, fordelt på begge kjøretninger (felt 1 og felt 2). SINTEF IKT har analysert teksturregistreringene med hensyn til teksturspektra og et sett med karakteriserende parametre avledet fra teksturspektra og vegoverflatens profildata. Detaljdata for dette er rapportert i vedlegg. Analyser av sammenheng mellom støy og tekstur skal gjøres senere på et samlet datamateriale. En foreløpig regresjonsanalyse viser at støyen (LA cpx) grovt sett øker med økende mpd-verdi (midlere profildybde) for vegdekker med minst én piggdekk sesong, men med indikasjoner på at støyen også kan avhenge av andre teksturbeskrivelser.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Akustikk	Acoustics
GRUPPE 2	Støy	Noise
EGENVALGTE	Vegdekker	Road surfaces
	CPX-målinger	CPX-measurements
	Tekstur	Texture

Forord

Støymålingene dokumentert i denne rapporten er finansiert av Vegdirektoratet, Veg- og trafikkfaglig senter i Trondheim (VOTT). I tillegg er analyse og bearbeiding av teksturdata finansiert av Vegdirektoratet, (Ferjekontoret)

Kontaktpersoner hos oppdragsgiver har vært Jostein Aksnes, VOTT og Pål Rosland, VD. Forsker Truls Berge har vært prosjektleder og senioring. Asbjørn Ustad har vært ansvarlig for den praktiske gjennomføring av målinger og bearbeiding av data. Seniorforsker Svein Å. Storeheier har vært ansvarlig for teksturanalyse.

INNHALDSFORTEGNELSE

1	BAKGRUNN	4
2	MÅLEOPPLEGG	4
2.1	MÅLEUTSTYR OG BILDEKK	5
3	MÅLERESULTATER, STØY	6
3.1	NIVÅ VED 50 KM/T	6
3.2	NIVÅ VED 60 KM/T	8
3.3	ENDRINGER I STØYNIVÅ FRA 2003 TIL 2004	9
3.4	SPESIELLE MÅLINGER PÅ RV.2.	10
4	TEKSTURMÅLINGER	13
4.1	BAKGRUNN	13
4.2	REGISTRERINGER	13
4.3	TEKSTURSPKTRA	14
4.4	TEKSTURDATA AVLEDET FRA OVERFLATEPROFIL	14
4.5	MÅLTE TEKSTURDATA I 2004	15
4.5.1	<i>Detaljresultater</i>	15
4.5.2	<i>Resultatsammenstilling, teksturdata 2004</i>	17
4.6	VIDERE ARBEID	18
4.7	STØY OG TEKSTURDATA, NOEN FORELØPIGE RESULTATER	18
VEDLEGG 1:	BILDER AV VEGDEKKER	20
VEDLEGG 2:	TEKSTURDATA	26

1 Bakgrunn

Prosjektet ”Miljøvennlige vegdekker” i regi av Vegdirektoratet, Veg- og trafikkfaglig senter i Trondheim (VOTT) startet opp som et forprosjekt i 2003. SINTEF ble da engasjert til å gjennomføre støymålinger på et utvalg vegdekker i Kongsvingerområdet.

I alt ble det målt på 9 vegdekker. 5 av disse var tynndekker på det såkalte Rastafeltet i Kongsvinger. Målingene i 2003 ble gjennomført da disse dekkene kun var ca. 4 uker gamle, og dermed ikke nødvendigvis støymessige representative for denne typen vegdekke. Det var derfor viktig å foreta målinger også i 2004, for å følge den støymessige utviklingen av vegdekkene etter en vintersesong.

2 Måleopplegg

Støymålingene ble gjennomført 1. og 2. september 2004.

Tabell 2.1 viser hvilke vegdekker som inngikk i måleprogrammet.

Tabell 2.1 Vegdekker

Dekke nr.	Sted, veg	Massetype	Leggeår
1	Rasta, Rv.2	Ska8	2003
2	Rasta, Rv.2	Ab6	2003
3	Rasta, Rv.2	Ska11	2003
4	Rasta, Rv.2	Ab6	2003
5	Rasta, Rv.2	Ska8	2003
6	Rasta, Rv.2	Ska14	1996
8	Skarnes, Rv.2	Ab8	2000
9	Skarnes, Rv.175	Ab11	2002
10	Skarnes, Rv.175	Ska8	2002
11	Vektstasjon, Rv.2	Ska11	2003
12	Rasteplass, Rv.2	Ska14	1999

Vegdekker 1-9 inngikk i måleprogrammet i 2003¹. I 2003 ble det også målt på et tynndekke på Gjemselund (dekke 7) I 2004 var det vegarbeid på denne strekningen, slik at det ikke var mulig å følge opp med nye målinger her.

Vegdekker 11 og 12 er identiske med de to stedene der det i 2004 ble gjennomført støymålinger på 20 bildekk, i samarbeid med det nederlandske firma M+P². Vegdekkene 1-5 og 8-10 er alle tynndekker, mens de øvrige har normale tykkelser.

Utenom målinger etter CPX-metoden, med ISO-dekk, så ble det på dekke 10 gjort tilleggsmålinger. Med målebilens originaldekk, ble det gjort målinger i henhold til både CPX-metoden (mikrofoner nær dekket), og i henhold til 2001/43/EU-direktivet, dvs. bilen ruller forbi mikrofon i 7.5 m avstand og med avslått motor. Det ble målt både i hjulspor og på vegskulder. I hjulsporet var det tydelig spor av slitasje, inklusive en vintersesong med piggedekk, mens det på vegskulderen ikke var slike spor. Hensikten med disse målingene var å få et estimat av hvilken betydning en viss piggedekkslitasje har for støynivået, sammenlignet med samme vegdekke uten slitasje.

¹ T.Berge, A.Ustad: Vegdekkers støyeegenskaper. Foreløpige resultater fra målinger på norske vegdekker. SINTEF Rapport STF90 A04006, januar 2004.

² T.Berge, A.Ustad: Støymålinger på bildekk i henhold til EU-direktiv 2001/43/EC. Foreløpige måleresultater fra 2003 og 2004. SINTEF Rapport STF90 A04083, november 2004.

I vedlegg 1 er det vist fotos av alle vegdekkene.

2.1 Måleutstyr og bildekk

Målingene er utført med en Peugeot Partner, se figur 2.1. Mikrofonplassering er i henhold til "inner positions" gitt i CPX-metoden.



Figur 2.1 Målebil med mikrofonposisjoner.

Følgende 2 sett med ISO-definerte bildekk er benyttet:

Dekk A: Avon/Cooper ZV1 185/65 R15

Dekk D: Dunlop SP Arctic 185 R14

Dekk D var vennligst stilt til disposisjon av VTI/MüllerBBM for disse målingene. Dekk A er tidligere innkjøpt av SINTEF.

Under CPX-målingene var det bare montert ISO-dekk ved mikrofonen. Bilens øvrige 3 dekk var originaldekk av type Michelin Energy XH-1 195/65 R15.

Figur 2.2 viser dekk A, dekk D og bilens originaldekk.



Dekk A Avon/Cooper ZV1 **Dekk D** Dunlop SP Arctic **Originaldekk**, Michelin Energy XH-1

Figur 2.2 Dekktyper benyttet ved målingene

3 Måleresultater, støy

Ved alle målestrekningene er det kjørt i 2 hastigheter, 50 og 60 km/t.

På hver strekning er det kjørt 2 ganger pr. felt (retning), dvs. vi har 4 sett med måledata pr. vegdekke.

Vegdekke 6 (Rv.2, Ska14) er som i 2003, valgt som referansedekke og forskjell i støynivå i forhold til dette dekket er angitt i tabellene med måleresultater.

3.1 Nivå ved 50 km/t

Tabell 3.1 viser resultatene med dekk A ved 50 km/t og tabell 3.2 tilsvarende resultater for dekk D. Lengde er middelverdi for målt distanse for 4 måleserier (2 pr. felt). Støyreduksjon er gitt som forskjell i middelnivå i forhold til dekke 6 (negativt tall betyr høyere støy enn referansen).

Tabell 3.1 *Dekk A, Avon/Cooper ZVI, 50 km/t*

Dekke nr	Masse type	Lengde m	Felt 1		Felt 2		Middel dB(A)	St.avvik dB(A)	Støyred. dB(A)
			dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)			
1	Ska8	248	92.4	92.0	91.8	91.7	92.0	0.3	2.8
2	Ab6	227	92.7	92.6	92.3	92.0	92.4	0.3	2.4
3	Ska11	161	93.9	94.1	93.4	93.6	93.8	0.3	1.0
4	Ab6	285	92.3	92.4	92.3	92.6	92.4	0.2	2.4
5	Ska8	271	92.4	92.3	92.3	91.9	92.2	0.2	2.5
6	Ska14	270	94.6	94.9	94.9	94.8	94.8	0.1	-
8	Ab8	720	94.2	94.0	94.0	94.0	94.1	0.1	0.7
9	Ab11	71		92.6	92.5	92.3	92.5	0.1	2.3
10	Ska8	439	91.7	91.8	92.2	92.4	92.0	0.3	2.8
11	Ska11	323	93.4	93.8	93.8	93.7	93.6	0.2	1.2
12	Ska14	321	94.8	94.8	94.5	94.8	94.7	0.1	0.1

Tabell 3.2 *Dekk D, Dunlop SP Arctic, 50 km/t*

Dekke nr	Masse type	Lengde m	Felt 1		Felt 2		Middel dB(A)	St.avvik dB(A)	Støyred. dB(A)
			dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)			
1	Ska8	228	93.8	93.6	93.8	94.0	93.8	0.1	1.3
2	Ab6	252	93.4	93.8	94.1	93.6	93.7	0.3	1.3
3	Ska11	163	94.4	94.3	94.4	94.2	94.3	0.1	0.7
4	Ab6	309	93.6	93.5	94.0	93.3	93.6	0.3	1.5
5	Ska8	269	94.1	94.1	93.4	93.7	93.8	0.4	1.3
6	Ska14	270	95.2	95.2	95.0	95.0	95.1	0.1	-
8	Ab8	633	95.1	95.1	95.2	95.4	95.2	0.1	-0.1
9	Ab11	67	93.1	93.4	93.4	93.0	93.3	0.2	1.8
10	Ska8	421	93.6	93.7	93.5	93.6	93.6	0.1	1.5
11	Ska11	327	94.5	94.5	94.6	94.6	94.5	0.1	0.5
12	Ska14	329	95.4	95.4	95.4	95.3	95.4	0.1	-0.3

I henhold til CPX-metoden ("Survey method") skal det beregnes en såkalt CPXI-verdi basert på følgende formel:

$$CPXI = 0.5 L_{DekkA} + 0.5 L_{DekkD} + 0.5 \text{ dB}$$

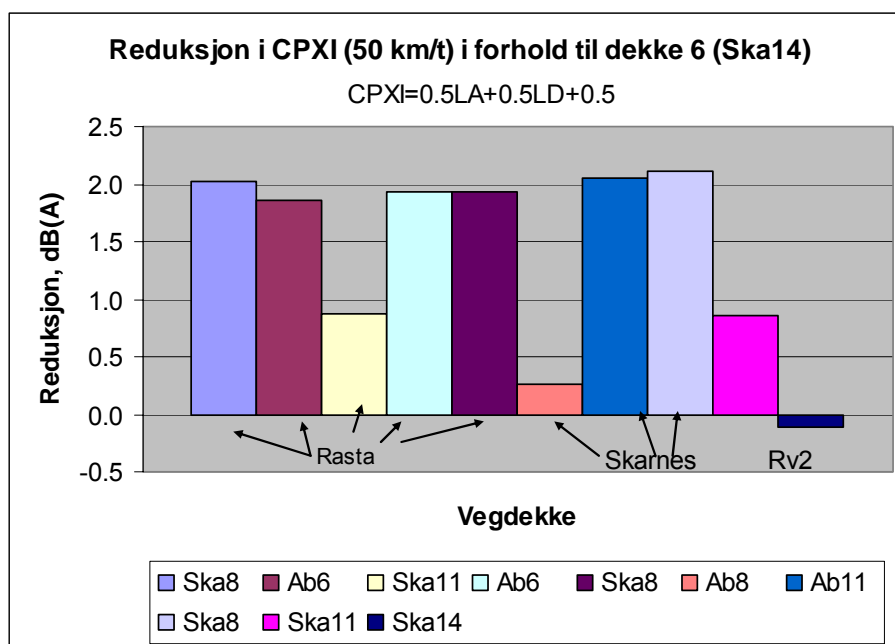
En reduksjon i CPXI-verdi (i forhold til valgt referanse) basert på denne ligningen skal gi forventet støyreduksjon på en veg med normal miks av lette og tunge kjøretøy (korrelasjonen her avhenger til en viss grad av type vegdekke).

Tabell 3.3 viser beregnet CPXI-verdi for de ulike vegdekkene og reduksjon i forhold til vegdekke 6 (negativt tall indikerer økt støy i forhold til referansen).

Tabell 3.3 CPXI ved 50 km/t. Støyreduksjon i forhold til vegdekke 6

Dekke nr	Masstype	Dekk A	Dekk D	CPXI	Støyred.
		dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	Ska8	92.0	93.8	93.4	2.0
2	Ab6	92.4	93.7	93.6	1.9
3	Ska11	93.8	94.3	94.5	0.9
4	Ab6	92.4	93.6	93.5	1.9
5	Ska8	92.2	93.8	93.5	1.9
6	Ska14	94.8	95.1	95.4	-
8	Ab8	94.1	95.2	95.2	0.3
9	Ab11	92.5	93.3	93.4	2.0
10	Ska8	92.0	93.6	93.3	2.1
11	Ska11	93.6	94.5	94.6	0.9
12	Ska14	94.7	95.4	95.5	-0.1

Reduksjon i CPXI i forhold til referansedekke (nr.6) er også vist i figur 3.1.



Figur 3.1 Reduksjon i CPXI ved 50 km/t.

3.2 Nivå ved 60 km/t

Det er også gjennomført målinger ved 60 km/t, unntatt på vegdekkene 9 og 10 der skiltet hastighet er 50 km/t.

Tabellene 3.4 og 3.5 viser resultatene med henholdsvis dekk A og dekk D. Videre er CPXI-verdi og støyreduksjon i forhold til referansevegdekke vist i tabell 3.6.

Tabell 3.4 *Dekk A, Avon/Cooper ZVI, 60 km/t*

Dekke nr	Masse type	Lengde m	Felt 1		Felt 2		Middel dB(A)	St.avvik dB(A)	Støyred. dB(A)
			dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)			
1	Ska8	293	94.6	94.6	94.5	94.6	94.6	0.1	2.9
2	Ab6	225	94.9	95.3	94.9	94.9	95.0	0.2	2.5
3	Ska11	150	96.4	96.5	95.9	96.0	96.2	0.3	1.3
4	Ab6	287	95.0	94.7	94.9	95.1	94.9	0.1	2.6
5	Ska8	239	95.0	94.7	94.6	94.5	94.7	0.2	2.8
6	Ska14	321	97.5	97.3	97.3	97.7	97.5	0.2	-
8	Ab8	843	97.1	97.0	97.0	96.8	97.0	0.2	0.5
9	Ab11								
10	Ska8								
11	Ska11	302	96.1	96.1	96.2	96.2	96.1	0.1	1.3
12	Ska14	321	97.7	97.6	97.2	97.2	97.4	0.2	0.1

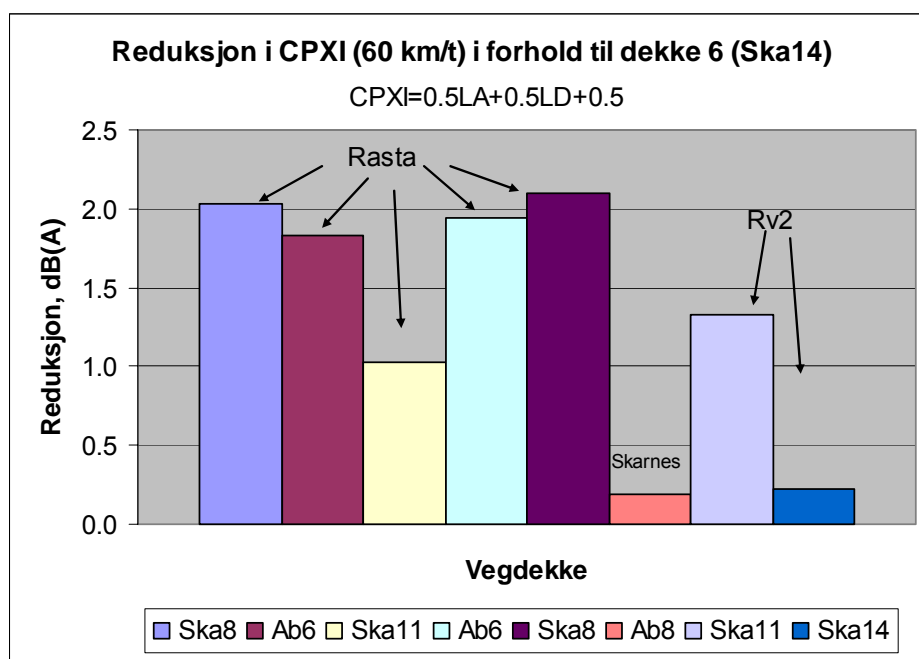
Tabell 3.5 *Dekk D, Dunlop SP Arctic, 60 km/t*

Dekke nr	Masse type	Lengde m	Felt 1		Felt 2		Middel dB(A)	St.avvik dB(A)	Støyred. dB(A)
			dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)			
1	Ska8	303	96.9	96.9	97.0	97.0	97.0	0.1	1.1
2	Ab6	257	96.9	96.8	96.8	97.0	96.9	0.1	1.2
3	Ska11	154	97.2	97.2	97.4	97.4	97.3	0.1	0.8
4	Ab6	300	96.6	96.8	97.0	96.7	96.8	0.2	1.3
5	Ska8	277	97.2	96.4	96.8	96.4	96.7	0.4	1.4
6	Ska14	329	98.1	98.1	98.0	98.2	98.1	0.1	-
8	Ab8	838	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	0.0	-0.1
9	Ab11								
10	Ska8								
11	Ska11	318	97.5	97.4	97.4	94.7	96.8	1.4	1.3
12	Ska14	334	96.1	98.3	98.1	98.3	97.7	1.1	0.4

Tabell 3.6 *CPXI ved 60 km/t. Støyreduksjon i forhold til vegdekke 6*

Dekke nr	Masstype	Dekk A	Dekk D	CPXI	Støyred.
		dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	Ska8	94.6	97.0	96.3	2.0
2	Ab6	95.0	96.9	96.5	1.8
3	Ska11	96.2	97.3	97.3	1.0
4	Ab6	94.9	96.8	96.3	1.9
5	Ska8	94.7	96.7	96.2	2.1
6	Ska14	97.5	98.1	98.3	-
8	Ab8	97.0	98.2	98.1	0.2
9	Ab11				
10	Ska8				
11	Ska11	96.1	96.8	97.0	1.3
12	Ska14	97.4	97.7	98.1	0.2

Figur 3.2 viser en grafisk framstilling av støyreduksjonen gitt i tabell 3.6.



Figur 3.2 Reduksjon i CPXI ved 60 km/t.

Måleresultatene viser at de beste tynnnekkene gir i størrelsesorden en støyreduksjon på **2.0 dB(A)** i forhold til referansedekket. I henhold til tabellene 3.3 og 3.6 gir tynnnekket av typen **Ska8** størst reduksjon.

3.3 Endringer i støynivå fra 2003 til 2004.

Som nevnt innledningsvis ble vegdekkene 1-6 også målt i 2003¹. Tynnnekkene på Rastafeltet (1-5) var bare ca. 1 mnd gamle da de ble målt. (På vegdekkene 8-10 hadde vi bare begrensede resultater pga. våt vegbane, slik at disse ikke er tatt med i denne sammenligningen).

På tynnnekkene på Rastafeltet er det naturlig å forvente en viss økning i støynivå etter ca. 1 år, inklusive en vintersesong med piggdekkslitasje.

I 2003 var ikke dekk D tilgjengelig, slik at vi kun kan sammenligne støynivå målt med dekk A. Videre ble målingene i 2003 gjennomført med en Toyota Avensis. Denne bilen var ikke tilgjengelig for målingene i 2004, slik at disse målingene ble gjort med en Peugeot Partner (se fig.2.1).

En kontrollmåling gjort med dekk A montert på begge disse bilene på en lite trafikkert vegstrekning i Trondheim viste at resultatene er avhengig av hvilken bil som ble benyttet, dvs. at geometri i og omkring hjulkasse tydeligvis har en viss betydning for resultatet. I snitt målte vi ca. 1-1.5 dB(A) *lavere* nivå med Peugeot Partner ved 50 km/t enn med Toyota Avensis. Det gjenspeilte seg også i resultatene fra målingene på vegdekke 6 (referansedekket, Ska14) ved Rasta, der vi tilsynelatende hadde fått en støyreduksjon på 0.6-1.4 dB(A) i 2004 i forhold til i 2003 (målt ved 50 og 60 km/t). Alle målte nivåer i 2004 er derfor *økt* med 1.2 dB(A) for å ta hensyn til innflytelsen av målebil.

I tabell 3.7 viser vi endring i støynivå på de aktuelle vegdekkene i 2004, i forhold til 2003. Alle målinger er ved 50 km/t.

Tabell 3.7 *Endring i målt nivå med dekk A, 50 km/t.*

Vegdekke nr	Massetype	Nivå i 2003 dB(A)	Nivå i 2004 dB(A)*	Endring dB(A)
1	Ska8	92.7	93.2	+ 0.5
2	Ab6	91.7	93.6	+ 1.9
3	Ska11	93.8	95.0	+ 1.2
4	Ab6	91.5	93.6	+ 2.1
5	Ska8	93.2	93.4	+ 0.2
6	Ska14	96.0	96.0	-

* alle nivåer lagt til 1.2 dB(A) i forhold til tabell 3.3

Som tabellen viser, har dekkene med minst steinstørrelse (Ab6) fått høyest støyøkning, i størrelsesorden ca. 2 dB(A). Begge Ska8-dekkene har tilsynelatende hatt en marginal støyøkning, 0.2-0.5 dB(A), noe som må sies å være positivt, med tanke på at de har vært utsatt for en sesong med piggdekkbruk. Det opplyses fra Statens vegvesen at piggdekkandelen i Kongsvingerområdet er ca. 55 % for lette kjøretøy og ca. 8 % for tunge kjøretøy.

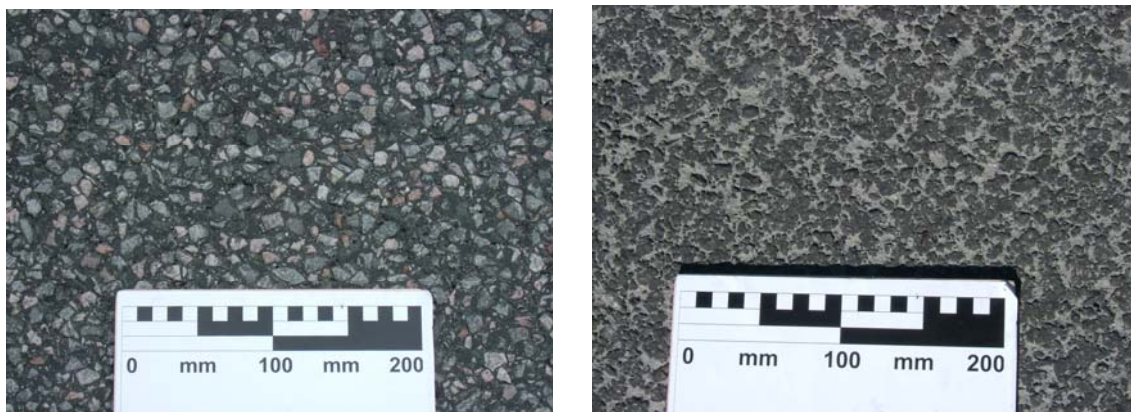
3.4 Spesielle målinger på Rv.2.

Ved vektstasjonen på Rv.2, på vegdekke 12 (Ska11), ble det gjennomført spesielle målinger med originaldekkene til Peugeot Partner, dvs. med Michelin Energy XH-1.

En visuell befaring viste at det var relativ stor forskjell i vegdekkeoverflaten i hjulspor, sammenlignet med overflate på vegskulder.

Siden dette vegdekket ble lagt 1.10.2003, har det vært utsatt for en sesong med piggdekkbruk (piggdekkandel ca. 55 %), samt normal slitasje.

Figurene 3.3 viser overflaten på henholdsvis høyre hjulspor (retning mot Kongsvinger) og på vegskulder.



Figur 3.3 Venstre bilde: Ska11 i høyre hjulspor. Høyre bilde: Ska11 på vegskulder

Det ble gjennomført følgende måleprogram i hastighetsområdet 50-80 km/t:

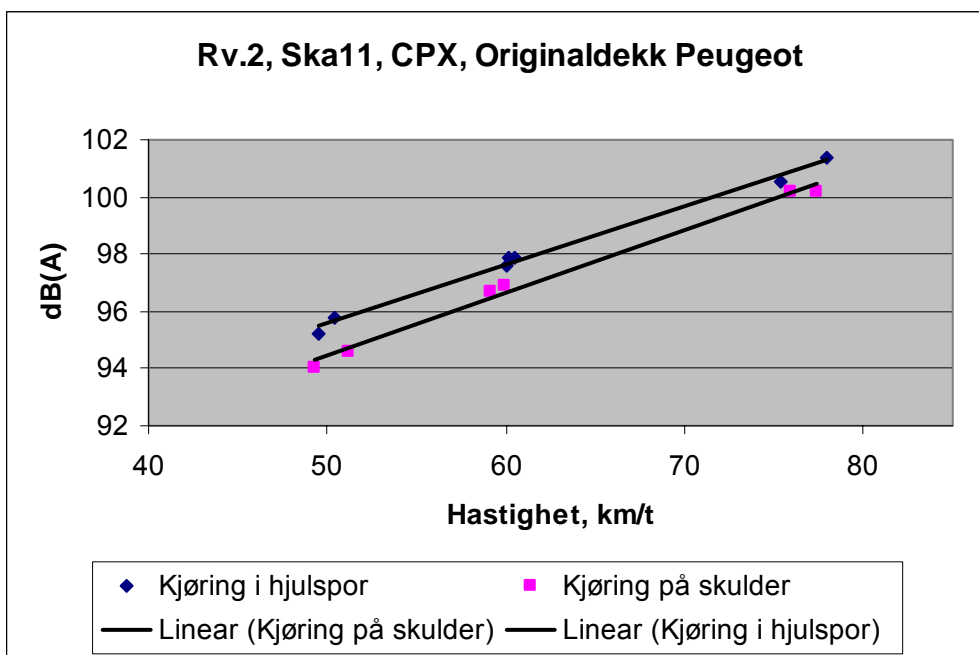
- CPX-målinger: mikrofon nær dekk, motor på.
- "Coastby-målinger": mikrofon i 7.5 m avstand, motor avslått.

Det er målt etter begge målemetodene samtidig, resultater i tabell 3.8.

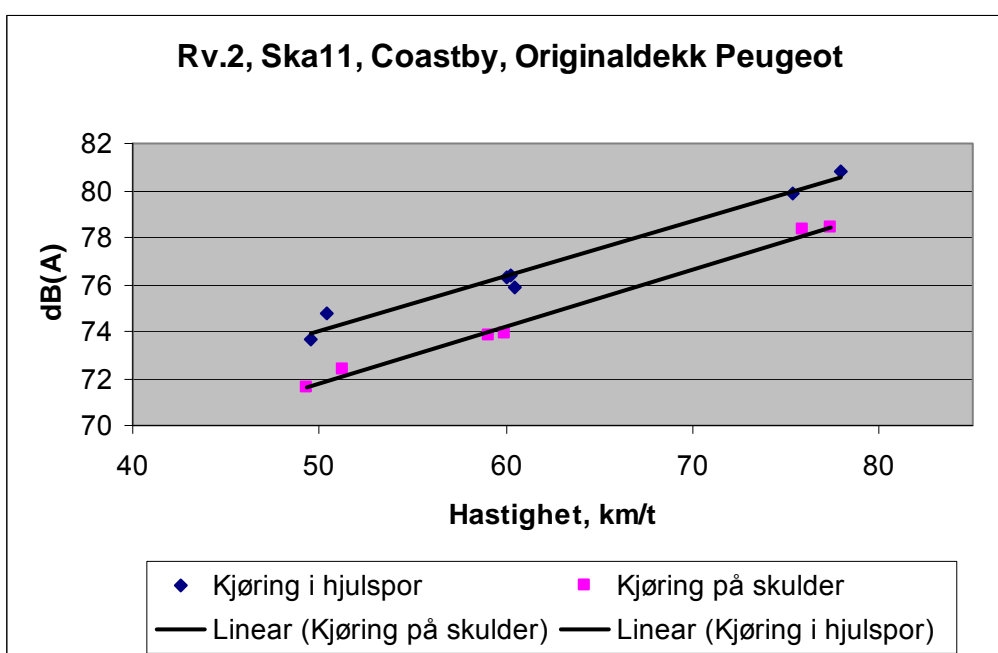
Tabell 3.8 *Kjøring i hjulspor og på vegskulder. 2 målemetoder.*

CPX (nærfelt)				Coast-by (7.5 m)			
I hjulspor		På vegskulder		I hjulspor		På vegskulder	
v, km/t	dB(A)	v, km/t	dB(A)	v, km/t	dB(A)	v, km/t	dB(A)
49.5	95.2	49.3	94.0	49.5	73.7	49.3	71.6
50.4	95.8	51.2	94.6	50.4	74.8	51.2	72.4
60.0	97.6	59.1	96.7	60.0	75.9	59.1	73.8
60.2	97.9	59.9	96.9	60.2	76.4	59.9	73.9
60.5	97.9	-	-	60.5	76.3	-	-
75.4	100.5	75.9	100.2	75.4	79.9	75.9	78.3
77.9	101.4	77.4	100.2	77.9	80.8	77.4	78.4

De samme resultatene er også framstilt grafisk i figurene 3.4 og 3.5.



Figur 3.4 CPX-måling, Peugeot med originaldekk



Figur 3.5 Coast-by måling, Peugeot med originaldekk

Resultatene viser følgende:

Med CPX-metoden måler vi en **økning** i støynivå i hjulsporet i forhold til vegskulder i størrelsesorden **1 dB(A)**.

Med Coast-by-metoden er økningen i størrelsesorden **2-2.5 dB(A)**

Effekten av piggdekkslitasje, målt med denne bilen og med bilens originaldekk, er vesentlig større i en viss avstand (7.5 m) enn det som måles med nærfeltmetoden (CPX). Dette indikerer at en bør gjennomføre en sammenligning mellom CPX-metoden og den statistiske metoden (SPB – måles også i 7.5 m fra kjørefelt) på utvalgte steder, når CPX-tilhengeren er tatt i bruk. Dette for å

framskaffe bedre grunnlag for å estimere støymessige effekter av sporslitasje til omgivelsene (og ikke bare i nærfeltet).

Vi gjør oppmerksom på at dette bare er en enkeltstående måling, og det bør gjøres flere lignende undersøkelser for å kontrollere disse resultatene.

4 Teksturmålinger

4.1 Bakgrunn

Dekk/vegbanestøyen avhenger av bildekkene som er brukt og av vegdekkets egenskaper i overflaten. For tette vegdekker er teksturen viktig, dvs. det mønsteret i overflaten som skapes av vertikale høydevariasjoner. Slike høydevariasjoner vil avhenge av massetypen for vegdekket og etterbehandlingen. Faktorer som påvirker teksturen er bl.a. kornkurven for massen, maks steinstørrelse, etterbehandling (valsing, avstrøing) og slitasje.

Høydevariasjonene i overflaten knyttes til bølgelengder, slik at teksturen ofte blir beskrevet ved et teksturspektrum. Dette viser høydevariasjoner (rms-verdien av amplituder) som funksjon av bølgelengde for svingningene. Vanlig framstilling er rms-amplituder (μm) som funksjon av bølgelengder i 1/3-oktav bånd, med senterbølgelengder i millimeter. Alternativt benyttes en logaritmisk form, dvs. amplitudeverdiene omformes til dB relativt til en referanseverdi på 1 μm . Aktuelt bølgelengdeområde er ca. 1 – 315 mm, som er innenfor områdene makro- og megatekstur i vegteknisk sammenheng.

Arbeidet i dette prosjektet har i utgangspunktet vært fokusert på bruk av teksturspektra for beskrivelse av tekstur, med utvikling av metoder for å framskaffe slike data med utgangspunkt i de registreringene som var tilgjengelige via statens vegvesens målerutiner.

Nyere undersøkelser viser at det i tillegg er nødvendig å se på vegoverflatens høydevariasjoner også på andre måter, for eksempel via statistikk. Det er forberedt for slik analyse. Siden metodeutviklingen har gått gradvis, har en ikke rukket en re-analyse av alle registreringer. Deler av datamaterialet mangler derfor enkelte av de statistiske teksturparametrene som er foreslått, se resultatoversikten gitt i kap. 4.5.2.

Hensikten med arbeidet i denne rapporten er å gi en oversikt over teksturdata som er resultatet av registreringene i 2004. En vurdering av sammenhengen mellom støy og teksturparametre vil bli gjort senere på et mer fullstendig datamateriale.

4.2 Registreringer

Statens vegvesen registrerer systematisk ujevnheter og slitasje på vegger ved bruk av ALFRED målesystem installert i spesialbiler. En av målestørrelsene er midlere profildybde (mpd) som beregnes på grunnlag av høydevariasjoner i overflaten (profil). Data samles inn via et laserbasert måleutstyr som samler vegoverflaten med en viss vertikal og horisontal oppløsning. Slike samlede profildata ble gjort tilgjengelig for prosjektet for beregning av teksturspektra og andre parametre som nevnt ovenfor.

Med de modifikasjonene som enkelt kunne gjøres, ble det i hver måling registrert 7500 profildata over en strekning på ca. 2.6 m ved kjørefart 40 km/t, dvs. med en horisontal samplingstetthet på ca. 0.35 mm. Vertikaloppløsningen ble oppgitt til 0.044 mm. For hver teststrekning ble det utført minst 6 slike enkeltmålinger. Teststrekningenes lengde varierte i området 70 – 250 m.

En beskrivelse av måleopplegg og analyser er gitt i et foredrag til InterNoise04³ hvor også noen resultater er gitt for teksturmålinger og støy utført i 2003.

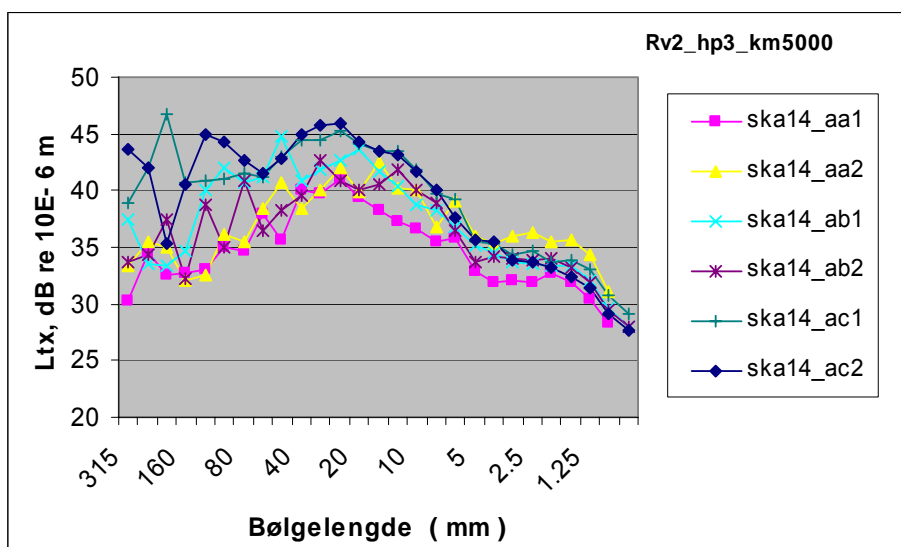
4.3 Teksturspektra

For beregning av teksturspektra ble anbefalingene i ISO/CD 13473-4⁴ fulgt. Et effektspekter ble beregnet basert på diskret Fourier transformasjon på profilsampelverdiene i hver måling. Effekt ved spektrallinjene ble summert i 1/3-oktav bølgelengdebånd for senterbølgelengder i området 0.8 – 315 mm. Teksturspekteret L_{tx} i bølgelengdebånd ble gitt ved:

$$L_{tx,\lambda} \text{ (dB)} = 20\log(a_\lambda / a_{ref})$$

hvor $L_{tx,\lambda}$ er tekturnivå i dB for 1/3-oktav senterbølgelengde λ (mm), a_λ er rms amplitudeverdi i bølgelengdebåndet, og a_{ref} er referansen 1 μm . Alternativt kan oppgis rms-verdien a_λ (μm) for bølgelengdebånd med senterbølgelengde λ (mm).

I figur 4.1 vises eksempler på teksturspektra målt høsten 2004.



Figur 4.1 *Teksturspektra for 6 enkeltmålinger på referansestrekningen, dekketype Ska14, lagt i 1996*

4.4 Teksturdata avledet fra overflateprofil

I tillegg til resultater fra teksturspektra er det beregnet teksturparametre ved analyse direkte på høydeprofilverdiene:

³ "Investigation on road surface texture levels in tyre/road noise mitigation", Svein Å. Storeheier, paper 647 ved InterNoise 2004, Praha 22-25 august 2004.

⁴ First ISO/CD 13473-4 "Characterization of pavement texture by use of surface profiles – Part 4: Spectral analysis of texture profiles" (CD by 2004-02-04)

Mpd	– midlere profildybde (mm), etter metode gitt i ISO 13473-1 ⁵ .
g-faktor	- formfaktor for vegoverflate, %, basert på kumulativ amplitudfordeling. Høy verdi antyder en overflate av typen ”platå med sprekker”, mens en lav verdi antyder en overflate av typen ”spisse fjell med daler”.
Rms	- rms verdi (mm) beregnet direkte på høydevariasjonene.
Rsk	- amplitudfordelingens ”skewness”, mål på asymmetri. Negativ verdi trekker i samme retning som høy g-faktor.
Rku	- amplitudfordelingens ”kurtosis”, angir om fordelingen er bred eller smal.

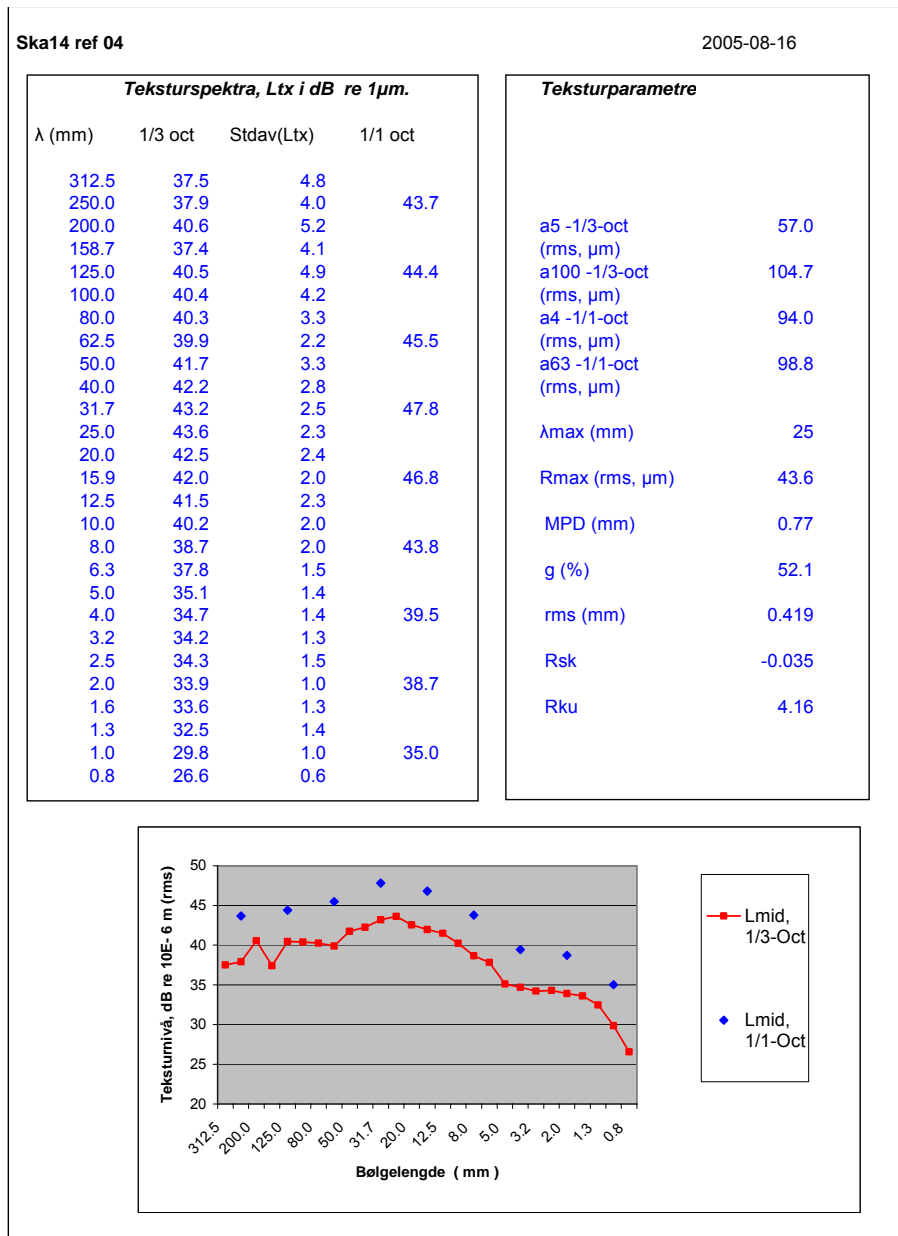
Alle teksturparametrene er beregnet for hvert 10 cm intervall langs målestrekningen på 2.6 m.

4.5 Målte teksturdata i 2004

4.5.1 Detaljresultater

Som karakteristisk verdi for teststrekningen som i hovedsak består av 6 utsnitt for teksturmålinger, oppgis middelerverdier. For teksturspekter L_{TX} oppgis energimiddelerverdi av 6 enkeltpektra. For teksturparametrene beskrevet ovenfor oppgis middelerverdier over alle 10 cm intervaller som inngår i de 6 enkeltmålingene, dvs. i størrelsesorden 150 enkeltverdier. Resultatene er sammenstilt på datablad pr. vegdekke som vist i figur 4.2.

⁵ ISO 13473-1:1997(E) ”Characterization of pavement texture by use of surface profiles – Part 1: Determination of mean profile depth”.



Figur 4.2 Datablad for tekstur-resultater. Data for referansedekket Ska14.

Øvre venstre rute inneholder midlere teksturspekter i hhv. 1/3- og 1/1-oktavbånd ved senterbølgelengder som oppgitt i venstre kolonne. Kolonnen for standardavvik gir spredningsdata for de 6 enkeltspektra som inngår i middelspekteret.

Teksturparametre er gitt i øvre høyre rute. Utover de som er beskrevet i kap. 4.4 ovenfor, er følgende oppgitt:

- a5 - rms-verdi i 5 mm 1/3-oktavbåndet, i µm, (lineærverdi som korresponderer med Ltx,5),
- a100 - rms-verdi i 100 mm 1/3-oktavbåndet, i µm,
- a4 - rms-verdi i 4 mm 1/1-oktavbåndet, i µm,
- a63 - rms-verdi i 63 mm 1/1-oktavbåndet, i µm,
- λmax - bølgelengde for 1/3-oktavbåndet med høyest verdi (for λ < 200 mm),
- Rmax - max rms-verdi for 1/3-oktavbånd.

Databladene for teksturresultatene ved målingene utført i 2004 og for vegdekkene i hht. tabell 2.1, er gitt i Vedlegg 2.

De teksturdata som er beskrevet her utover teksturspektra, er valgt ut på indikasjoner i nyere faglitteratur^{6, 7, 8},

4.5.2 Resultatsammenstilling, teksturdata 2004

Resultater fra teksturanalysen, eksklusive spektrene, er vist i tabell 4.1

Tabell 4.1 Resultater fra teksturanalyse

Dekke nr	Type og felt	Legge-år	a5 µm	a100 µm	a4oct µm	a63oct µm	mpd mm	g %	rms mm	rsk -	rku -
1	ska8 f1	2003	48.1	52.4	78.5	94.7	0.49	60.4	0.264		
1	ska8 f2	2003	46.5	36.9	75.7	81.3	0.37	68.1	0.223		
2	ab6 f1	2003	50	56.1	81.6	124.2	0.56	62	0.308		
2	ab6 f2	2003	52.7	88.7	83.4	144.6	0.6	65.4	0.343		
3	ska11 f1	2003	54.1	81.2	83.9	183.2	0.8	55.4	0.398		
3	ska11 f2	2003	54.8	84.7	83.3	171.9	0.88	47.8	0.413		
4	ab6 f1	2003	50.4	51.8	79.9	107.5	0.57	64.2	0.305		
4	ab6 f2	2003	60.5	74.9	91.9	145.8	0.64	65.9	0.361		
5	ska8 f1	2003	46.4	35.2	76.5	86.6	0.41	67.2	0.238		
5	ska8 f2	2003	54.7	72.9	85.5	140.7	0.61	64.2	0.336		
6 (ref.)	ska14 f1	1996	57	104.7	94	98.8	0.77	52.1	0.419	-0.035	4.16
8	ab8 f1	2000	46.7	72.9	74	153.6	0.64	53.7	0.325	-0.071	4.15
8	ab8 f2	2000	56.5	110.2	84	211	0.82	59.5	0.434	-0.221	4.15
9	ab11 f1	2002	52.7	63.9	84.5	122.8	0.62	53.9	0.304	-0.071	4.55
10	ska8 f1	2002	40.8	27.4	68.8	57	0.37	59.2	0.189	-0.259	4.83
10	ska8 f2	2002	45.4	23.5	76	57.9	0.35	64.8	0.19	-0.537	5.27
11	ska11 f1	2003	64.6	77.2	98.9	143.8	0.73	66.6	0.397	-0.36	4.34
12	ska14 f1	1999	50.7	71	80.3	139.2	0.62	56.2	0.325	-0.112	4.18

Dekke nr. 1 – 5 gjelder prøvestrekningene på Rasta-feltet. Dekke nr. 6 er brukt som referanse. Dekkene 8 – 12 gjelder øvrige vegstrekninger i Kongsvingerområdet. På dekkene 11 og 12 ble det i 2004 også gjennomført en større måleserie av støy fra bildekk. Se ellers beskrivelsen i kap. 2. I tabell 4.1 er det skilt mellom feltene 1 (f1) og 2 (f2). Felt 1 er høyre kjørefelt i km-retningen.

På grunn av gradvis utvikling av analysemetoden har data for *rsk* og *rku* ikke kommet med for vegdekkene på Rastafeltet. Disse resultatene vil bli analysert ferdig i løpet av høsten 2005.

⁶ ISO 13473-2 "Characterization of pavement texture by use of surface profiles – Part 2: Terminology and basic requirements related to pavement texture profile analysis".

⁷ "Tyre/road noise reference book", Ulf Sandberg, Jerzy a. Ejsmont, Informex, ISBN 91-631-2610-9, 2002.

⁸ "Einfluss der Fahrbahntextur auf das Reifen-Fahrbahn-Geräusch". Forschungsbericht FE-Nr. 03-293/1995/MRB, Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach, 15.06.2001. (Sperenbergundersøkelsen).

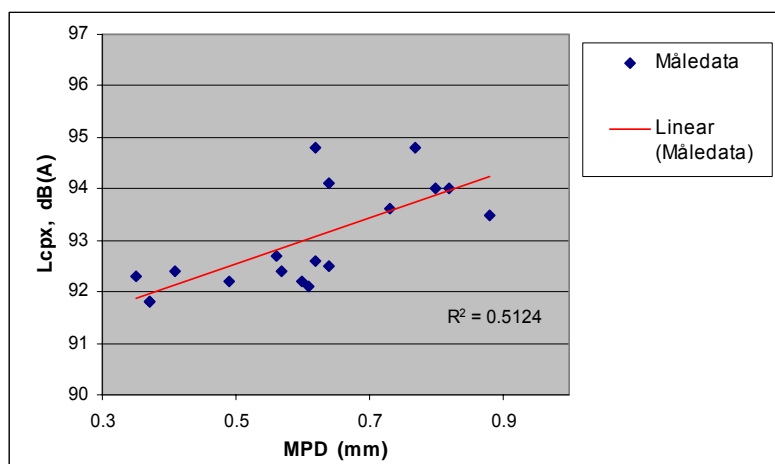
4.6 Videre arbeid

Teksturdataene er gitt i tabell 4.1 og detaljert i Vedlegg 2. Når tilsvarende data for 2005 foreligger, vil vi analysere støy og teksturdata fra målingene i 2003, 2004 og 2005.

Hovedhensikten er å se på utviklingstendenser, og undersøke hypoteser om sammenhengen mellom støy og teksturdata ved bruk av multiregresjon. Det blir viktig å finne teksturbeskrivelser som gir signifikant virkning på støyen. Det blir videre viktig å knytte en slik teksturbeskrivelse til praktiske produksjonsforhold.

4.7 Støy og teksturdata, noen foreløpige resultater.

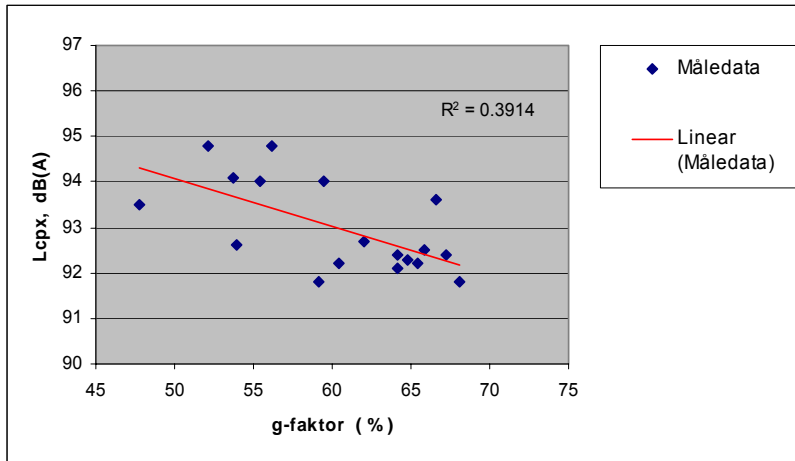
For data målt i 2003³ ble det vist en sammenheng mellom støynivåer og mpd-verdier. En enkel regresjonsanalyse er gjort mellom støydata for dekk A ved 50 km/t i tabell 3.1, og korresponderende data for Mpd i tabell 4.1. Resultatet er vist i figur 4.3.



Figur 4.3 Sammenheng mellom støynivå og mpd-verdier, 2004.

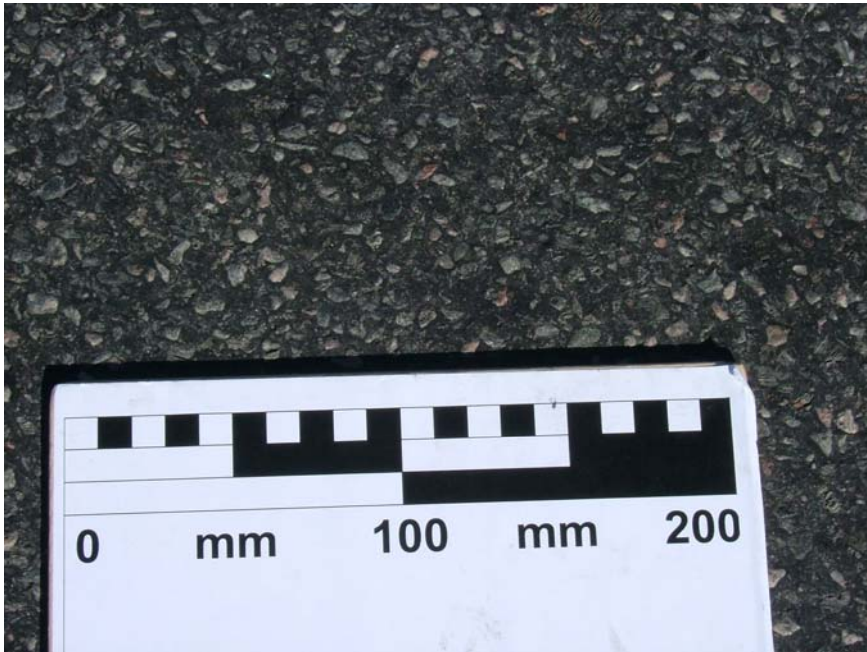
Sammenhengen mellom støynivå og mpd er signifikant, og viser samme tendens som i resultatene for 2003. Omtrent tilsvarende sammenheng ble funnet mellom støynivå og a100.

I figur 4.4 er vist sammenhengen mellom støynivå og formfaktor g for vegoverflaten. Sammenhengen er signifikant, men resultatene har en del spredning. Det interessante er at støyen er knyttet til en overflatebeskrivelse som gir en intuitiv forståelse av gunstige eller ugunstige forhold. Denne overflateformen kan muligens påvirkes ved bearbeiding under produksjon og legging. Dette resultatet viser at det kan ligge muligheter i ”nye” teksturbeskrivelser.

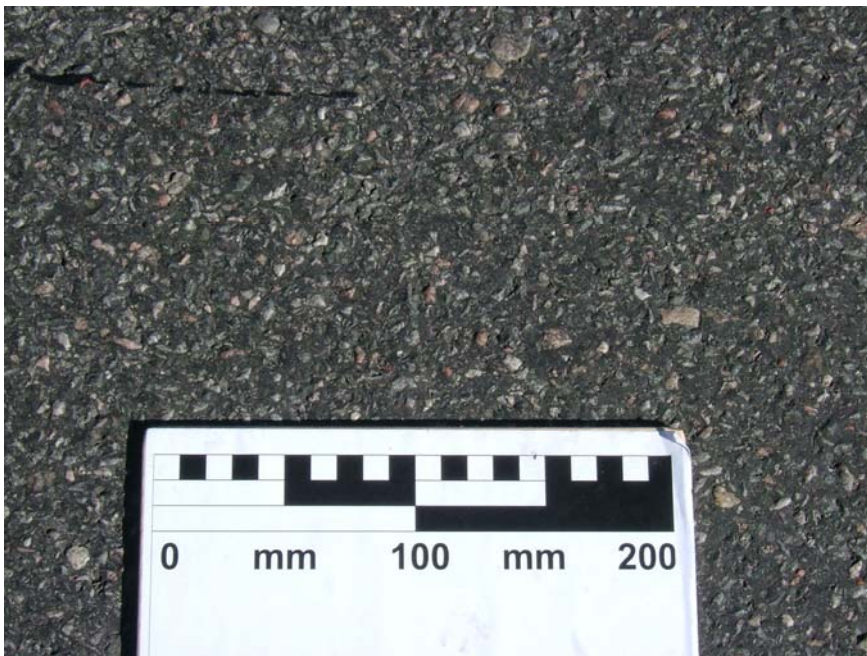


Figur 4.4 Sammenheng mellom støynivå og g-faktor, 2004.

Vedlegg 1: Bilder av vegdekker



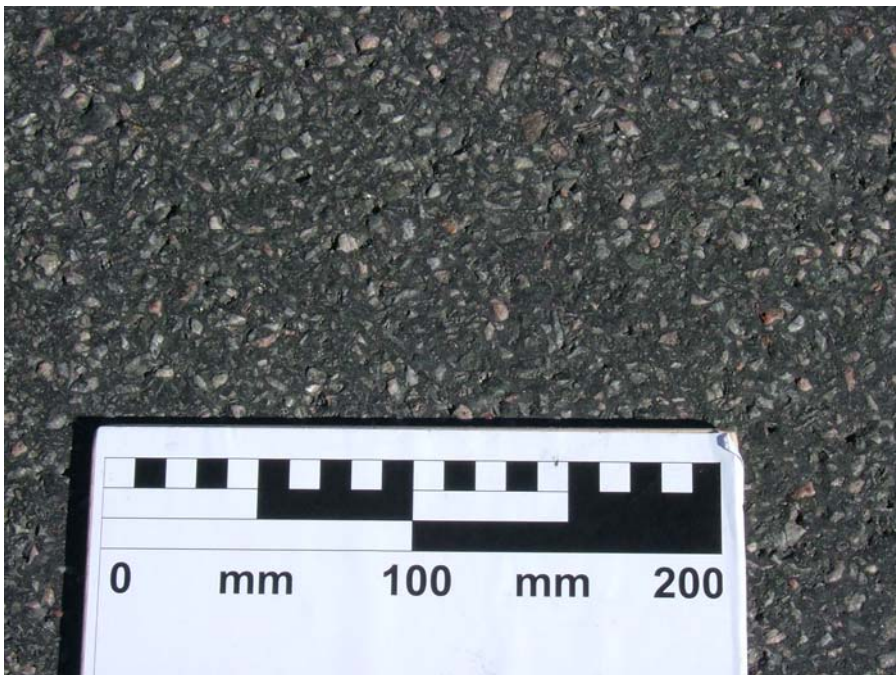
Dekke 1, Rasta, Ska8



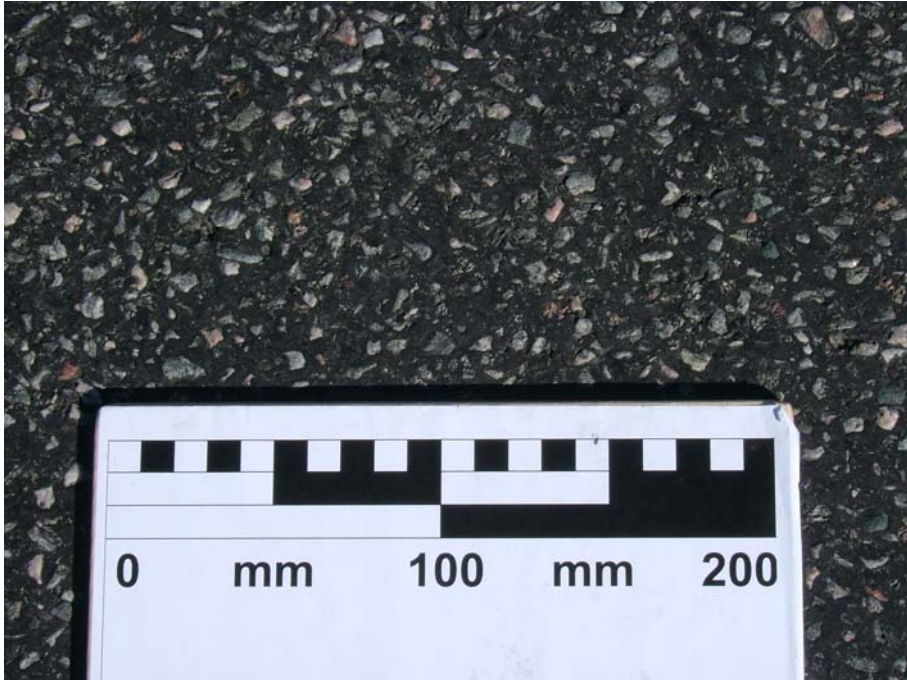
Dekke 2, Rasta, Ab6



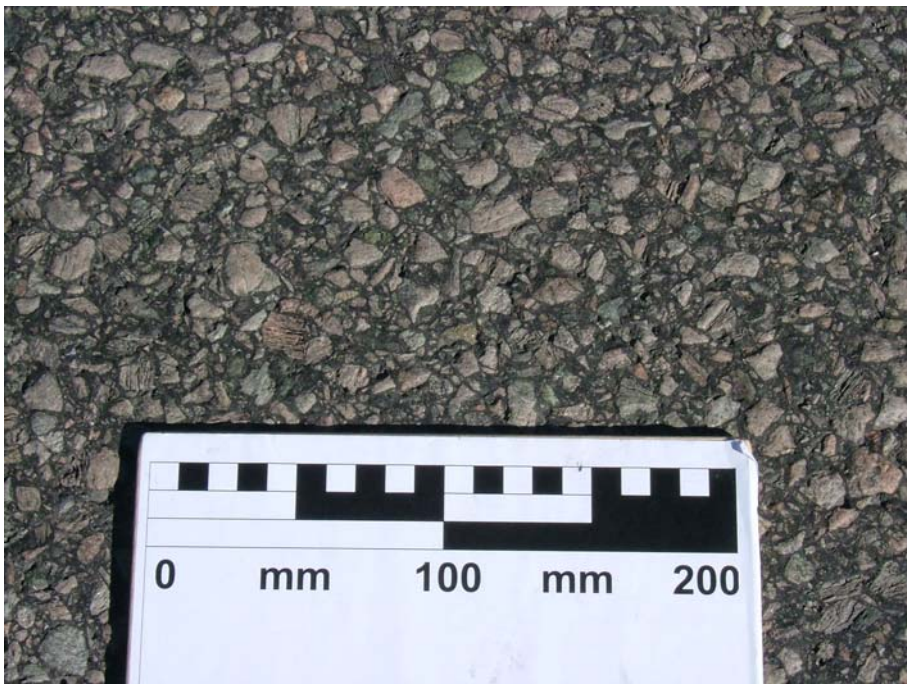
Dekke 3, Rasta, Ska11



Dekke 4, Rasta Ab6



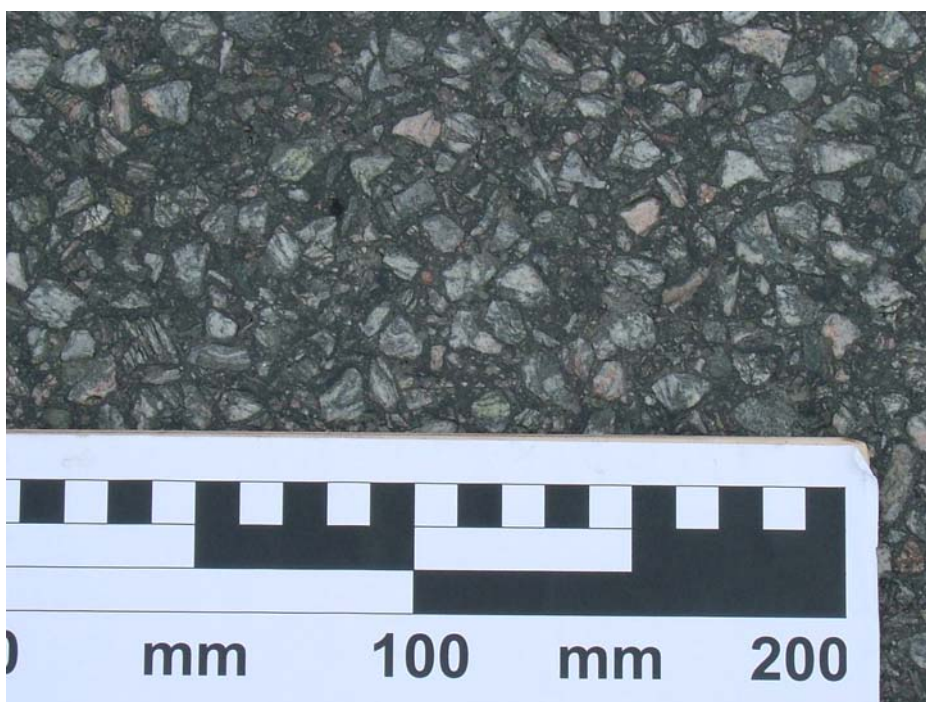
Dekke 5, Rasta, Ska8



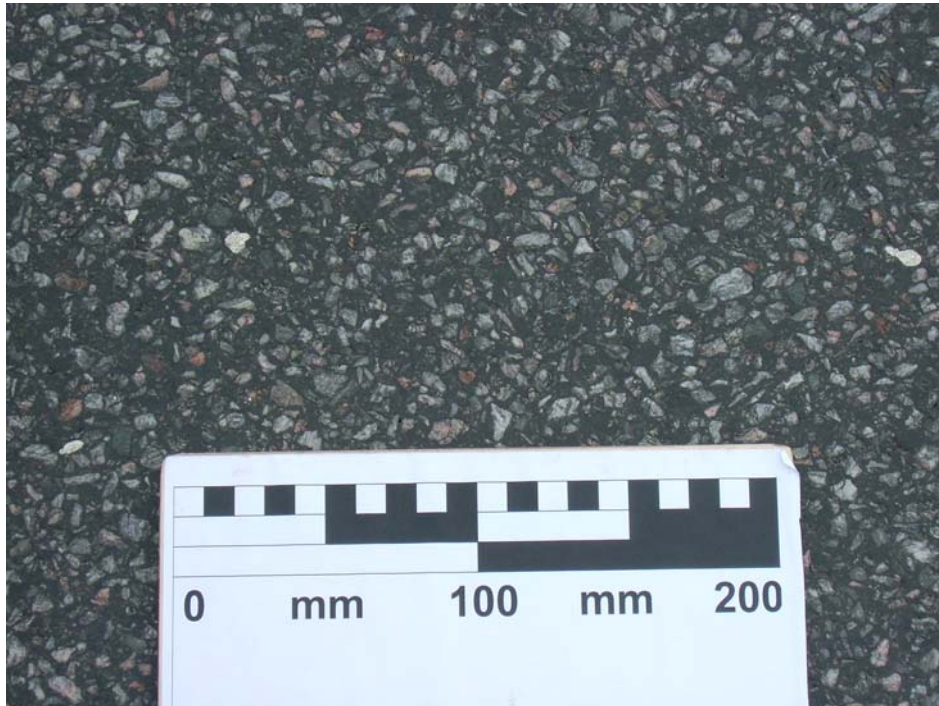
Dekke 6, Rasta, Ska14 (Referansedekke)



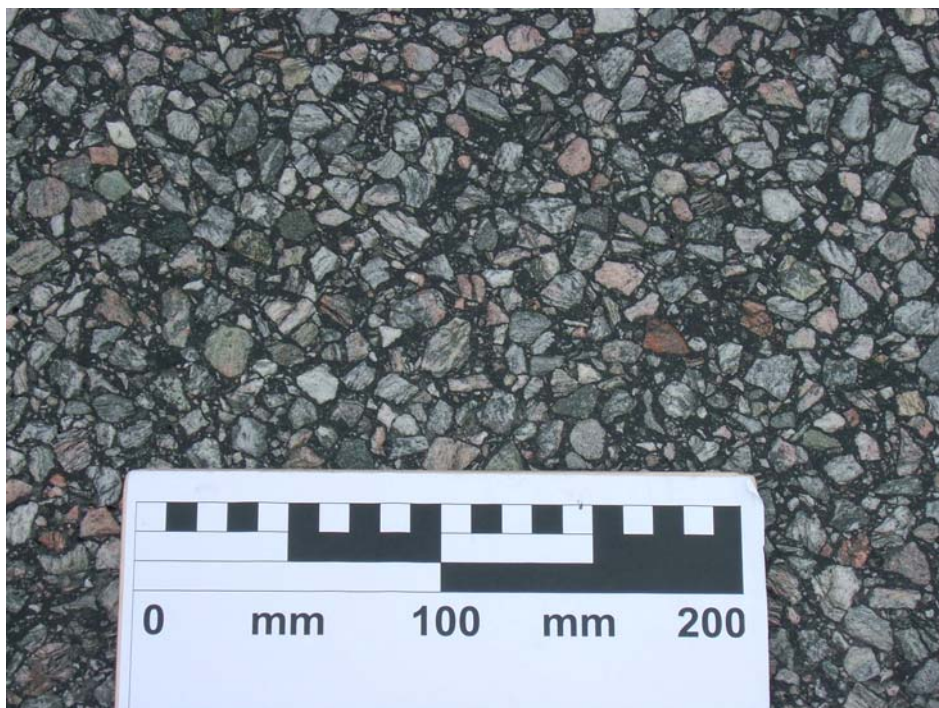
Dekke 8, Skarnes, Rv.2, Ab8



Dekke 9, Skarnes, Rv.175, Ab11



Dekke 10, Skarnes, Rv.175, Ska8



Dekke 11, Rv.2, Vektstasjon, Ska11



Dekke 12, Rv.2, Rasteplass, Ska14

Vedlegg 2:
Teksturdata

Dekke 1, felt 1

Rasta ska8(1), felt 1, 04

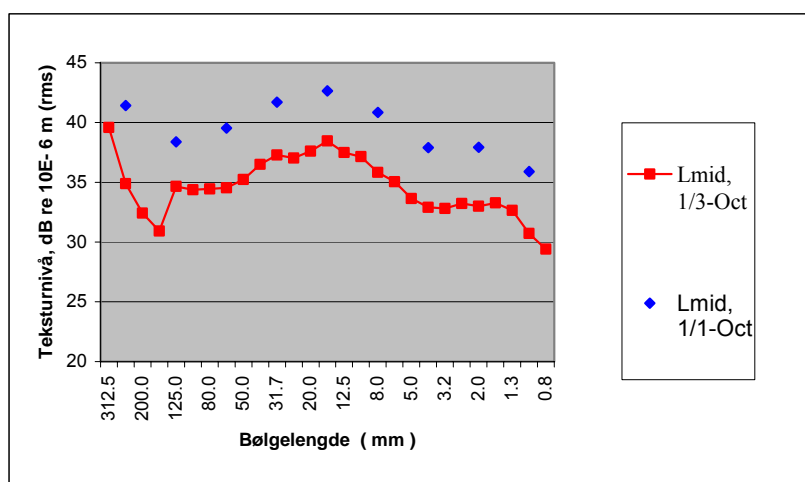
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	39.6	3.0	
250.0	34.9	2.4	41.4
200.0	32.4	2.2	
158.7	30.9	3.7	
125.0	34.7	3.2	38.4
100.0	34.4	3.0	
80.0	34.5	3.0	
62.5	34.5	1.9	39.5
50.0	35.2	1.7	
40.0	36.5	2.2	
31.7	37.3	1.7	41.7
25.0	37.0	1.4	
20.0	37.6	1.0	
15.9	38.4	1.1	42.6
12.5	37.5	0.5	
10.0	37.1	0.8	
8.0	35.8	0.9	40.9
6.3	35.0	1.0	
5.0	33.6	1.2	
4.0	32.9	1.0	37.9
3.2	32.8	1.0	
2.5	33.2	1.3	
2.0	33.0	1.3	37.9
1.6	33.3	1.1	
1.3	32.7	1.3	
1.0	30.7	1.2	35.9
0.8	29.4	1.3	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	48.1
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	52.4
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	78.5
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	94.7
λ max (mm)	16
Rmax (rms, μ m)	83.6
MPD (mm)	0.49
g (%)	60.4
rms (mm)	0.264
Rsk	
Rku	



Dekke 5, felt 1

Rasta ska8(2), felt 1, 04

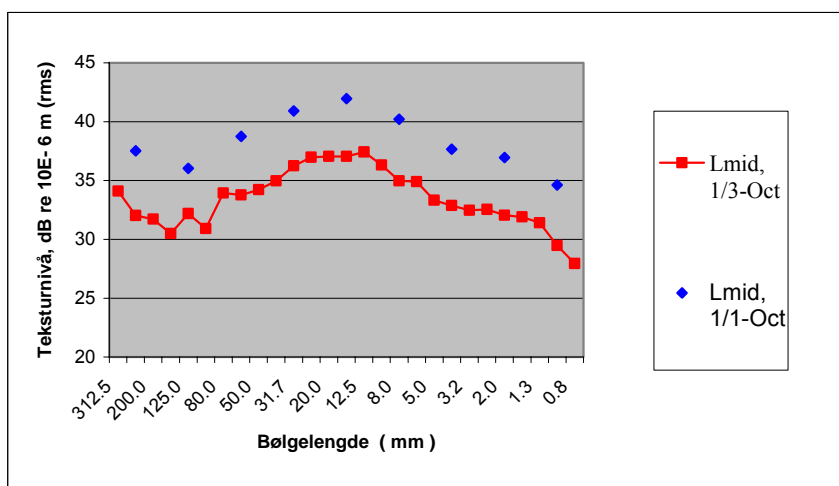
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	34.1	2.9	
250.0	32.0	3.2	37.5
200.0	31.7	5.1	
158.7	30.5	3.9	
125.0	32.2	1.8	36.0
100.0	30.9	1.4	
80.0	33.9	2.2	
62.5	33.8	1.4	38.8
50.0	34.2	1.6	
40.0	35.0	1.8	
31.7	36.3	1.4	40.9
25.0	37.0	1.1	
20.0	37.0	0.9	
15.9	37.0	1.4	42.0
12.5	37.4	0.5	
10.0	36.3	0.6	
8.0	35.0	0.9	40.2
6.3	34.9	0.3	
5.0	33.3	0.3	
4.0	32.9	0.6	37.7
3.2	32.5	0.5	
2.5	32.6	0.2	
2.0	32.1	0.2	37.0
1.6	31.9	0.3	
1.3	31.4	0.3	
1.0	29.5	0.3	34.6
0.8	27.9	0.4	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	46.4
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	35.2
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	76.5
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	86.6
λ max (mm)	13
Rmax (rms, μ m)	74.5
MPD (mm)	0.41
g (%)	67.2
rms (mm)	0.238
Rsk	
Rku	



Dekke 1, felt 2

Rasta Ska8(1), felt 2, 04

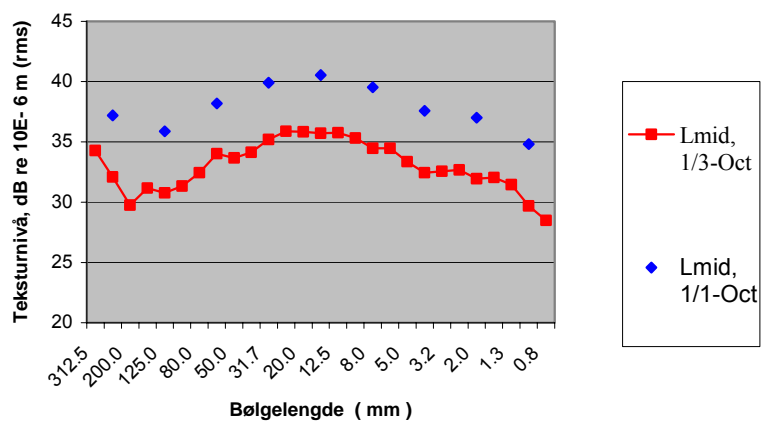
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	34.3	3.6	
250.0	32.1	2.8	37.2
200.0	29.8	2.1	
158.7	31.2	5.3	
125.0	30.8	3.1	35.9
100.0	31.3	2.6	
80.0	32.4	2.7	
62.5	34.0	2.5	38.2
50.0	33.7	1.3	
40.0	34.1	1.2	
31.7	35.2	1.3	39.9
25.0	35.9	1.4	
20.0	35.8	1.6	
15.9	35.7	1.6	40.5
12.5	35.8	1.5	
10.0	35.3	1.2	
8.0	34.5	0.9	39.5
6.3	34.5	0.9	
5.0	33.4	0.8	
4.0	32.5	0.3	37.6
3.2	32.6	0.5	
2.5	32.7	0.5	
2.0	31.9	0.5	37.0
1.6	32.0	0.6	
1.3	31.4	0.3	
1.0	29.7	0.6	34.8
0.8	28.5	0.4	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	46.5
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	36.9
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	75.7
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	81.3
λ max (mm)	25
Rmax (rms, μ m)	62.3
MPD (mm)	0.37
g (%)	68.1
rms (mm)	0.223
Rsk	
Rku	



Dekke 5, felt 2

Rasta Ska8(2), felt 2, 04

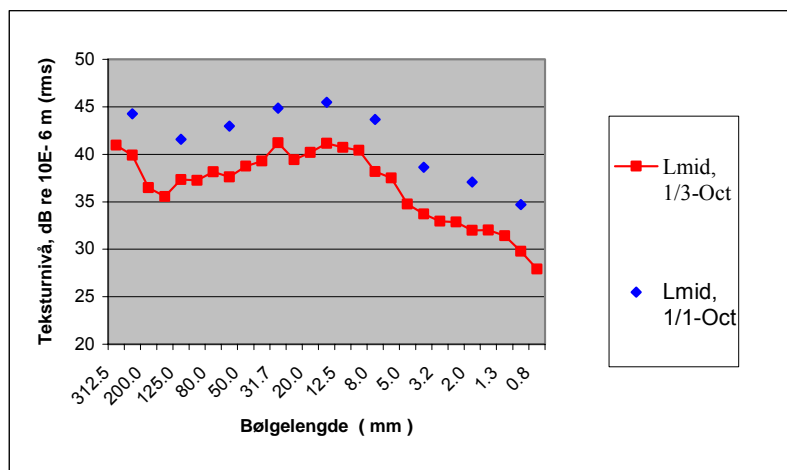
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	41.0	4.0	
250.0	39.9	4.0	44.3
200.0	36.5	4.3	
158.7	35.6	4.4	
125.0	37.3	5.4	41.6
100.0	37.3	4.2	
80.0	38.1	3.7	
62.5	37.6	3.9	43.0
50.0	38.8	4.8	
40.0	39.3	3.1	
31.7	41.2	3.4	44.8
25.0	39.4	2.3	
20.0	40.2	2.3	
15.9	41.1	2.0	45.5
12.5	40.7	2.0	
10.0	40.4	2.3	
8.0	38.2	1.9	43.7
6.3	37.5	2.2	
5.0	34.8	1.6	
4.0	33.7	1.6	38.6
3.2	32.9	1.3	
2.5	32.9	1.0	
2.0	32.0	0.6	37.1
1.6	32.0	0.6	
1.3	31.4	0.5	
1.0	29.8	0.7	34.7
0.8	27.9	0.4	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	54.7
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	72.9
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	85.5
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	140.7
λ_{max} (mm)	32
Rmax (rms, μ m)	115.1
MPD (mm)	0.61
g (%)	64.2
rms (mm)	0.336
Rsk	
Rku	



Dekke 2, felt 1

Rasta Ab6(1), felt 1, 04

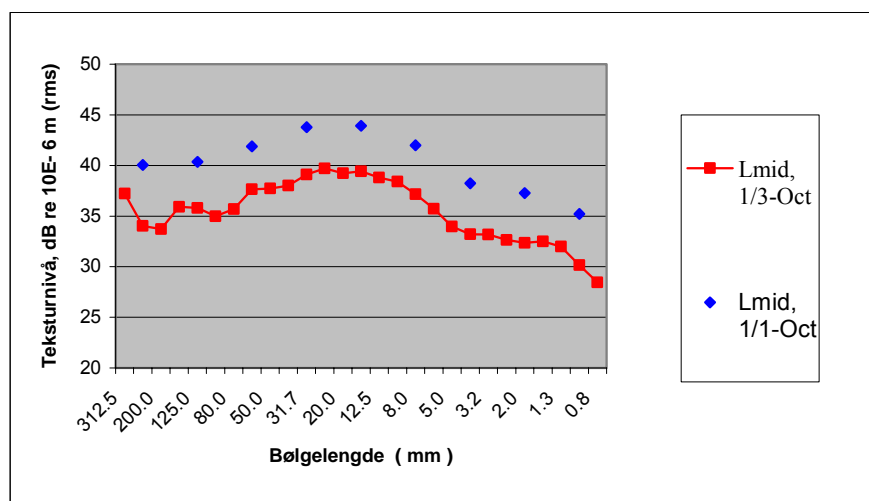
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	37.2	4.0	
250.0	34.0	3.7	40.1
200.0	33.7	3.5	
158.7	35.9	2.7	
125.0	35.8	1.3	40.4
100.0	35.0	4.3	
80.0	35.7	2.4	
62.5	37.6	2.0	41.9
50.0	37.7	1.7	
40.0	38.0	1.4	
31.7	39.1	1.8	43.8
25.0	39.7	1.2	
20.0	39.2	1.2	
15.9	39.4	0.9	43.9
12.5	38.8	0.9	
10.0	38.4	1.2	
8.0	37.2	0.8	42.0
6.3	35.7	0.5	
5.0	34.0	0.5	
4.0	33.2	1.0	38.2
3.2	33.2	0.7	
2.5	32.7	0.4	
2.0	32.4	0.4	37.3
1.6	32.5	0.5	
1.3	32.0	0.5	
1.0	30.2	0.6	35.2
0.8	28.4	0.3	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	50.0
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	56.1
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	81.6
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	124.2
λ max (mm)	25
Rmax (rms, μ m)	96.6
MPD (mm)	0.56
g (%)	62.0
rms (mm)	0.308
Rsk	
Rku	



Dekke 4, felt 1

Rasta Ab6(2), felt 1, 04

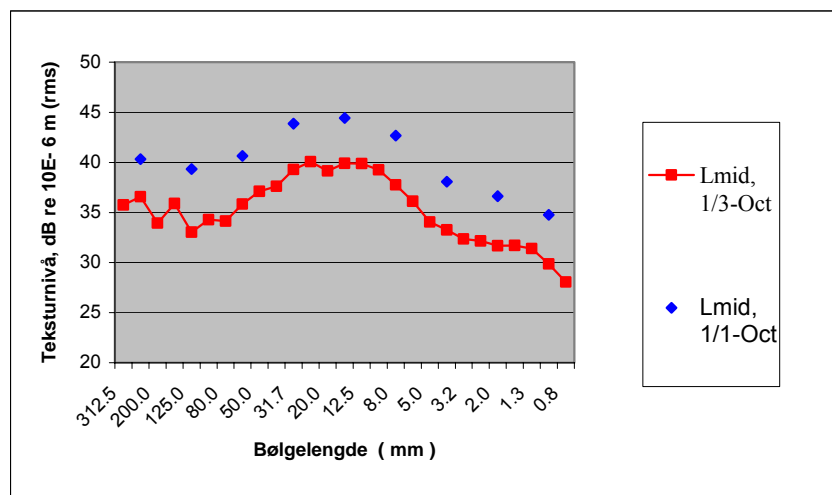
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	35.7	2.9	
250.0	36.6	4.4	40.3
200.0	33.9	3.8	
158.7	35.9	4.1	
125.0	33.0	2.0	39.3
100.0	34.3	4.0	
80.0	34.1	1.9	
62.5	35.8	1.3	40.6
50.0	37.1	0.9	
40.0	37.6	1.5	
31.7	39.3	2.3	43.9
25.0	40.1	2.1	
20.0	39.1	1.9	
15.9	39.9	1.9	44.4
12.5	39.9	1.6	
10.0	39.2	1.4	
8.0	37.8	1.5	42.7
6.3	36.1	1.0	
5.0	34.0	0.7	
4.0	33.3	0.4	38.1
3.2	32.4	0.7	
2.5	32.2	0.3	
2.0	31.7	0.3	36.6
1.6	31.7	0.4	
1.3	31.4	0.3	
1.0	29.9	0.4	34.8
0.8	28.0	0.5	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	50.4
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	51.8
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	79.9
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	107.5
λ max (mm)	25
Rmax (rms, μ m)	100.8
MPD (mm)	0.57
g (%)	64.1
rms (mm)	0.305
Rsk	
Rku	



Rasta Ab6(1), felt 2, 04

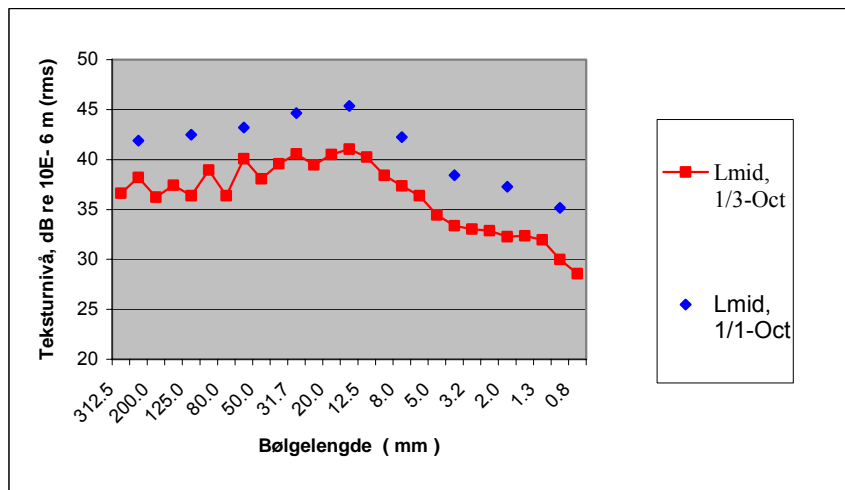
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	36.6	2.6	
250.0	38.2	3.3	41.9
200.0	36.2	2.3	
158.7	37.4	2.4	
125.0	36.4	2.8	42.5
100.0	39.0	4.3	
80.0	36.4	2.6	
62.5	40.1	3.0	43.2
50.0	38.1	1.6	
40.0	39.6	3.1	
31.7	40.6	2.1	44.7
25.0	39.5	1.4	
20.0	40.5	1.4	
15.9	41.0	1.5	45.4
12.5	40.2	1.6	
10.0	38.4	1.1	
8.0	37.4	1.0	42.2
6.3	36.4	0.8	
5.0	34.4	0.6	
4.0	33.4	0.3	38.4
3.2	33.0	0.4	
2.5	32.9	0.2	
2.0	32.3	0.5	37.3
1.6	32.3	0.2	
1.3	32.0	0.1	
1.0	30.0	0.3	35.2
0.8	28.6	0.3	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	52.7
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	88.7
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	83.4
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	144.6
λ max (mm)	16
Rmax (rms, μ m)	112.7
MPD (mm)	0.60
g (%)	65.4
rms (mm)	0.343
Rsk	
Rku	



Rasta Ab6(2), felt 2, 04

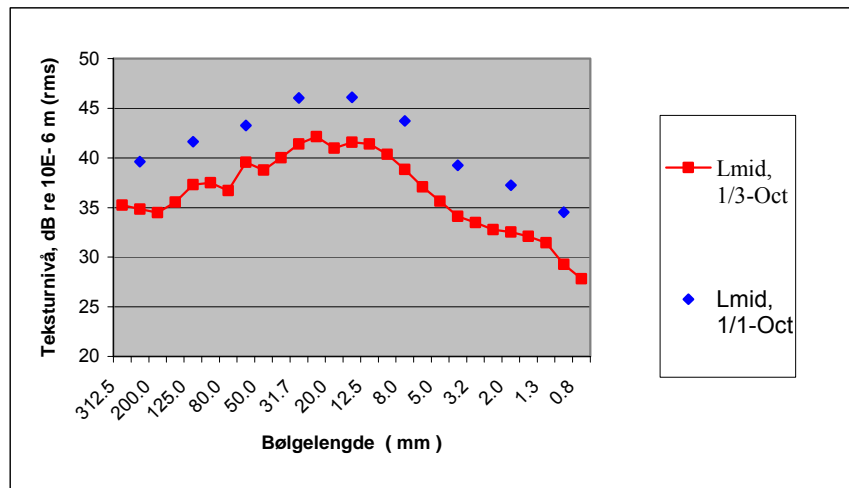
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	35.2	1.8	
250.0	34.8	2.9	39.6
200.0	34.5	3.4	
158.7	35.6	2.5	
125.0	37.3	2.8	41.6
100.0	37.5	2.1	
80.0	36.7	2.3	
62.5	39.6	3.7	43.3
50.0	38.8	2.7	
40.0	40.0	2.6	
31.7	41.4	3.4	46.0
25.0	42.1	4.3	
20.0	41.0	2.1	
15.9	41.6	2.5	46.1
12.5	41.4	2.4	
10.0	40.3	2.5	
8.0	38.8	1.1	43.7
6.3	37.1	1.4	
5.0	35.6	1.3	
4.0	34.1	0.8	39.3
3.2	33.5	0.5	
2.5	32.8	0.2	
2.0	32.5	0.4	37.3
1.6	32.1	0.4	
1.3	31.4	0.3	
1.0	29.3	0.3	34.5
0.8	27.8	0.2	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	60.5
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	74.9
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	91.9
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	145.8
λ max (mm)	25
Rmax (rms, μ m)	127.8
MPD (mm)	0.64
g (%)	65.9
rms (mm)	0.361
Rsk	
Rku	



Rasta ska11(1), felt 1, 04

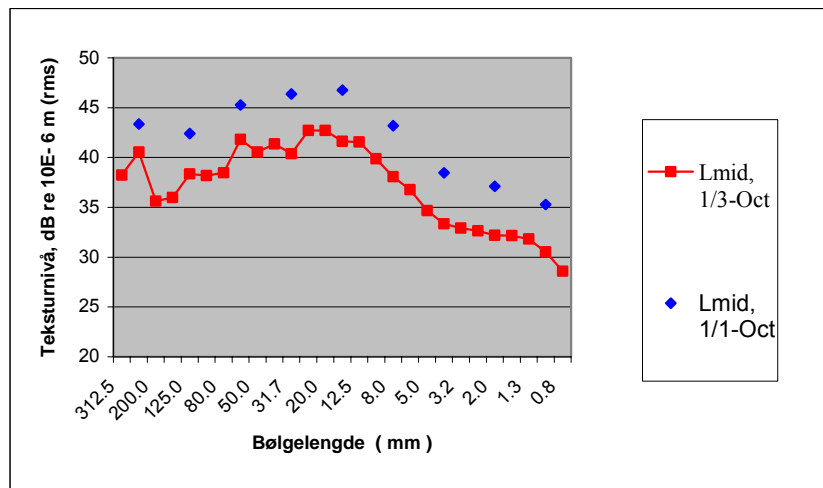
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	38.2	2.7	
250.0	40.6	3.1	43.4
200.0	35.6	4.0	
158.7	36.0	2.4	
125.0	38.4	2.5	42.4
100.0	38.2	4.0	
80.0	38.5	2.0	
62.5	41.8	2.1	45.3
50.0	40.6	2.1	
40.0	41.4	2.8	
31.7	40.4	1.7	46.4
25.0	42.7	2.4	
20.0	42.7	1.6	
15.9	41.6	0.9	46.8
12.5	41.6	1.5	
10.0	39.9	2.0	
8.0	38.1	1.3	43.2
6.3	36.8	1.7	
5.0	34.7	0.7	
4.0	33.4	0.6	38.5
3.2	32.9	0.6	
2.5	32.6	0.5	
2.0	32.2	0.5	37.1
1.6	32.2	0.2	
1.3	31.8	0.2	
1.0	30.5	0.6	35.3
0.8	28.6	0.3	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	54.1
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	81.2
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	83.9
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	183.2
λ max (mm)	20
Rmax (rms, μ m)	136.7
MPD (mm)	0.80
g (%)	55.4
rms (mm)	0.398
Rsk	
Rku	



(vegdekket ligger etter rundkjøring, vegdekke 5, før start på vegdekke 6, det er ikke gjort støymålinger på dette dekket i 2004)

Rasta ska11(2), felt 1, 04

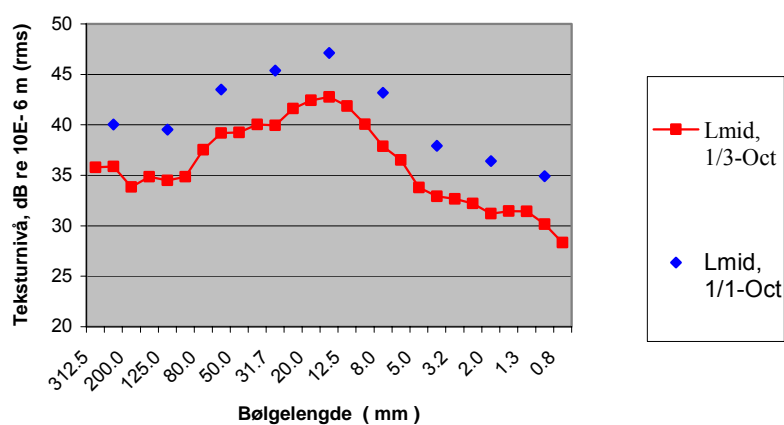
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	35.8	2.9	
250.0	35.9	3.2	40.0
200.0	33.8	2.9	
158.7	34.9	3.6	
125.0	34.5	1.1	39.5
100.0	34.9	2.2	
80.0	37.5	0.9	
62.5	39.2	1.9	43.5
50.0	39.3	3.2	
40.0	40.0	1.5	
31.7	39.9	2.6	45.4
25.0	41.6	0.9	
20.0	42.4	1.7	
15.9	42.8	1.2	47.1
12.5	41.9	1.6	
10.0	40.1	1.6	
8.0	37.9	1.9	43.2
6.3	36.5	1.1	
5.0	33.8	0.9	
4.0	32.9	1.0	37.9
3.2	32.7	0.7	
2.5	32.2	0.3	
2.0	31.2	0.5	36.4
1.6	31.4	0.5	
1.3	31.4	0.5	
1.0	30.2	0.4	34.9
0.8	28.3	0.6	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	49.0
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	55.4
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	78.8
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	149.7
λ max (mm)	16
Rmax (rms, μ m)	137.6
MPD (mm)	0.75
g (%)	54.5
rms (mm)	0.359
Rsk	
Rku	



Dekke 3, felt 2

Rasta Ska11(1), felt 2, 04

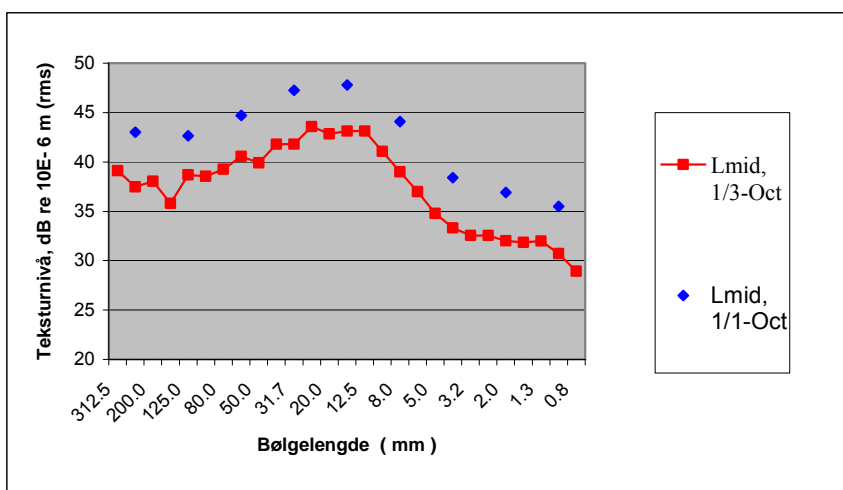
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1µm.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	39.1	6.0	
250.0	37.5	2.1	43.0
200.0	38.0	2.8	
158.7	35.8	2.1	
125.0	38.7	3.0	42.6
100.0	38.6	4.0	
80.0	39.3	3.1	
62.5	40.6	2.1	44.7
50.0	39.9	2.8	
40.0	41.8	2.3	
31.7	41.8	2.9	47.2
25.0	43.6	3.4	
20.0	42.8	2.2	
15.9	43.1	2.0	47.8
12.5	43.1	2.2	
10.0	41.1	2.5	
8.0	39.0	1.9	44.1
6.3	37.0	1.5	
5.0	34.8	1.3	
4.0	33.3	1.3	38.4
3.2	32.5	1.1	
2.5	32.5	1.5	
2.0	32.0	1.3	36.9
1.6	31.8	0.9	
1.3	32.0	0.7	
1.0	30.7	0.4	35.5
0.8	28.9	0.7	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, µm)	54.8
a100 -1/3-oct (rms, µm)	84.7
a4 -1/1-oct (rms, µm)	83.3
a63 -1/1-oct (rms, µm)	171.9
λmax (mm)	25
Rmax (rms, µm)	151.1
MPD (mm)	0.88
g (%)	47.8
rms (mm)	0.413
Rsk	
Rku	



(vegdekket ligger etter rundkjøring, vegdekke 5, før start på vegdekke 6, det er ikke gjort støymålinger på dette dekket i 2004)

Rasta Ska11(2), felt 2, 04

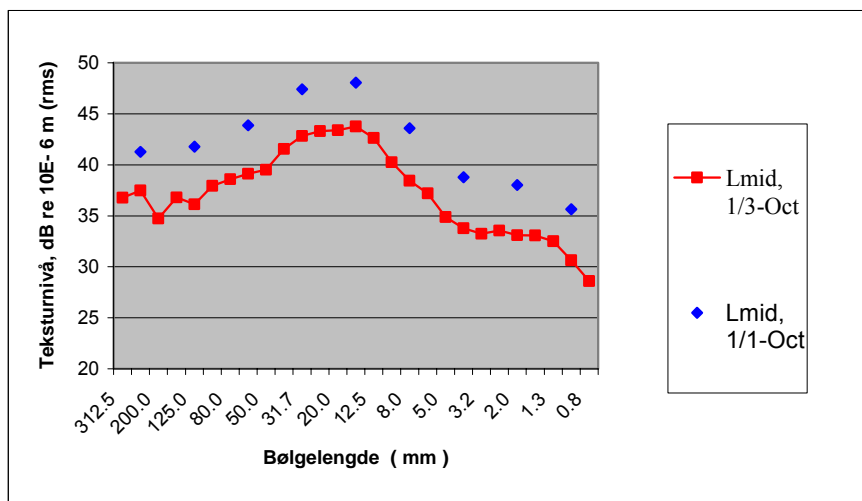
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	36.8	2.8	
250.0	37.5	3.9	41.3
200.0	34.7	2.6	
158.7	36.8	0.6	
125.0	36.1	2.7	41.8
100.0	37.9	1.8	
80.0	38.6	2.3	
62.5	39.1	2.2	43.9
50.0	39.5	2.2	
40.0	41.5	1.1	
31.7	42.8	2.5	47.4
25.0	43.3	1.9	
20.0	43.4	1.4	
15.9	43.7	1.2	48.0
12.5	42.6	1.5	
10.0	40.3	1.1	
8.0	38.4	1.6	43.6
6.3	37.2	1.0	
5.0	34.9	1.0	
4.0	33.8	1.2	38.8
3.2	33.2	0.9	
2.5	33.5	0.8	
2.0	33.1	0.8	38.0
1.6	33.1	0.6	
1.3	32.5	0.8	
1.0	30.6	0.9	35.6
0.8	28.6	1.0	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	55.4
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	78.7
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	87.0
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	155.9
λ max (mm)	16
Rmax (rms, μ m)	154.0
MPD (mm)	0.83
g (%)	48.0
rms (mm)	0.404
Rsk	
Rku	



Dekke 6, felt 1

Ska14 ref 04

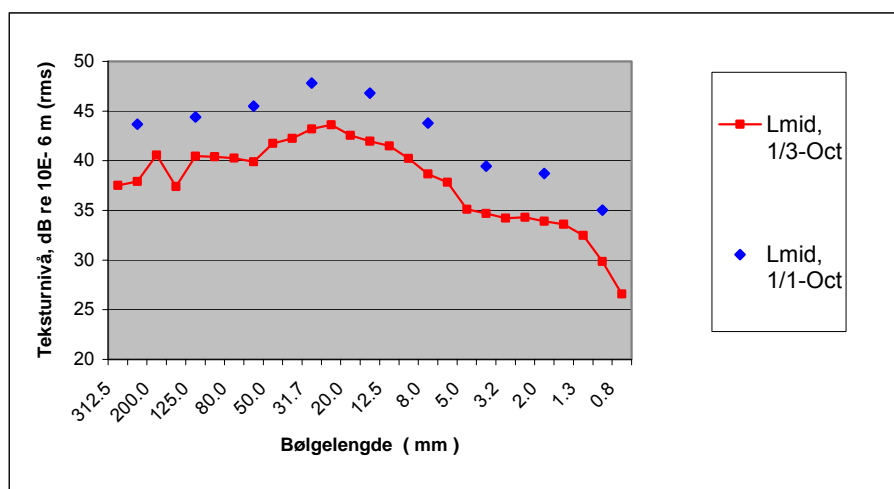
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	37.5	4.8	
250.0	37.9	4.0	43.7
200.0	40.6	5.2	
158.7	37.4	4.1	
125.0	40.5	4.9	44.4
100.0	40.4	4.2	
80.0	40.3	3.3	
62.5	39.9	2.2	45.5
50.0	41.7	3.3	
40.0	42.2	2.8	
31.7	43.2	2.5	47.8
25.0	43.6	2.3	
20.0	42.5	2.4	
15.9	42.0	2.0	46.8
12.5	41.5	2.3	
10.0	40.2	2.0	
8.0	38.7	2.0	43.8
6.3	37.8	1.5	
5.0	35.1	1.4	
4.0	34.7	1.4	39.5
3.2	34.2	1.3	
2.5	34.3	1.5	
2.0	33.9	1.0	38.7
1.6	33.6	1.3	
1.3	32.5	1.4	
1.0	29.8	1.0	35.0
0.8	26.6	0.6	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	57.0
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	104.7
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	94.0
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	98.8
λ max (mm)	25
Rmax (rms, μ m)	43.6
MPD (mm)	0.77
g (%)	52.1
rms (mm)	0.419
Rsk	-0.035
Rku	4.16



Dekke 8, felt 1

Ab8 Tokstad 04, felt 1

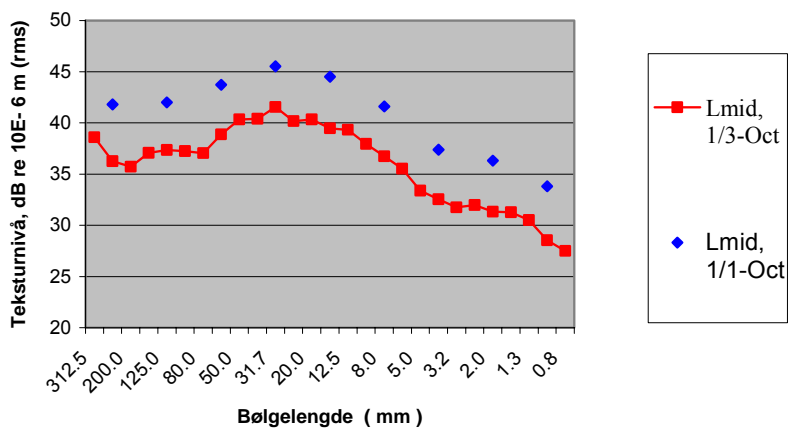
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	38.6	2.9	
250.0	36.2	2.3	41.8
200.0	35.7	2.2	
158.7	37.1	2.5	
125.0	37.4	1.8	42.0
100.0	37.3	1.6	
80.0	37.0	1.9	
62.5	38.9	1.9	43.7
50.0	40.3	2.9	
40.0	40.4	1.1	
31.7	41.5	2.2	45.5
25.0	40.2	1.7	
20.0	40.3	1.9	
15.9	39.5	0.9	44.5
12.5	39.3	2.0	
10.0	37.9	1.2	
8.0	36.7	1.4	41.6
6.3	35.5	0.6	
5.0	33.4	0.7	
4.0	32.5	0.5	37.4
3.2	31.7	0.6	
2.5	32.0	0.6	
2.0	31.3	0.2	36.3
1.6	31.3	0.3	
1.3	30.5	0.4	
1.0	28.5	0.6	33.8
0.8	27.5	0.5	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	46.7
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	72.9
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	74.0
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	153.6
λ max (mm)	31.7
Rmax (rms, μ m)	119.5
MPD (mm)	0.64
g (%)	53.7
rms (mm)	0.325
Rsk	-0.071
Rku	4.15



Dekke 8, felt 2

Ab8 Tokstad 04, felt 2

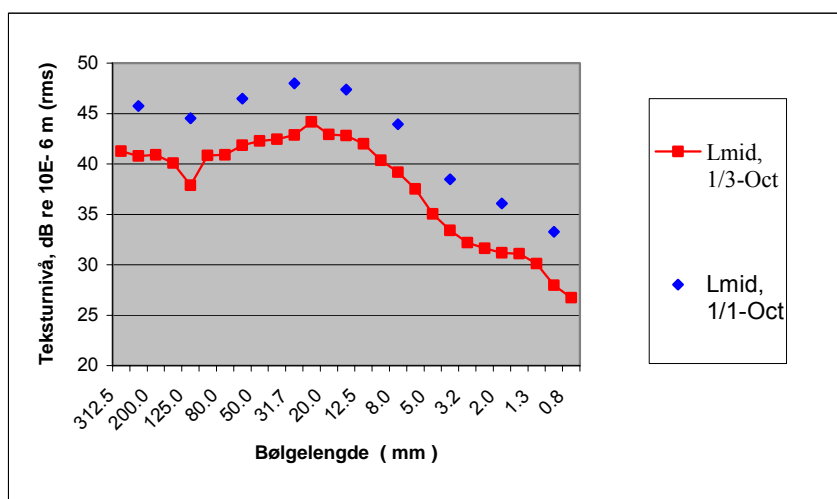
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	41.3	3.2	
250.0	40.8	2.5	45.8
200.0	40.9	3.5	
158.7	40.1	3.7	
125.0	37.9	2.6	44.5
100.0	40.8	3.4	
80.0	40.9	3.5	
62.5	41.9	2.9	46.5
50.0	42.3	3.9	
40.0	42.4	1.5	
31.7	42.9	2.4	48.0
25.0	44.2	1.8	
20.0	42.9	1.6	
15.9	42.8	2.4	47.4
12.5	42.0	2.4	
10.0	40.4	1.5	
8.0	39.2	1.8	43.9
6.3	37.5	1.6	
5.0	35.0	1.2	
4.0	33.4	1.4	38.5
3.2	32.2	0.9	
2.5	31.6	0.5	
2.0	31.2	0.5	36.1
1.6	31.1	0.7	
1.3	30.1	0.4	
1.0	28.0	0.6	33.3
0.8	26.7	0.3	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	56.5
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	110.2
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	84.0
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	211.0
λ max (mm)	25.0
Rmax (rms, μ m)	161.8
MPD (mm)	0.82
g (%)	59.5
rms (mm)	0.434
Rsk	-0.221
Rku	4.15



Dekke 9, felt 1

Ab11 Skarnes 04, felt 1

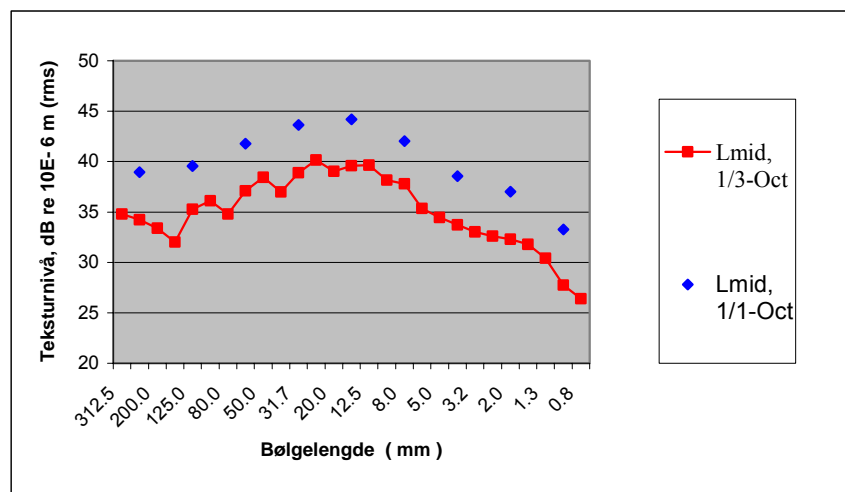
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	34.8	2.5	
250.0	34.2	2.3	38.9
200.0	33.4	2.6	
158.7	32.0	1.7	
125.0	35.3	2.6	39.6
100.0	36.1	2.3	
80.0	34.8	2.8	
62.5	37.1	2.3	41.8
50.0	38.4	2.1	
40.0	37.0	1.9	
31.7	38.9	2.4	43.6
25.0	40.1	2.4	
20.0	39.0	2.0	
15.9	39.6	1.6	44.2
12.5	39.6	1.7	
10.0	38.2	1.4	
8.0	37.8	1.4	42.0
6.3	35.3	1.0	
5.0	34.4	1.2	
4.0	33.7	0.8	38.5
3.2	33.0	0.8	
2.5	32.6	1.0	
2.0	32.3	1.0	37.0
1.6	31.8	1.0	
1.3	30.4	0.9	
1.0	27.7	0.8	33.3
0.8	26.4	0.6	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	52.7
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	63.9
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	84.5
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	122.8
λ max (mm)	25
Rmax (rms, μ m)	101.7
MPD (mm)	0.62
g (%)	53.9
rms (mm)	0.304
Rsk	-0.071
Rku	4.55



Ska8 Shell 04, felt 1

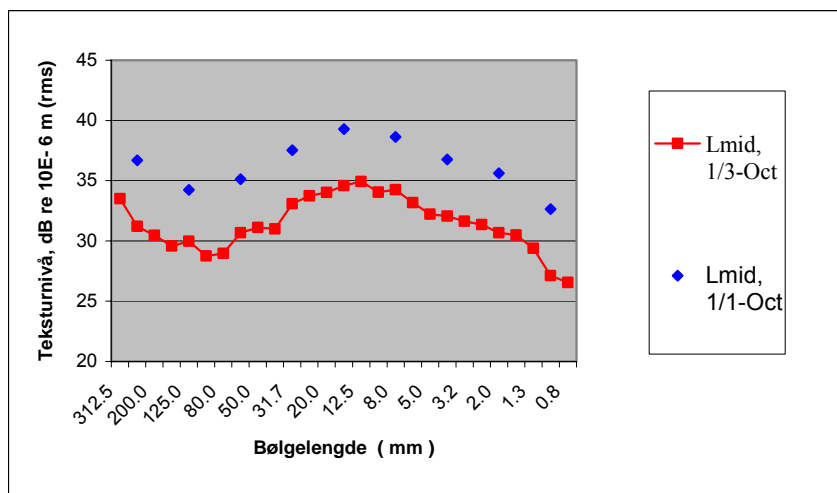
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	33.5	2.5	
250.0	31.2	1.7	36.7
200.0	30.5	4.1	
158.7	29.6	1.8	
125.0	30.0	2.1	34.2
100.0	28.7	1.4	
80.0	29.0	1.2	
62.5	30.7	1.0	35.1
50.0	31.1	1.3	
40.0	31.0	1.1	
31.7	33.1	1.6	37.5
25.0	33.7	1.3	
20.0	34.0	1.7	
15.9	34.6	1.6	39.3
12.5	34.9	1.3	
10.0	34.1	0.5	
8.0	34.2	0.6	38.6
6.3	33.2	0.7	
5.0	32.2	1.0	
4.0	32.1	0.8	36.7
3.2	31.6	0.7	
2.5	31.3	1.0	
2.0	30.7	0.9	35.6
1.6	30.5	1.2	
1.3	29.4	0.8	
1.0	27.1	0.7	32.6
0.8	26.6	0.7	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	40.8
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	27.4
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	68.8
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	57.0
λ max (mm)	12.5
Rmax (rms, μ m)	55.8
MPD (mm)	0.37
g (%)	59.2
rms (mm)	0.189
Rsk	-0.259
Rku	4.83



Ska8 Shell 04, felt 2

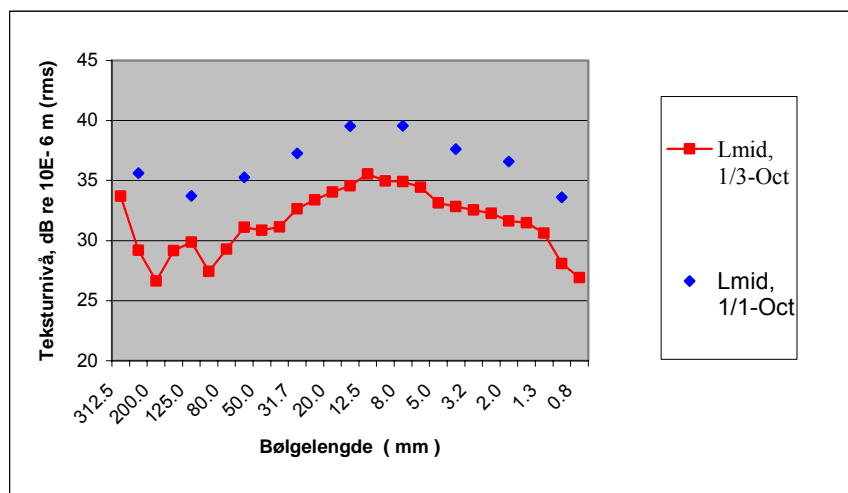
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1µm.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	33.7	2.3	
250.0	29.2	3.6	35.6
200.0	26.6	2.2	
158.7	29.2	2.0	
125.0	29.9	2.5	33.7
100.0	27.4	2.9	
80.0	29.3	2.2	
62.5	31.1	2.2	35.3
50.0	30.9	0.6	
40.0	31.1	1.4	
31.7	32.6	1.2	37.3
25.0	33.4	0.9	
20.0	34.0	1.3	
15.9	34.6	1.3	39.5
12.5	35.6	0.6	
10.0	35.0	1.7	
8.0	34.9	0.7	39.5
6.3	34.4	1.0	
5.0	33.1	0.8	
4.0	32.8	0.6	37.6
3.2	32.6	0.3	
2.5	32.3	0.5	
2.0	31.6	0.5	36.6
1.6	31.5	0.6	
1.3	30.6	0.4	
1.0	28.1	0.6	33.6
0.8	26.9	0.5	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, µm)	45.4
a100 -1/3-oct (rms, µm)	23.5
a4 -1/1-oct (rms, µm)	76.0
a63 -1/1-oct (rms, µm)	57.9
λ_{max} (mm)	12.5
Rmax (rms, µm)	59.9
MPD (mm)	0.35
g (%)	64.8
rms (mm)	0.190
Rsk	-0.537
Rku	5.27



Ska11 f1 Øiset

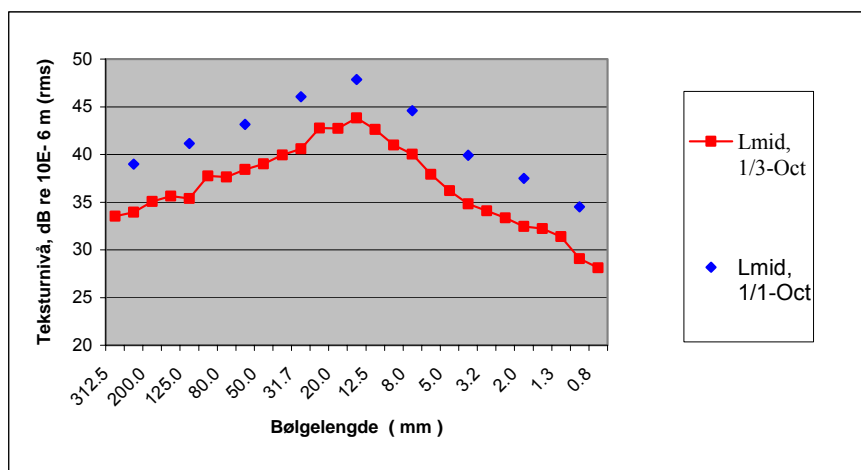
2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1µm.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	33.5	2.6	
250.0	33.9	2.5	39.0
200.0	35.1	3.7	
158.7	35.6	3.8	
125.0	35.4	2.6	41.2
100.0	37.7	2.1	
80.0	37.6	2.5	
62.5	38.4	2.1	43.2
50.0	39.0	1.2	
40.0	40.0	1.6	
31.7	40.6	2.4	46.0
25.0	42.8	2.2	
20.0	42.7	1.9	
15.9	43.8	2.2	47.9
12.5	42.6	2.0	
10.0	41.0	1.5	
8.0	40.0	1.9	44.6
6.3	37.9	1.2	
5.0	36.2	1.6	
4.0	34.8	1.4	39.9
3.2	34.1	0.8	
2.5	33.3	0.8	
2.0	32.5	0.6	37.5
1.6	32.2	0.6	
1.3	31.4	0.9	
1.0	29.1	0.9	34.5
0.8	28.1	0.5	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, µm)	64.6
a100 -1/3-oct (rms, µm)	77.2
a4 -1/1-oct (rms, µm)	98.9
a63 -1/1-oct (rms, µm)	143.8
λmax (mm)	16
Rmax (rms, µm)	155.2
MPD (mm)	0.73
g (%)	66.6
rms (mm)	0.397
Rsk	-0.360
Rku	4.34



Ska14 f1 Volla

2005-08-17

Teksturspektra, Ltx i dB re 1 μ m.

λ (mm)	1/3 oct	Stdav(Ltx)	1/1 oct
312.5	37.0	4.0	
250.0	38.6	5.8	41.7
200.0	33.9	3.6	
158.7	34.7	4.1	
125.0	37.4	2.1	41.3
100.0	37.0	2.0	
80.0	36.4	2.0	
62.5	38.7	2.7	42.9
50.0	38.8	1.8	
40.0	39.4	1.4	
31.7	40.6	0.9	45.1
25.0	41.0	1.1	
20.0	40.7	1.3	
15.9	40.9	1.3	45.3
12.5	40.0	1.4	
10.0	37.8	0.7	
8.0	37.0	0.6	41.7
6.3	35.6	0.4	
5.0	34.1	0.6	
4.0	33.0	0.6	38.1
3.2	32.7	0.6	
2.5	32.4	0.5	
2.0	31.9	0.6	36.8
1.6	31.8	0.7	
1.3	30.6	0.6	
1.0	28.3	0.7	33.7
0.8	27.1	0.3	

Teksturparametre

a5 -1/3-oct (rms, μ m)	50.7
a100 -1/3-oct (rms, μ m)	71.0
a4 -1/1-oct (rms, μ m)	80.3
a63 -1/1-oct (rms, μ m)	139.2
λ max (mm)	25
Rmax (rms, μ m)	112.2
MPD (mm)	0.62
g (%)	56.2
rms (mm)	0.325
Rsk	-0.112
Rku	4.18

