

SINTEF A10839

# RAPPORT

***Miljøvennlige vegdekker:  
Måling og analyse av teksturdata for  
vegdekker.  
Forutsetninger og validering.***

Svein Å. Storeheier

***SINTEF IKT***

Mai 2009



# SINTEF RAPPORT

## SINTEF IKT

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: O S Bragstads plass 2C  
7034 Trondheim  
Telefon: 73 59 30 00  
Telefaks: 73 59 10 39  
Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

TITTEL

**Miljøvennlige vegdekker:**

**Måling og analyse av teksturdata for vegdekker.  
Forutsetninger og validering.**

FORFATTER(E)

Svein Å. Storeheier

OPPDRAKSGIVER(E)

Statens vegvesen Vegdirektoratet,  
Norges Forskningsråd

RAPPORTNR. SINTEF A10839	GRADERING Åpen	OPPDRAKSGIVERS REF. Jostein Aksnes	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 978-82-14-04424-9	PROSJEKTNR. 90E239 / 90E266	ANTALL SIDER OG BILAG 21 + 1
ELEKTRONISK ARKIVKODE SINTEF_A10839.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) S. Å. Storeheier	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Truls Berge	
ARKIVKODE	DATO 2009-05-15	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Odd Kr. Ø. Pettersen, Forskningsjef	

### SAMMENDRAG

Rapporten beskriver hovedtrekkene i en tilrettelegging av måle- og analysemetoder for tekstur i vegoverflater. Utgangspunktet er de forutsetningene som gjelder ved bruk av registreringsutstyr for spor og jevnhet, ALFRED, basert på laserprofilometri. Tekstur kan måles over lengre sammenhengende strekninger. Analysen er gjort mer fleksibel ved at delstrekninger kan velges ut for analyse, og identifisering ved kilometringsdata. Feilregistrering og -retting er automatisert. Det er gjennomført en praktisk form for validering som indikerer at måle- og analysemetodene for tekstur som er tatt fram i dette prosjektet, gir rimelige resultater. Det er også vist at egenstøyen fra lasermåleren kan være noe høy i deler av det måleområdet som teksturmålingene bør dekke.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Akustikk	Acoustics
GRUPPE 2	Vegdekker	Road Surfaces
EGENVALGTE	Tekstur	Texture
	Metoder	Methods
	Validering	Validation

## **Forord**

Arbeidet er finansiert av Statens vegvesen, Vegdirektoratet, gjennom etatsprosjektet “Miljøvennlige vegdekker”, og Norges forskningsråd gjennom prosjektet ”Environmental Noise Phase III”.

Kontaktperson hos Vegdirektoratet har vært Jostein Aksnes, som også er prosjektleder for etatsprosjektet. Ingunn Milford har vært prosjektleder for området støy/tekstur i Vegdirektoratet. ViaTech as ved Erik Espe og Aslak Myklatun har hatt ansvaret for den tekniske delen av tilretteleggingen for teksturmålinger. Statens vegvesen, Region Midt, Geodataseksjonen ved tekniker Bjørn Ove Ofstad, har bidratt med forslag og testmålinger. SINTEF IKT har gjennomført uttesting, tilrettelegging av analyserutiner og validering. Prosjektleder ved SINTEF IKT har vært seniorforsker Svein Å. Storeheier.

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>BAKGRUNN .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>GENERELLE FORUTSETNINGER.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>TILRETTELEGGING AV TEKSTURMÅLINGER OG DATABEHANDLING.....</b>	<b>6</b>
3.1	TEKSTURMÅLINGER .....	6
3.2	TILRETTELEGGING.....	6
3.2.1	<i>Grensesnitt i TextureExport.....</i>	<i>6</i>
3.2.2	<i>Filnavn som identifikator.....</i>	<i>7</i>
3.2.3	<i>Tilleggsprogrammering for dataanalyse .....</i>	<i>7</i>
3.3	TEKSTURANALYSE .....	8
3.4	EKSEMPEL PÅ PRESENTASJON AV TEKSTURDATA.....	9
<b>4</b>	<b>VALIDERING AV TEKSTURRESULTATER .....</b>	<b>10</b>
4.1	GENERELT .....	10
4.2	TEST AV ANALYSEDEL FOR TEKSTURSPEKTER .....	10
4.3	RESULTATER FRA BRUK AV ULIKE SAMPLINGSMETODER.....	11
4.4	KONTROLL MOT UAVHENGIG METODE.....	12
<b>5</b>	<b>EGENSTØY .....</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>OPPSUMMERING .....</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>REFERANSER.....</b>	<b>18</b>
	<b>VEDLEGG : EKSEMPEL PÅ RESULTATPRESENTASJON.....</b>	<b>20</b>

## **1 Bakgrunn**

I forberedelsene til oppstarten av prosjektet ”Miljøvennlige vegdekker” i regi av Vegdirektoratets Teknologivdeling, ble det utført teksturmålinger på et antall vegdekker i 2003-04, rapportert i [1,2].

Målingene ble opprinnelig utført med et enkelt opplegg under ALFRED-systemet for laserbasert måling av spor og jevnhet.

Erfaringene viste at målerutinene fungerte, men var upraktiske og arbeidskrevende i forhold til den typen kartlegging av tekstur på norske vegdekker som det var rimelig å legge opp til i prosjektet.

Utgangspunktet for dette arbeidet var et ønske om en tilrettelegging av måle- og analyserutiner basert på samme målesystem, men med mulighet for kontinuerlig måling over lengre strekninger, med bedre feilretting og med en sikker stedsidentifikasjon etter kilometreringssystemet. Enkelte av problemstillingene er tidligere diskutert i arbeidsnotatene [3,4]. Det var også et ønske å kunne gjennomføre enkel validering av metode og resultater.

## 2 Generelle forutsetninger

Det var en forutsetning at det ikke skulle utvikles et nytt system for teksturmålinger, men beholde ALFRED-systemets grunnleggende målerutiner basert på det relativt enkle registreringsopplegget (laserprofilometri) som allerede var utviklet og tatt i bruk, se beskrivelse i [1].

Et tilrettelagt opplegg skulle kunne registrere teksturdata over lange strekninger (flere hundre meter) sammenhengende, og legge data på fil.

ViaTech as skulle gjennomføre den tekniske tilretteleggingen, og sørge for at korrekte profilhøyde sampelverdier ble lagt på fil, med avstandsvektor basert på vegvesenets kilometreringssystem.

Teksturdata ville registreres langs en målelinje i vegoverflaten (2D måling), men registreringsenheten kunne flyttes fysisk for å legge denne målelinja på vilkårlig sted i kjørefeltet, for eksempel i hhv. høyre eller venstre hjulspor.

Dataanalysen som er utviklet fulgte i hovedsak anvisningene gitt i ISO-standard serien 13473 del 1, 2 og 4, [5 - 7]. Det er utviklet flere analyseversjoner i prosjektets løp, ettersom muligheten til forbedringer kom opp.

Beregning av teksturnivåer ble gjort som en vanlig diskret fft (fast fourier transform)-analyse, mens de øvrige teksturparametrene ble beregnet på grunnlag av profilhøyder (Mpd) eller prosessering på fordelinger av profilhøyder. Feilregistreringer ble fram til tilretteleggingen behandlet på en nokså enkel måte. Det var bare mulig å teste på utypiske verdier av profilhøyder. Det var derfor et ønske om en sikrere deteksjon av feilregistrering (dropouts).

Under pilotprosjektet [1] og spesielt under testmålingene i 2005-06 ble det oppdaget at målesystemet kunne gi egenstøy. En defekt laser ga tydelig egenstøy som klart påvirket målesignalet. Men også tilsynelatende normalt fungerende lasere (Selcom, 32 kHz) synes å generere noe høy egenstøy ved korte bølgelengder (under 3-4 mm). Dette er belyst i rapporten. Det er sannsynlig at ALFRED-systemet som er designet for registrering av spor og jevnhet, ikke er optimalt for hele bølgelengdeområdet for teksturdata (minimum 2 – 300 mm bølgelengder). Dette kan være et generelt problem som vi må leve med under ALFRED-systemet.

Det er ikke foretatt noen spesiell kalibrering av teksturutstyr eller –resultater. Eventuell justering av lasersystemet regner en inngår i et periodisk ettersyn og vedlikehold av den aktuelle målebilens instrumentering.

I rapporten er det gjennomført en praktisk form for validering av resultater, som en enkel form for kvalitetssikring.

### 3 Tilrettelegging av teksturmålinger og databehandling

#### 3.1 Teksturmålinger

Da teksturmålingene for pilotprosjektet til ”Miljøvennlige vegdekker” tok til høsten 2003, ble det brukt en metode som var spesiallaget for Asfaltteknisk Institutt (ATI) for overflatekarakterisering av asfalterte rullebaner på flyplasser. Metoden var basert på bruk av målebiler med ”ALFRED” målesystem for registrering av spor og jevnhet. Dette systemet bruker en Selcom 32 kHz laser. Basis målelengde var 2.5 m, tilsvarende 7500 profilsamplere registrert med innbyrdes avstand 0.35 mm ved kjørefart 40 km/t. En del basisinformasjon om denne implementeringen ble gitt i [8]. Hovedprinsippet var at systemet gir sampeleverdier som representerer vegoverflatens profilhøyder. Samplingen er gjort med hensyn til filtrering, samplingsfrekvens og kjørehastighet for å gjenvinne korrekte høydeprofiler over en viss nedre grense for bølgelengde. Denne grensen kan i praksis settes lik 1.5-2 mm.

Ved teksturmålinger for å karakterisere vegoverflater trengs registrering over vesentlig lengre strekninger enn 2.5 m. Konsekvensen ved en målelengde på 2.5 m var at en måtte registrere og etterbehandle mange enkeltfiler. Dette var upraktisk og tidkrevende både ved utførelsen av målingene og ved påfølgende analyse. Data fra 6 til 9 basislengder ble vurdert som et absolutt minimum av hensyn til usikkerheten i resultatet.

På denne bakgrunnen var det at firma ViaTech as etter diskusjoner foreslo en tilrettelegging av utgangsdata fra ALFRED-systemet slik at en kunne registrere lengre sammenhengende strekninger. ViaTech as gjennomførte i løpet av 2006 den nødvendige tekniske tilretteleggingen for målingene.

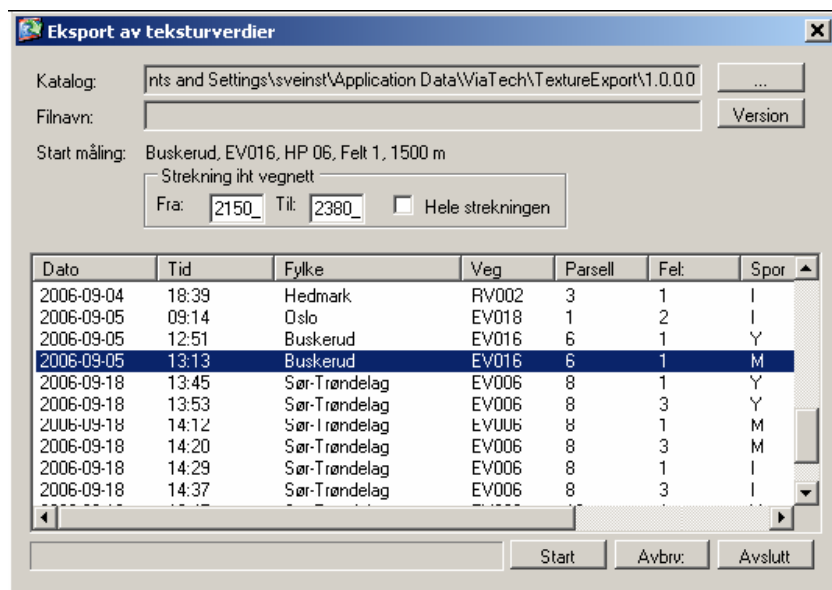
#### 3.2 Tilrettelegging

Det viktigste ved tilretteleggingen var å kunne registrere kontinuerlig og sammenhengende over lengre vegstrekninger, i alle fall opptil noen hundre meters lengde. En del av prosjektets teststrekninger er ordnet i sammenhengende felter, hvor de enkelte vegdekkene ligger etter hverandre. Teksturregistreringen for feltene kan da gjøres i én overkjøring. Registreringen gjøres i en langsgående linje (spor) i vegoverflaten. Ønskes teksturdata for flere spor og evt. mellom hjulspor, må det kjøres flere ganger.

Avstanden langs målestrekningen koordineres med vegens *kilometrering* for sikker identifisering. Dette tjener også til referanse for ulike utvalg av delstrekninger under dataanalysen.

##### 3.2.1 Grensesnitt i TextureExport

Fra registreringen foreligger en datakatalog med *årstall-klokkeslett* som navn. Denne kopieres inn i dataområdet til grensesnittprogrammet TextureExport. De forskjellige datafeltene i filnavnet vil da framkomme som kolonner i grensesnittet, se Figur 3.1 nedenfor. Her er vist spesielt hva som kommer opp for den valgte datakatalogen. I feltet ”*Strekning iht vegnett*” settes km fra- og til- for den strekningen som ønskes til videre analyse. Ved trykk på ”*Start*” behandles det valgte utsnitt i løpet av noen sekunder. Ved trykk på ”*Avslutt*” overføres en tekstfil med datautsnitt som spesifisert, og med det valgte filnavn til den aktuelle datakatalogen. Denne fila bearbeides videre.



Figur 3.1 Grensesnitt for eksportering av datafil fra teksturregistrering.

### 3.2.2 Filnavn som identifikator

Det ble valgt å legge all viktig informasjon om målested og -tidspunkt direkte inn i filnavnet som blir lagt inn ved registreringen. Formatet på filnavnet som kommer fram etter prosessering i TextureExport er som i eksempelet:

*Buskerud\_EV016HP06F1SM20060905\_1313\_2150\_2380m.txt*

som gir informasjon om:

fylke, vegtype (riksveg, europaveg) og nr, hovedparsellnr, (veg) feltnr, sporangivelse (Ytre-, Mellom eller Indre spor), årstall og dato, klokkeslett for start registrering, km-fra, km-til.

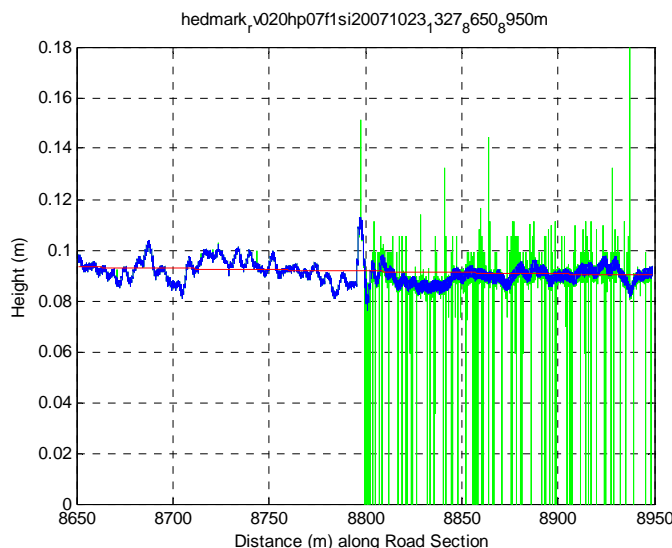
### 3.2.3 Tilleggsprogrammering for dataanalyse

For å ta vare på de nye mulighetene måtte det en viss tilleggsprogrammering til i analysedelen. Det viktigste var å ta hensyn til :

- Fritt valg av strekning for analyse innenfor grensene satt i TextureExposure. Det er viktig å kunne se an profilforløpet med tanke på utypiske forløp eller feilregistreringer, se nedenfor. Her ligger det en visuell kontrollmulighet som er viktig.
- Feilregistrering og feilretting. Over lengre målestrekninger vil en kunne få feil i laserregistreringen som gir helt utypiske verdier, eller feil som ikke blir oppdaget av den tidligere enkle feilrettingsalgoritmen for utypiske verdier. Lasersystemet gir en indikasjon på en eventuell ufullstendig refleksjon av laserstrålen for hvert sampel, [9]. Ved feil genereres det en feilkode som legges ut på datafila som en egen feilkolonne. Analyseprogrammet søker nå etter både laserfeil og feil som skyldes utypiske verdier (det siste kan for eksempel forekomme som signalimpulser som umotivert genereres langs signalveien i ALFRED-systemet). Figur 3.2 viser en sammenhengende teksturmåling fra Rv.20 ved Elverum, målt høsten 2007. Første halvdel viser høydeprofil for et eldre vegdekke. Andre halvdel viser høydeprofil på et nylagt



vegdekke (T8s), lagt samme høst. Denne delen viser mange feilregistreringer som trolig skyldes laserfeil på grunn av ufullstendige refleksjoner fra en svart asfaltmasse. Ved å rense ut feilregistreringene kan den opprinnelige høydeprofilen tilnærmet gjenopprettes.



*Figur 3.2 Feilregistrering av høydeprofil på nylagt asfaltdekke, vist til høyre. Grønn markering viser feilregistrering, blå markering viser gjenopprettet høydeprofil.*

### 3.3 Teksturanalyse

Dataanalysen som er utviklet fulgte i hovedsak anvisningene gitt i ISO-standard serien 13473 del 1, 2 og 4, som nevnt i kapittel 2.1 ovenfor. Det er utviklet flere analyseversjoner i prosjektets løp, ettersom erfaringen økte og muligheten til forbedringer kom opp.

Utviklingen kan i grove trekk beskrives med 3 hovedgenerasjoner analyseprogram, alle med grunnanalysen som antydnet i kapittel 2:

1. Grunnversjon, Mpd-filter litt unøyaktig i forhold til spesifikasjonen, noe unyansert rutine for deteksjon av dropout, teksturspekter basert på effektsummasjon over fft-linjer i bølgelengdebånd, ikke zoom mulighet for utvalg av delstrekning. (Versjon *Teksturveg12*). I hovedsak brukt ved analysen på målingene utført i 2003-04.
2. Videreutvikling av 1. Bedre tilpasset filter for Mpd beregning, mer nyansert deteksjonsalgoritme for dropouts, men fortsatt bare for antatt utypiske høydeverdier, zoom mulighet for utvalg av analysestrekning og dermed visuell kontroll av høydeprofilet, teksturspekteret basert på fordelt effekt, ikke konsentrert ved fft-linjene. (Versjon *Teksturveg16*). I hovedsak brukt på teksturmålinger utført i 2005-06.
3. Videreutvikling av 2. Den viktigste utviklingen er at lasersystemets feilindikasjon tas hensyn til i behandling av dropouts. Data for Mpd og G-faktor plottes fortløpende som funksjon av avstand. (Versjon *Nyteksturveg\_7*). Brukt på teksturmålinger utført i 2007-08.

Alle versjonene gir et estimat av teksturspekteret som skal være det samme. Tilfeldige variasjoner kan forekomme, men ikke systematiske. I *Teksturveg12* er Mpd-filteret innstilt litt unøyaktig. Dette medfører at Mpd-verdiene i denne versjonen kan bli noe høyere enn i de andre versjonene dersom spekteret har høye nivåer ved små bølgelengder. Forskjeller på opptil 5-10 % er observert, men forskjellen er i middel trolig mindre.

En viktig forbedring er innført i *Nyteksturveg\_7*. ved at lasersystemets feilindikator brukes til å registrere feil. Slike feil kan oppstå ved ufullstendig refleksjon av laserlyset, for eksempel fra nylagte vegdekker som vist i Figur 3.2. Det er også observert at fuktig veg gir feil. Slike feil kan nå korrigeres selv om de ikke har utypiske verdier.

Analyseprogrammene er utviklet i Matlab<sup>®</sup> som et forskningsverktøy, og er ikke tilgjengelig som kommersielle produkter.

### 3.4 Eksempel på presentasjon av teksturdata

Tilretteleggingen beskrevet ovenfor gir mulighet for en generell resultatpresentasjon som vist i Vedlegg.

Første side viser en datatabell med tekturnivåer ( $L_{tx}$ ) i 1/3-oktav bølgelengdebånd, og 1/1-oktav bånd. Teksturspekteret i 1/3-oktav bånd er også vist grafisk. Teksturspekteret er (energi)middelnivåer over målestrekningen. I den grafiske framstillingen er teksturspekteret begrenset til området 2 – 315 mm senterbølgelengder, men data opp til 630 mm bølgelengde finnes i tabellen..

I tillegg er det vist ulike teksturparametre fra fordelingsanalyse av profilhøyder. Databladet er en lett utvidet versjon av databladet i pilotundersøkelsen [1]. Teksturparametrene gjengis her for oversiktens skyld :

Mpd	- midlere profildybde (mm), etter metode gitt i ISO 13473-1, [5],
G-faktor	- formfaktor for vegoverflate, %, basert på kumulativ amplitydefordeling av profilhøydeverdier. Høy verdi antyder en overflate av typen ”plata med sprekker”, mens en lav verdi antyder en overflate av typen ”dype daler, spisse fjell”.
Rms	- rms verdi (effektivverdi i mm) beregnet direkte på høydevariasjonene.
Rsk	- amplitydefordelingens skjevhet (”skewness”), mål på asymmetri. Negativ verdi trekker i samme retning som høy G-faktor.
Rku	- amplitydefordelingens ”kurtosis”, uttrykker fordelings ”spissitet” eller ”toppethet”.
ERNL	”Estimated Road Noisiness Level”, uttrykker en vegoverflates bidrag til opplevd støy ved A-veid støynivå fra et lett kjøretøy (lydavstråling fra bildekk), basert på teksturinnflytelse via teksturspekteret.

Alle teksturparametrene (ikke ERNL) er beregnet for hvert 10 cm intervall langs målestrekningen. Middelerverdier og spredning (standardavvik) er oppgitt.

Neste side viser tilleggsinformasjon i to figurer. Først vises høydeprofilen (ufiltrert) for vegdekket over den strekningen som er valgt. Eventuelle feilregistreringer vises også her. I andre figur vises middelerverdier for Mpd og G-faktor for 20 m intervaller, plottet langs den valgte strekningen.

## 4 Validering av teksturresultater

### 4.1 Generelt

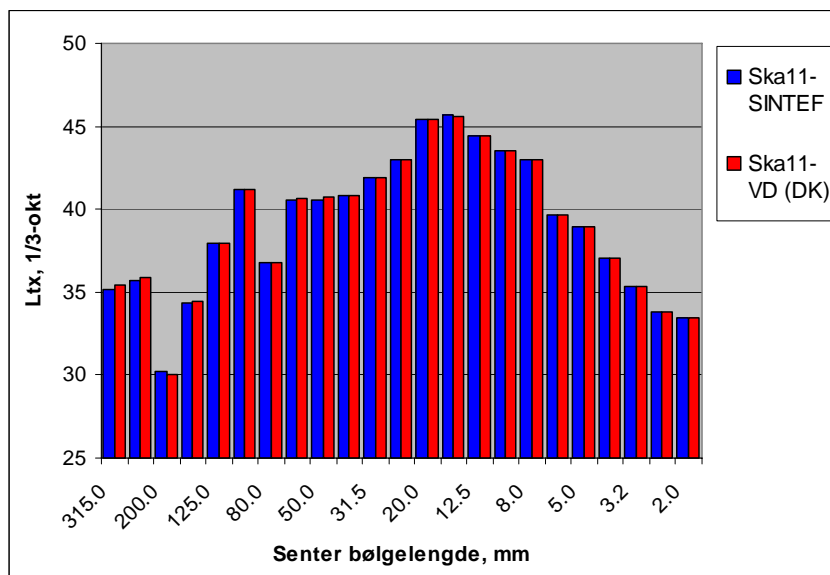
Det er utviklet et system for teksturmålinger og –analyse som beskrevet ovenfor. Det finnes noen muligheter for validering av resultatene:

1. I et uformelt samarbeid med det danske vegdirektoratet har en sammenlignet beregnet teksturspekter for samme profilhøyde rådata, [10].
2. I en spesialundersøkelse basert på 3D-analyse av overflater ved bruk av videofotografering med strukturert (stripet) lys [11], kunne teksturspekter beregnes med denne samplingsteknikken, som er helt forskjellig fra lasermåling.
3. For noen få vegstrekninger har en fått uavhengige teksturmåledata ved bruk av en stasjonær målerigg.

### 4.2 Test av analysedel for teksturspekter

Teksturspekter ble beregnet av dansk Vegdirektorat (VD DK) og SINTEF IKT for 4 målefiler av tekstur, 2 fra hvert land. Hensikten var å sammenligne analysemetodene som ble brukt. Begge baserte på den foreliggende uferdige versjon av ISO Teknisk Spesifikasjon [7].

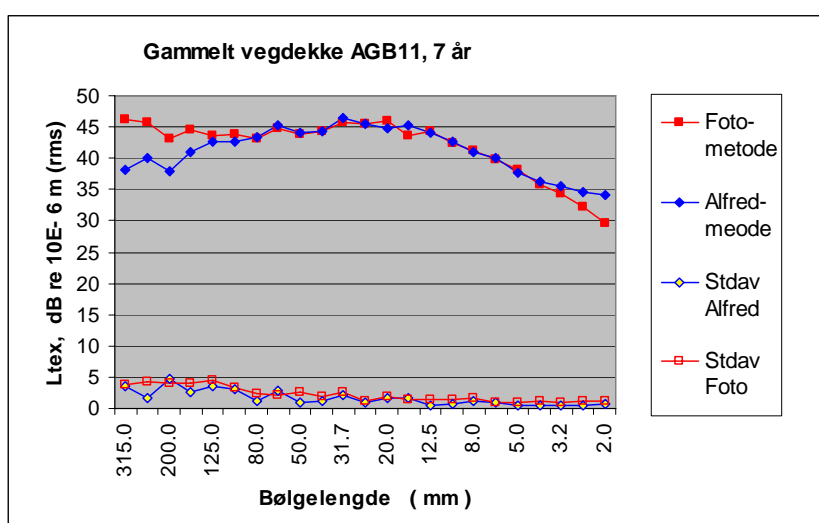
Overensstemmelsen var generelt svært god. Figur 4.1 viser sammenligning av teksturspektra for et Ska11-vegdekke.



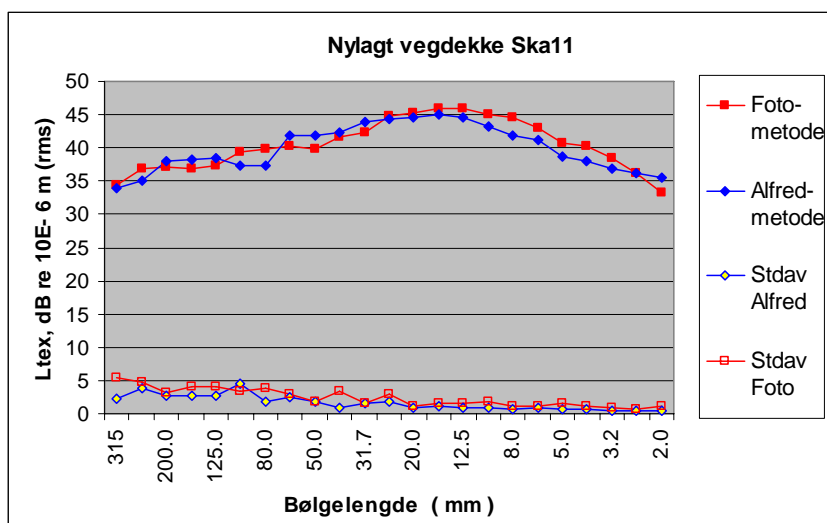
Figur 4.1 Sammenligning av teksturspekter beregnet av Vegdirektoratet i Danmark (VD DK) og SINTEF IKT.

### 4.3 Resultater fra bruk av ulike samplingsmetoder

En samplingsteknikk basert på videofotografering med strukturert lys for 3D-presentasjon ble brukt på to vegdekker i en pilotundersøkelse. Registrerte sampler fra vegdekkets høydeprofil var inngangsdata til analysedelen som beregnet teksturspekeret. Fotometoden tok bilder over et areal på 1 m x 0.16 m i høyre hjulspor. Her ble det tatt ut høydeverdier langs 10 snitt. Det ble også målt tekstur på vanlig måte, dvs. med målebil med ALFRED-systemet. 6 overkjøringer med måling i høyre hjulspor ble utført. Målestrekningene var på 2.6 m, og ble lagt med overlapp på fotostrekningen så godt det lot seg gjøre. Figur 4.2 og 4.3 viser målt/beregnet teksturspekter for disse to metodene, på to vegdekker.



Figur 4.2 Sammenligning av resultater for ulike samplingsmetoder på gammelt vegdekke



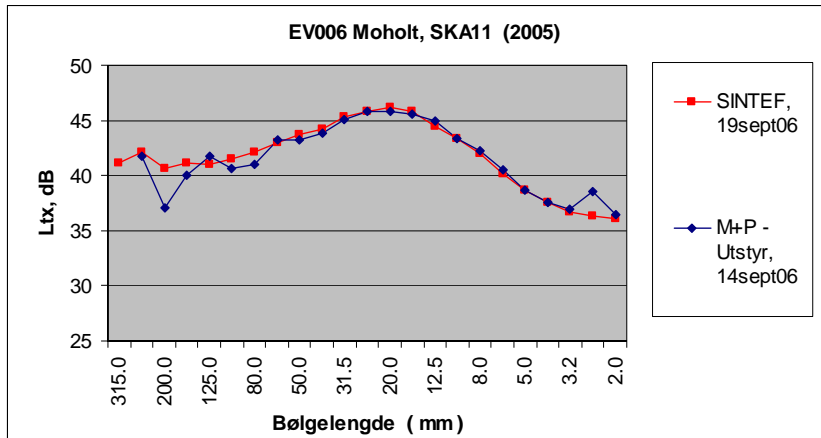
Figur 4.3 Sammenligning av resultater for ulike samplingsmetoder på nylagt vegdekke

Resultatene viser god overensstemmelse for teksturspektra for begge vegdekkene. På figurene er det også angitt standardavvikene over enkeltverdier som inngår i beregningen. I Figur 4.2 sees en tendens til forskjell ved korte bølgelengder. Dette kan være innvirkning av egenstøy i Alfred-systemet, som diskuteres spesielt i kapittel 5. Her sees også en viss forskjell i teksturnivåer ved bølgelengder over ca. 125 mm. Dette er utslag av statistisk usikkerhet, og ligger innenfor det variasjonsområdet som standardavviket antyder. Her bør en også huske på at datainnsamlingen i metodene er forskjellig.

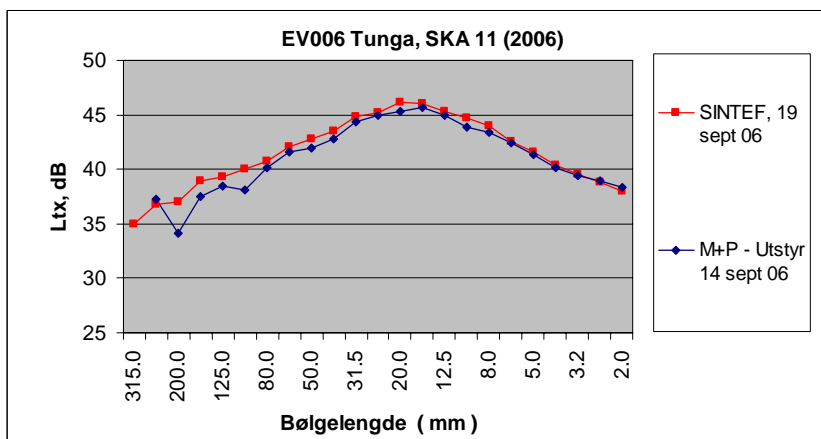
#### 4.4 Kontroll mot uavhengig metode

I forbindelse med et modelleringsprosjekt ble det målt tekstur i vegbanen for 5-6 vegdekker i Trondheimsområdet høsten 2006. En stasjonær målerigg for lasermålinger og tilhørende programvare, ble utlånt av konsulentfirmaet M+P i Nederland. 3 av vegdekkene var lagt langs E6 Omkjøringsvegen i Trondheim. Sammenlignende resultater fra disse er vist i Figur 4.4 – 4.6. Det ble gjort 3 stasjonære målinger over en strekning på ca. 20 m pr. vegdekke. Hver stasjonærmåling besto av 20 langsgående målelinjer ved siden av hverandre (avstand 10 mm), over en lengde på 1.5 m i høyre hjulspor.

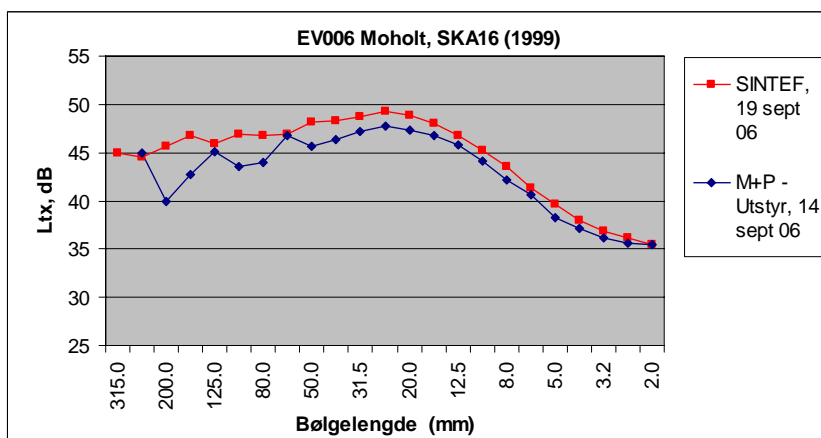
I tillegg ble det gjort en vanlig teksturmåling med vegvesenets målebil. Med denne ble det kjørt en målelinje i høyre hjulspor, med lengde 80 m og lagt slik at stasjonærmålingene kom midt på målestrekningen. Totalt antall meter målt tekstur ble da i samme størrelsesorden for de to metodene. Målingene ble utført i løpet av en uke i september 2006, og er beskrevet nærmere i [12].



Figur 4.4 Sammenlignende teksturmålinger på Skal1 vegdekke, lagt 2005.



Figur 4.5 Sammenlignende teksturmålinger på Skal1 vegdekke, lagt 2006.



Figur 4.7 Sammenlignende teksturmålinger på Skal16 vegdekke, lagt 1999.

For disse målingene var også verdier for midlere profildybde, Mpd, tilgjengelig, se Tabell 4.1:

*Tabell 4.1 Verdier for Mpd, mm*

Vegdekke	Ska11, 2005	Ska11, 2006	Ska16, 1999
M+P Utstyr	1.16	0.96	1.44
SINTEF IKT	1.13	0.84	1.54

Resultatene fra de to metodene stemmer ganske bra overrens for alle 3 vegdekker, tatt i betraktning at selve måleutførelsen er noe forskjellig.

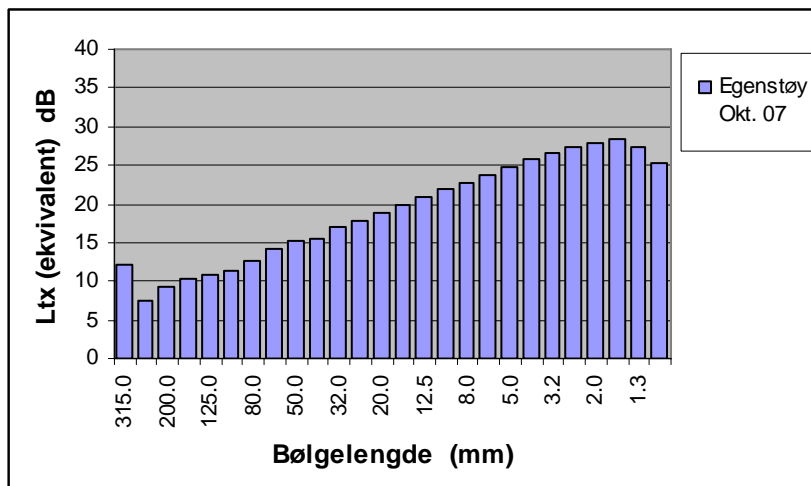
## 5 Egenstøy

Under målingene spesielt i 2006 var resultatet tydelig påvirket av egenstøy fra ALFRED systemet, og sannsynligvis fra laseren. Ved måling på forholdsvis jevne vegdekker dominerte egenstøyen over teksturresultatene ved bølgelengder under ca. 5-10 mm. Dette var ganske ødeleggende for teksturresultatene. Laseren i målebilen ble byttet ut med reserveutstyr, og problemet var tilsynelatende løst.

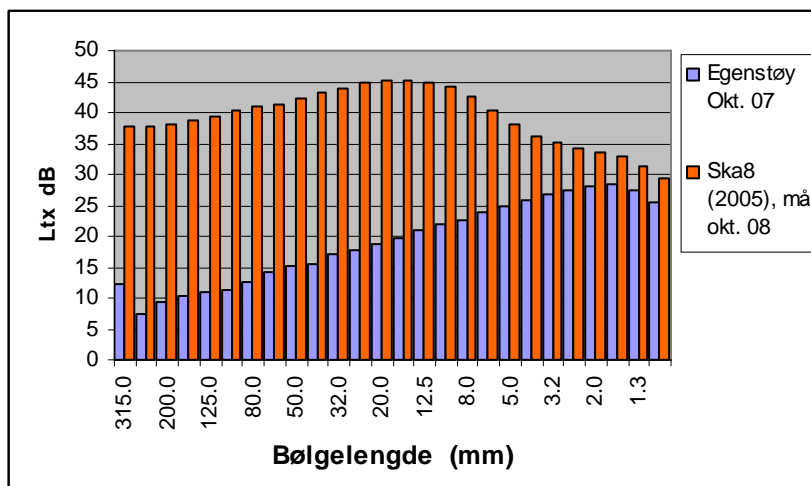
Men også normalt fungerende lasere (Selcom, 32 kHz) synes å generere noe høy egenstøy ved korte bølgelengder (under 3-4 mm). Det ble derfor lagt opp til en kontroll av egenstøyen fra målebilen laser.

Målebilen ble stilt opp slik at laseren målte på en jevn rettholt. Måleprogrammet kunne simulere kjøring i riktig hastighet, mens bilen står i ro. Teksturmålinger ble nå kjørt med og uten bilens motor i gang. Med helt jevn måleflate registreres egenstøyen i systemet uttrykt som ekvivalente teksturdata.

Figur 5.1 viser resultatet av en slik måling som er representativ for en laser i antatt normal tilstand.



Figur 5.1 Egenstøy fra laser målt som ekvivalent teksturspekter, med motor i gang.



Figur 5.2 Egenstøy og teksturspekter for Ska8 (1 år)



Figur 5.2 viser egenstøyspekteret og teksturspekter for vegdekke Ska8 (Trolla, lagt 2005, målt 2006). Figuren viser klart at signal/støyforholdet ved bølgelengde omkring 2 mm er i størrelsesorden 5-6 dB. Spekteret ved de korteste bølgelengdene kan derfor være påvirket av egenstøy.

Konsekvensene av dette er flere. Visning av teksturspekter er begrenset nedad til 1/3-oktavbåndet med senterbølgelengde 2 mm. (Dette er også omkring nedre grense for teksturmålingen på grunn av en spesiell filtrering, [8]). Ved generelt liten tekstur (svært jevne (slitte og/eller polerte) vegoverflater) kan teksturnivåer ved bølgelengder under 4-5 mm være påvirket. Mpd-verdier blir ikke vesentlig påvirket da et Mpd-filter beskjerer signalet ved bølgelengder kortere enn ca. 3.5 mm.

Andre fordelingsparametre (G-faktor, skjevhet, osv.) kan bli påvirket. Virkningen antas imidlertid å være moderat hvis teksturspekteret har et klart maksimum som ligger minst 7-10 dB over nivået ved bølgelengde 2 mm. Men det er usikkerhet om dette, noe som gir en viss usikkerhet i fordelingsparametrene G-faktor, Rsk (skewness), Rku(kurtosis).

## 6 Oppsummering

Rapporten beskriver hovedtrekkene i en tilrettelegging av måle- og analysemetoder for tekstur i vegoverflater. Utgangspunktet er de forutsetningene som gjelder ved bruk av registreringsutstyr for spor og jevnhet, ALFRED. Tekstur kan måles over lengre sammenhengende strekninger. Analysen er gjort mer fleksibel ved at delstrekninger kan velges ut for analyse, og identifisering ved kilometreringsdata. Feilregistrering og -retting er automatisert. Det er gjennomført en praktisk form for validering som indikerer at måle- og analysemetodene for tekstur som er tatt fram i dette prosjektet, gir rimelige resultater. Det er også vist at egenstøyen fra lasermåleren kan være noe høy i deler av det måleområdet som teksturmålingene bør dekke.

## 7 Referanser

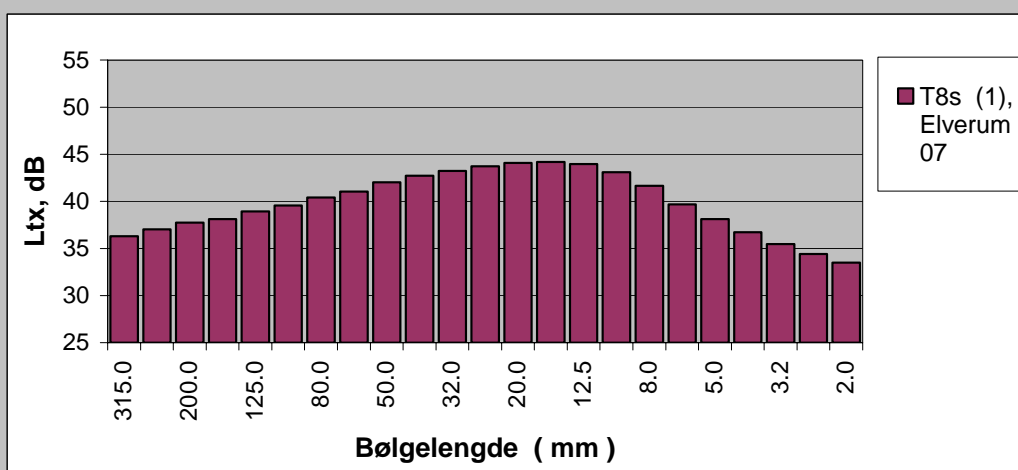
- [1] S. Å. Storeheier:  
Miljøvennlige vegdekker:  
Måling av tekstur i vegoverflater. En pilotundersøkelse utført på vegdekker i Kongsvingerområdet i 2003-04.  
SINTEF Rapport A10837.
- [2] S. Å. Storeheier:  
Teksturmålinger på veger i Kongsvingerområdet høsten 2003, våren 2004 og høsten 2004.  
Detaljerte resultater fra profil- og spektralanalyse.  
SINTEF Rapport A100, april 2006.
- [3] S. Å. Storeheier:  
Måling av støyrelatert tekstur i vegbanen – tilrettelagt metode, og kommentarer til resultater.  
SINTEF Notat 90-NO060144, 2006-10-02.
- [4] S. Å. Storeheier :  
Teksturmålinger 2006. Oversikt, vurdering av kvalitet og tiltak. Prosjekt ”Miljøvennlige vegdekker” for TEK-T.  
SINTEF Notat 90-NO060181, 2006-11-27.
- [5] ISO 13473-1:1997:  
Characterization of pavement texture by use of surface profiles – Part 1: Determination of Mean Profile Depth.
- [6] ISO 13473-2:2002:  
Characterization of pavement texture by use of surface profiles – Part 2: Terminology and basic requirements related to pavement texture profile analysis.
- [7] ISO/DTS 13473-4:  
Characterization of pavement texture by use of surface profiles – Part 4: Spectral analysis of surface profiles.  
(Uferdig dokument, 2005-05-20).
- [8] Personlig informasjon fra Kjell Færås, Aanderud – Datainstruments as, 2004.
- [9] Kommunikasjon med ViaTech as og Selcom, høsten 2006
- [10] Personlig kommunikasjon med Sigurd N. Thomsen, Vejdirektoratet, Danmark, høst 06 – vinter 07.
- [11] S. Å. Storeheier, G. Couweleers:  
Test av videofoto-metode for måling av vegtekstur. Kort orientering om foreløpige resultater. SINTEF Notat 90-NO05164, 2005-10-30.
- [12] S. Å. Storeheier:  
Texture measurements on test road surfaces for tyre/road noise modelling.

SINTEF Memo, 90E239.01/SÅS, 2007-11-24.

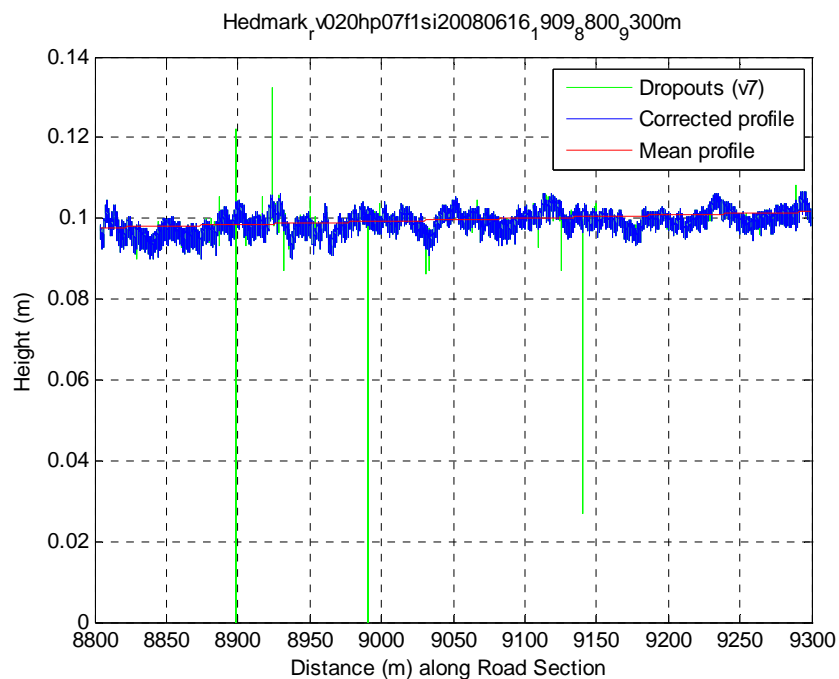
## Vedlegg : Eksempel på resultatpresentasjon

### Hedmark\_rv020hp07f1si20080616\_1909\_8800\_9300m nytteksturveg (v.7)

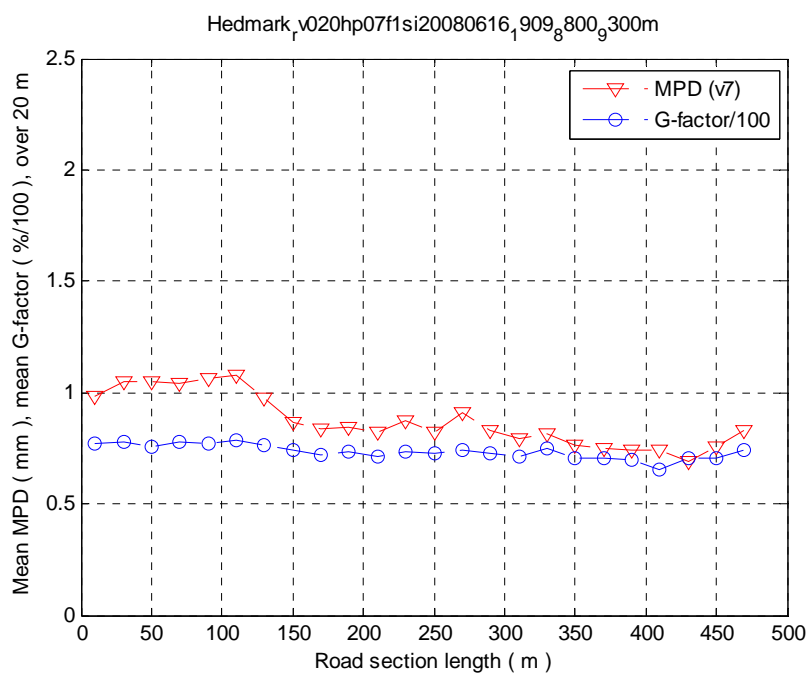
Centre wavelength mm	Ltx, dB re 1µm		a (rms) , µm			Profile parameters	
	1/3-oct.	1/1-oct.	1/1-oct.	1/3-oct.	1/1-oct.		
630	35.8			61.3			
500	36.4		40.9	66.0			
400	36.2			64.4		<b>Avg. MPD</b>	<b>0.87</b>
315	36.3	41.3		65.3	116.0	<b>mm</b>	
250	37.0		41.8	71.0		std	0.23
200	37.7			77.2		<b>Avg. G</b>	<b>73.5</b>
160	38.1	43.1		80.5	142.3	<b>%</b>	
125	38.9		43.7	88.4		std	17.25
100	39.6			95.0		<b>Avg. rms</b>	<b>0.51</b>
80	40.4	45.1		104.9	180.9	<b>mm</b>	
63	41.0		46.0	112.6		std	0.15
50	42.0			126.2		<b>Avg. rsk</b>	<b>-0.72</b>
40	42.7	47.5		136.6	236.0	<b>skewness</b>	
32	43.2		48.0	145.3		std	0.72
25	43.7			153.6		<b>Avg. rku</b>	<b>4.75</b>
20	44.1	48.8		159.9	274.5	<b>kurtosis</b>	
16	44.2		48.8	161.8		std	2.54
12.5	44.0			158.0			
10	43.1	47.8		142.5	244.6		
8	41.6		46.5	120.7			
6.3	39.7			96.4		<b>ERNL, dB</b>	
5	38.1	43.1		80.5	143.1		
4	36.7		41.7	68.6		<b>71.8</b>	
3.15	35.5			59.2			
2.5	34.4	39.3		52.5	92.2		
2	33.5			47.3			



Figur VI Presentasjon av teksturdata



Figur V2 Høydeprofil (korrigert) med feilregistrering



Figur V3 Verdier for Mpd og G-faktor, middelverdier pr. 20 m