

VTI notat 16-2004

Prediktionsmodell för våta vägmarkeringars retroreflexion

Författare	Sara Nygårdhs och Sven-Olof Lundkvist
FoU-enhet	Drift och underhåll
Projektnummer	80571
Projektamn	Empiriska studier inom CDU T25
Uppdragsgivare	Vägverket och Vejdirektoratet

Förord

Detta notat redovisar resultat från inledande mätningar med syfte att finna en prediktionsmodell för våta vägmarkeringars retroreflexion. Studien finansieras av **Vägverket** i Sverige och **Vejdirektoratet** i Danmark. På Vägverket är **Stefan Jonsson** och **Jan-Erik Elg** kontaktpersoner, medan **Kenneth Kjemtrup** och **Finn Sennek** är kontaktpersoner på Vejdirektoratet.

Mätningarna har utförts av VTI och Greenwood Engineering a/s, medan analys och dokumentation är gjord av **Sara Nygårdhs**, VTI.

Linköping februari 2004

Sven-Olof Lundkvist

Innehållsförteckning		Sid
Sammanfattning		5
1	Bakgrund	7
2	Metod	7
2.1	Fysikalisk mätmetod	7
3	Mätobjekt och analys	8
4	Resultat	10
4.1	Samband mellan retroreflexion och texturmätningar utförda av VTI	10
4.2	Samband mellan retroreflexion och texturmätningar utförda av Greenwood Engineering	13
5	Användningsområde	13
6	Fortsatt arbete	14
7	Referenser	14

Sammanfattning

Vägmarkeringars synbarhet i mörker och våta är av stor vikt. I syfte att skapa modeller för att kunna prediktera våta vägmarkeringars retroreflexion från mätningar av retroreflexionen vid torrt väglag gjordes två mätserier – en av VTI och en av Greenwood Engineering – i Danmark under hösten 2003. Retroreflexionen för torra respektive våta vägmarkeringar samt texturen på befintliga vägmarkeringar mättes då i två provfält. De profilerade markeringarna utgjordes till största delen av olika varianter av longflex, dropflex och rainline.

Om R_v och R_t betecknar retroreflexionen för våt respektive torr vägmarkering och MPD är ”Mean Profile Depth”, blir regressionskvationen för profilerade vägmarkeringar:

$$\text{VTI:} \quad R_v = 0,20 \cdot R_t + 18 \cdot MPD - 12$$

$$\text{Greenwood Engineering:} \quad R_v = 0,13 \cdot R_t + 16 \cdot MPD + 3,6.$$

Prediktionsintervallet för profilerade vägmarkeringars retroreflexion är ± 16 mcd/m²/lux (VTI) respektive ± 21 mcd/m²/lux (Greenwood Engineering). Med en gräns för godkänd retroreflexion på 35 mcd/m²/lux fås därmed dilemmazonen 35 ± 16 mcd/m²/lux (VTI) respektive 35 ± 21 mcd/m²/lux (Greenwood Engineering).

Resultaten kan användas till att bedöma om en prediktion är tillräckligt bra för att man direkt ska kunna avgöra om vägmarkeringens retroreflexion är godkänd eller underkänd eller om en handhållen mätning krävs. Om den predikterade retroreflexionen för våt vägmarkering ligger inom dilemmazonen bör en mätning med handhållna instrument göras för att det ska vara möjligt att säkerställa om vägmarkeringen ska godkännas eller underkännas.

Eftersom underlaget i denna studie är för litet måste kompletterande mätningar göras för att skapa en säkrare modell. Därefter ska validering genom mätningar på ordinarie kantlinjer utföras.

1 Bakgrund

Vägmarkeringars retroreflexion i vått tillstånd har kommit att bli mer och mer intressant för väghållaren. I mörker och våta råder dåliga synbetingelser och det är speciellt viktigt att synbarheten är god även under dessa förhållanden.

Tidigare studier har gjorts i syfte att undersöka om det går att prediktera våta vägmarkeringars retroreflexion utifrån vissa parametrar. En av dessa (Koronna-Vilhelmsson, m.fl.) har visat på ett samband mellan *profilerade* torra och våta vägmarkeringars retroreflexion. Dock var sambandet inte tillräckligt starkt för att man skulle kunna göra godtagbart noggranna prediktioner. Försök med att använda luminanskoefficienten i regressionsmodellen visade sig vara resultatlöst, medan däremot texturen tycktes kunna förbättra prediktionen.

Eftersom en noggrann texturmätning ansågs vara för komplicerad att göra, gjordes i en annan studie (VTI notat 59-2000) enkla mätningar av vägmarkeringarnas tjocklek tillsammans med retroreflexionen och luminanskoefficienten för torra, profilerade vägmarkeringar. Dessa mätningar visade att vägmarkeringens tjocklek bidrog till att förbättra modellens prediktiva förmåga.

I syfte att skapa modeller för att beräkna våta vägmarkeringars retroreflexion från mätningar vid torrt väglag gjordes två mätserier på ett provfält utanför Helsingør i Danmark under hösten 2003. Här mättes retroreflexionen för torra respektive våta vägmarkeringar samt texturen. Resultaten från denna studie presenteras i föreliggande notat.

2 Metod

2.1 Fysikalisk mätmetod

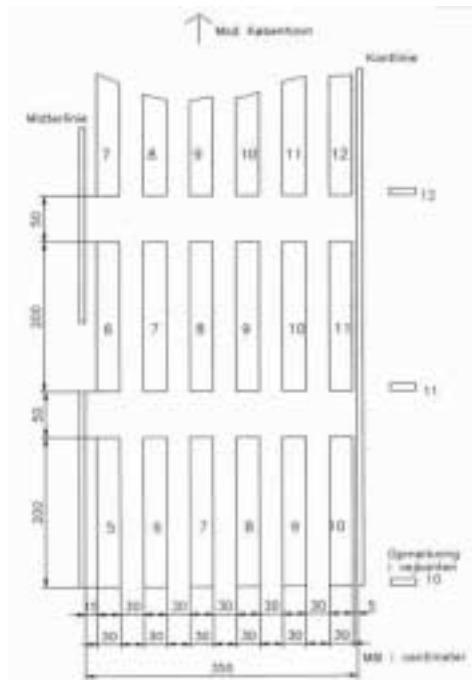
Vid mätningarna av retroreflexion har instrumentet LTL-2000, vilket uppfyller EN-1436, använts. Texturmätningarna utfördes med mätbilen VTI-RST samt en liknande mätbil tillhörande Greenwood Engineering. Båda mätsystemen använder en optikator som har dubbelt så hög upplösning som de som normalt används för texturmätning på vägytor. Dessutom finns en analog utgång för laserns intensitet, vilket möjliggör detektering av den ljusa vägmarkeringsytan.



Figur 1 LTL-2000.

3 Mätobjekt och analys

De mätobjekt som valdes ut var befintliga profilerade vägmarkeringar i två danska provfält: ett i Helsingør och ett i Ølstykke. Provfältet i Helsingør är relativt nytt (se bilder nedan) och där mättes samtliga profilerade vägmarkeringar. Vägmarkeringarna i provfältet i Ølstykke var mycket slitna och endast ett begränsat antal utanför hjulspåren kunde detekteras. Dessutom var trafiken så stark att mätningarna var svåra att utföra på ett bra sätt. Därför har Greenwoods mätningar från detta provfält uteslutits.

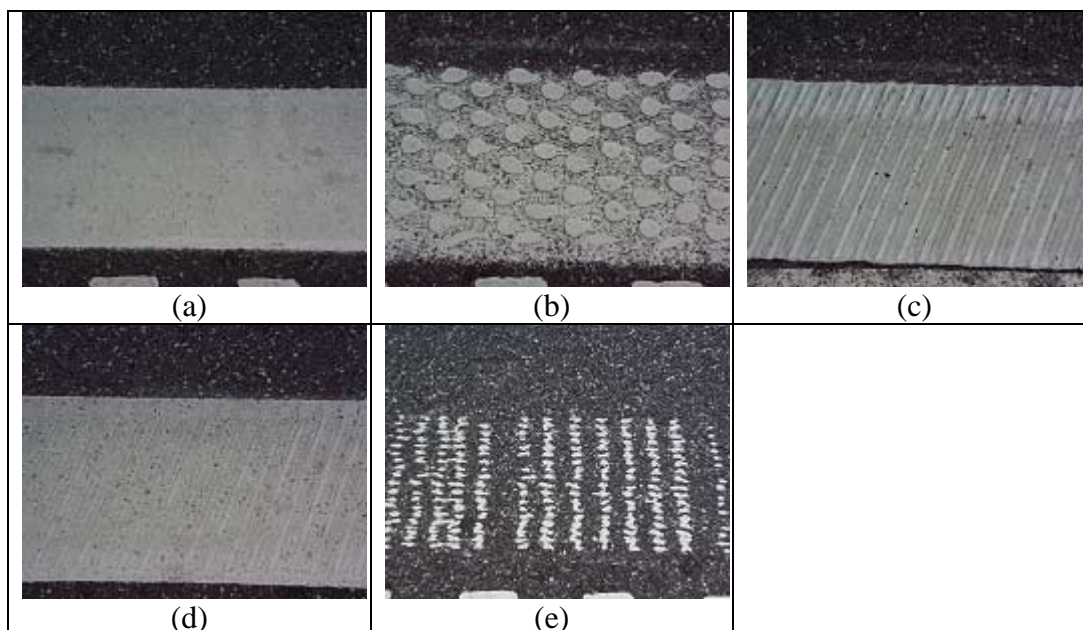


Figur 2 Mått på provfältets uppbyggnad.



Figur 3 Översikt över provfältet.

I provfälten låg ett flertal olika typer av plana och profilerade vägmarkeringar (se bilder nedan). En plan markering mättes visserligen, men den ingår ej i analysen. De profilerade markeringarna var i huvudsak olika varianter av longflex, dropflex och rainline.



Figur 4 Plan vägmarkering, (a) samt profilerade vägmarkeringar, (b)-(e).

Vid försöket blev inte alla mätningar godkända, beroende på att alla linjer inte kunde detekteras. Med hjälp av optokatorn kunde dock dessa mätningar urskiljas och uteslutas innan den slutliga analysen.

Efter utsortering av vägmarkeringarnas läge i dataströmmen har MPD (Mean Profile Depth) beräknats. MPD beräknas enligt ISO 13473-1 på följande vis:

$$MPD = \frac{Toppvärde_1 + Toppvärde_2}{2} - Medelvärde,$$

där $Toppvärde_1$ och $Toppvärde_2$ är toppvärdet för den första respektive andra halvan av den sträcka man vill beräkna MPD för. Eftersom det var 0,5 m asfalt följt av 2 m linje på provfältet fanns en risk att MPD-värdet skulle beräknas felaktigt till följd av övergångarna mellan asfalt och linje. Därför togs en decimeter i varje ände av vägmarkeringen bort vid de svenska MPD-beräkningarna så att de gjordes på den mittersta delen av linjen till en längd av 1,8 m. MPD beräknades där för varje decimeter och medelvärdesbildades sedan över hela linjen. Därefter beräknades ett medelvärde av alla körningar på varje linje.

De framtagna RMS-värdena är beräknade på följande sätt:

- Rådataströmmen bandpassfilterades dels mellan 0,2 och 2 mm (mikrotextur) och dels mellan 2 och 10 mm (makrotextur)
- Ett RMS-värde beräknades på bandpassfilterad data
- Ett medelvärde per linje beräknades (på den mittersta 1,8 m-delen av linjen)
- Ett medelvärde över alla godkända mätningar per linje räknades ut.

Vägmarkeringens höjd är också beräknad från optokatorns höjdmätning. Detta är gjort genom att beräkna differensen av medelvärdet av 5 cm asfalt före brytpunkten mellan asfalt och vägmarkering respektive den 95:e percentilen av 5 cm vägmarkering efter brytpunkten. Orsaken till att den 95:e percentilen används är att man är intresserad av att få ett toppvärde för vägmarkeringshöjden. Används maxvärdet är risken stor att optokatorns brus fångas upp.

Data från retroreflexions- och texturmätningarna har analyserats med multipel regressionsanalys. Syftet har då varit att finna något samband

$$R_v = f(R_t, \text{textur}),$$

där R_v och R_t är retroreflexionen för våt respektive torr vägmarkering samt textur är något relevant texturmått.

4 Resultat

4.1 Samband mellan retroreflexion och texturmätningar utförda av VTI

Med

R_v = retroreflexionen för våt vägmarkering,

R_t = retroreflexionen för torr vägmarkering,

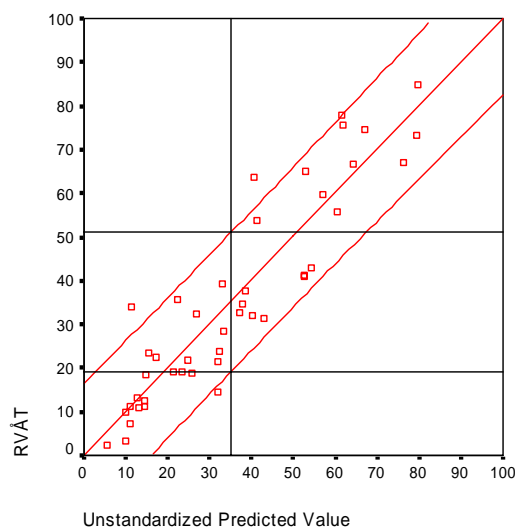
MPD = Mean Profile Depth (beräkningar utförda av VTI),

blir regressionsekvationen för profilerade vägmarkeringar:

$$R_v = 0,20 \cdot R_t + 18 \cdot MPD - 12,$$

$$R=0,916, R^2=0,838.$$

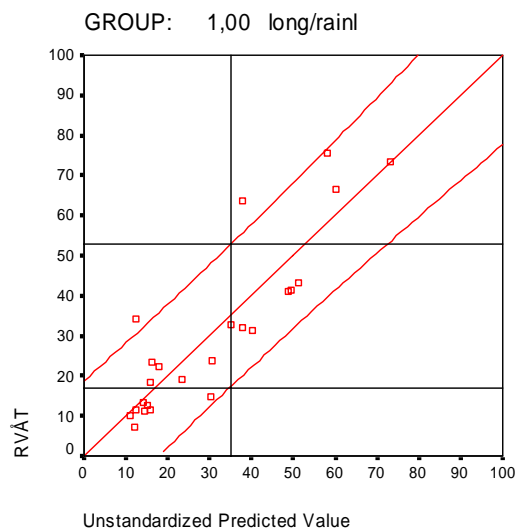
Figur 5, som är baserad på VTI:s mätningar, visar sambandet mellan de våtvärden för retroreflexionen som erhålls då denna prediktionsmodell används och de ”sanna”, uppmätta värdena, tillsammans med ett 90 %-igt prediktionsintervall.



Figur 5 Samband mellan predikerade och uppmätta retroreflexionsmedelvärden för våt, profilerad vägmarkering. 90 %-igt prediktionsintervall. Variansen förklaras till 84 % av modellen.

Om man från mätningar av retroreflexionen för torr vägmarkering och MPD predicerar ett värde på våt retroreflexion till 35 mcd/m²/lux så ligger det sanna värdet med 90 % sannolikhet i intervallet 19–51 mcd/m²/lux. Prediktionens osäkerhet är alltså cirka ± 16 mcd/m²/lux.

I en alternativ analys delades data upp i två olika grupper av vägmarkeringar: en grupp med vägmarkeringar av typen longflex/rainline och en annan med drop-flex/mask. Resultaten från detta redovisas nedan.



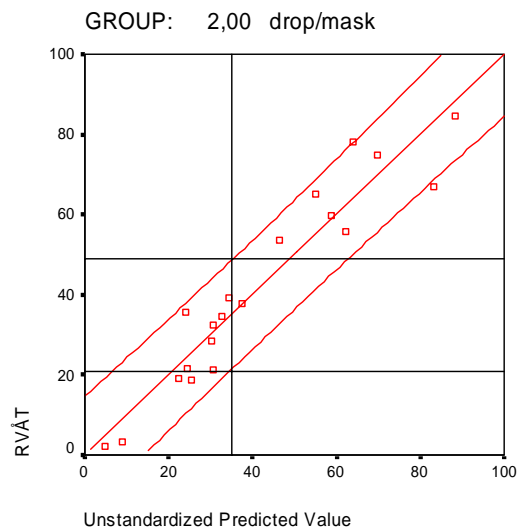
Figur 6 Samband mellan predikerade och uppmätta retroreflexionsmedelvärden för våt, profilerad vägmarkering för gruppen longflex och rainline. 90 %-igt prediktionsintervall. Variansen förklaras till 78 % av modellen.

Figur 6 visar samband mellan predikterade och uppmätta värden på retroreflexionen för våt vägmarkering för gruppen longflex/rainline. Regressionslinjens ekvation är:

$$R_v = 0,17 \cdot R_t + 17 \cdot MPD - 8,1,$$

med $R=0,881$, $R^2=0,776$.

Det gäller att om det predikterade värdet av retroreflexionen är $35 \text{ mcd/m}^2/\text{lux}$ så ligger det sanna värdet med 90 % säkerhet mellan 17 och $53 \text{ mcd/m}^2/\text{lux}$ (se figur 6). Detta betyder att det sanna retroreflexionsvärdet = $35 \pm 18 \text{ mcd/m}^2/\text{lux}$.



Figur 7 Samband mellan predikterade och uppmätta retroreflexionsmedelvärden för våt, profilerad vägmarkering för gruppen dropflex och mask. 90 %-igt prediktionsintervall. Variansen förklaras till 91 % av modellen.

Regressionslinjens ekvation för gruppen dropflex/mask är:

$$R_v = 0,26 \cdot R_t + 13 \cdot MPD - 8,9,$$

med $R=0,953$, $R^2=0,907$.

Dilemmazonen, där man inte kan vara till 90 % säker på om ett retroreflexionsvärde är godkänt eller underkänt (dvs. är minst $35 \text{ mcd/m}^2/\text{lux}$) är här $21-49 \text{ mcd/m}^2/\text{lux}$, dvs. $35 \pm 14 \text{ mcd/m}^2/\text{lux}$, se figur 7.

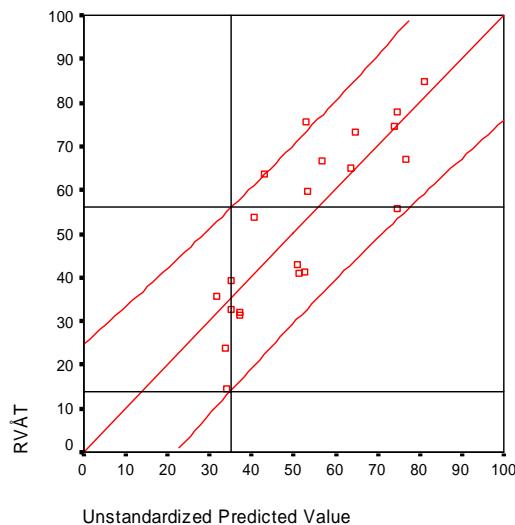
4.2 Samband mellan retroreflexion och texturmätningar utförda av Greenwood Engineering

Motsvarande regressionslikning som i 4.1, men baserad på Greenwoods mätningar blir

$$R_v = 0,13 \cdot R_t + 16 \cdot MPD + 3,6,$$

med $R = 0,822$ och $R^2 = 0,675$.

Figur 8 visar sambandet mellan predikterade och uppmätta vätvärden, tillsammans med ett 90 %-igt prediktionsintervall.



Figur 8 Samband mellan predikterade och uppmätta retroreflexionsmedelvärden för våt, profilerad vägmarkering. 90 %-igt prediktionsintervall. Variansen förklarar till 68 % av modellen.

Om man från mätningar av retroreflexionen för torr vägmarkering och MPD predicerar ett värde på våt retroreflexion till 35 mcd/m²/lux så ligger det sanna värdet med 90 % sannolikhet i intervallet 14–56 mcd/m²/lux. Prediktionens osäkerhet är alltså cirka ± 21 mcd/m²/lux. Intervallet 35±21 mcd/m²/lux är därför dilemmazonen där man inte kan vara till 90 % säker på om ett retroreflexionsvärde är godkänt eller underkänt.

Eftersom datamaterialet är så litet (endast 22 mätvärden) har inga ytterligare analyser gjorts för olika typer eller grupper av vägmarkeringstyper.

5 Användningsområde

Resultaten från analysen kan användas på följande vis: Om Ecodyn predicerar ett värde som med 95 % säkerhet överstiger eller understiger ett visst värde på retroreflexionen kan vägmarkeringarna godkännas respektive underkännas med avseende på retroreflexionen för våt markering. Om prediktionen däremot ligger inom intervallet (dilemmazonen) måste en mer noggrann handhållen mätning göras för

att det ska vara möjligt att med säkerhet avgöra om vägmarkeringen ska godkännas eller underkännas. Tabell 1 redovisar intervallen.

Tabell 1 Intervall inom vilka ommätning krävs för att retroreflexionsvärdet med 95 % sannolikhet ska vara underkänt respektive godkänt.

	Profilerad VTI (mcd/m²/lux)	Longflex/Rainline VTI (mcd/m²/lux)	Dropflex/Mask VTI (mcd/m²/lux)	Profilerad Greenwood (mcd/m²/lux)
Intervall	19–51	17–53	21–49	14–56

Exempel: Om man predicerar värdet till att understiga 17 mcd/m²/lux för vägmarkeringar av typen longflex eller rainline och använder modellen som är baserad på VTI-data ligger det sanna värdet med 95 % sannolikhet under 35 mcd/m²/lux, vilket innebär att det är underkänt. Därför krävs ingen vidare mätning. Ligger det predikterade värdet för samma typ av vägmarkering däremot mellan 17 och 53 mcd/m²/lux kan man inte vara säker på att det sanna värdet är godkänt. I de fallen krävs därför handhållen mätning.

6 Fortsatt arbete

Omfattningen av mätningarna i denna studie är än så länge alltför liten. Under våren och sommaren 2004 kommer därför kompletterande mätningar att göras i ett provfält utanför Kristianstad (Cleansol) och på några nylagda vägmarkeringar i provfältet i Helsingør. Förhoppningen är att denna komplettering ska ge en något säkrare modell, dvs. att prediktionsintervallen ska bli mindre och att detta kan göras med både VTI:s och Greenwoods mätsystem.

När den slutliga modellen eller modellerna är fastställd(-a) ska den eller de valideras genom mätningar på ordinarie kantlinjer (sommaren 2004). Faller denna validering väl ut är målet att montera en texturmätare på en Ecodyn bil och testa detta mätsystem, dvs. samtidig mätning av torra vägmarkeringars retroreflexion och MPD. Detta bör kunna ske under sensommaren/hösten 2004.

7 Referenser

- Koronna-Vilhelmsson, I., Lundkvist, S-O & Ytterbom, U: **Samband mellan torra och våta vägmarkeringars funktion**. Pilotstudie. VTI meddelande 872. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1999.
- Lundkvist, S-O: **Prediktion av retroreflexion för våta vägmarkeringar**. VTI notat 59-2000. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 2000.