

**SINTEF IKT**

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: O S Bragstads plass 2A  
Telefon: 73 59 30 00  
Telefaks: 73 59 43 02

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Fotografisk dokumentasjon av mikroprismatiske foliers synlighet i sollys**

FORFATTER(E)

Arve Augdal

OPPDRAGSGIVER(E)

Vegdirektoratene i Danmark, Finland, Norge og Sverige

RAPPORTNR. STF90 A04065	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. DELTA, Danmark v/ Kai Sørensen	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-03385-3	PROSJEKTNR. 241673.00	ANTALL SIDER OG BILAG 20
ELEKTRONISK ARKIVKODE RAPPORT STF90 A04065.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Arve Augdal	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Tore Kolås
ARKIVKODE	DATO 2004-10-21	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Svein Winther, Forskningsjef	

**SAMMENDRAG**

Retroreflekterende folier er utviklet for å bedre synligheten til vegskilt i situasjoner med mørketrafikk. Men skiltene skal også fungere godt i dagslys. Situasjoner med sol antas i noen situasjoner å gi tilfeller optiske fenomener med sterke reflekser fra sola. Med dette utgangspunktet har en undersøkt hvor reelle slike situasjoner kan være, og om refleksene kan være av betydning for foliens brukbarhet på vegskilt. Som undersøkelse på et orienterende nivå ble det ansett som tilstrekkelig å foreta visuelle observasjoner. Det ble gjort undersøkelser i klar sol og i et lyslaboratorium. Disse produktene ble undersøkt: 3M Scotchlite Diamond Grade 3990 hvit, Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade hvit og Avery Dennison 6200 High performance highway sheeting hvit.

Ved direkte solbelysning er de undersøkte materialene årsak til sterke, uønskede fargereflekser. Noen reflekser er så kraftige at de vil blende og gjøre det vanskelig å oppfatte skiltsymbolet i en del statiske situasjoner. Det er et tydelig avvik mellom egenskaper hos Avery Dennison 6200 High performance og de to andre materialene. Effekten av refleksjonen hos Avery Dennison blir dempet, men ikke nok til at blending unngås. - Laboratorieprøvene viste at refleksjonsmønstrene er ganske omfattende og danner sammen med solposisjonen ganske uoversiktlige sammenhenger. Men bare en liten del av vinkelområdet hvor fargereflekser kan observeres sammenfaller med det som er relevant i praktisk trafikk. Reflekser som i statiske situasjoner som oppleves som uakseptable vil i dynamiske situasjoner kunne oppfattes som kortvarige lysblink uten praktisk betydning. Situasjoner med lange rettstrekninger hvor en ser omtrent vinkelrett på skiltet vil imidlertid kunne være problematiske. Av de registrerte problematiske situasjonene nevnes at lave solhøyder kan være problematiske for alle tre produkter ved mange asimutvinkler. For produktene fra 3M og Avery Dennison vil også solhøyder i området 30 grader til 45 grader kunne forårsake problemer ved noen asimutvinkler.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Vegteknikk	Highway engineering
GRUPPE 2	Lys	Light
EGENVALGTE	Mikroprismatisk folie	Micro prismatic sheeting
	Retrorefleksjon	Retro reflection
	Dagslysegenskap	Daylight properties

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Bakgrunn for undersøkelsen.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Prøvene .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Utstyr og gjennomføring av målingene.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>5</b>
4.1	Tabell med geometrisk beskrivelse .....	5
4.2	Fotografier .....	6
4.3	Omtale av 3M Scotchlite Diamond Grade 3990 hvit .....	12
4.4	Omtale av Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade .....	13
4.5	Omtale av Avery Dennison 6200 High performance .....	13
4.6	Sammenfatning.....	14
<b>APPENDIKS .....</b>		<b>19</b>
<b>1</b>	<b>Eksponeringsverdi, EV.....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>Lysverdi, LV.....</b>	<b>19</b>

### 1 Bakgrunn for undersøkelsen

Retroreflekterende folier er utviklet for å bedre synligheten til vegskilt i situasjoner med mørketrafikk. Men skiltene skal også fungere godt i dagslys. Situasjoner med sol antas i noen situasjoner å gi tilfeller optiske fenomener med sterke reflekser fra sola. Med dette utgangspunktet har en undersøkt hvor reelle slike situasjoner kan være, og om refleksene kan være av betydning for foliens brukbarhet på vegskilt.

Solhøyde, innfallsvinkel og betraktningvinkel er bestemmende for oppfattelsen av et trafikkskilt eksponert for sollys. Det betyr at det er en omfattende og krevende oppgave å foreta objektive målinger som skulle dokumentere situasjoner hvor funksjonen til skiltet er forstyrret på grunn av uheldige solreflekser. Denne undersøkelsen er lagt på et orienterende nivå, og det ble det ansett som tilstrekkelig å foreta visuelle observasjoner for å avklare situasjonen. Det er gjort undersøkelser ute om dagen og i et lyslaboratorium med hvor sola ble simulert med ei elektrisk lampe. Dagslyssituasjonen er valgt for å få et inntrykk av hvor sterke virkelige effekter er og hvordan de oppleves. Laboratorieundersøkelsene er gjort for lettere å kunne påvise de belynings- og observasjonsgeometrier som kan være problematiske

### 2 Prøvene

Hvit folie av følgende typer ble prøvd:

1. 3M Scotchlite Diamond Grade 3990 hvit
2. Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade hvit
3. Avery Dennison 6200 High performance highway sheeting hvit

De forskjellige folietypene leveres også i andre farger, men disse er ikke prøvd. Med produkter som i prinsipp har samme tekniske utførelse ansees det som lite sannsynlig at det bortsett fra fargeeffekter ikke ville bringe andre resultater. Folieprøvene ble limt med dobbeltsidig tape på 10

mm tykke og ca 13 cm x 13 cm store plane plastplater. 3M-prøven hadde referanseretning angitt. Monteringen var slik at retningen pekte vertikalt opp. De andre prøvene hadde ingen angitt referanseretning, men begge hadde en linjestruktur som ble orientert vertikalt. Med 'vertikalt' refereres det til monteringsmåten i en normal brukssituasjon.

### 3 Utstyr og gjennomføring av målingene

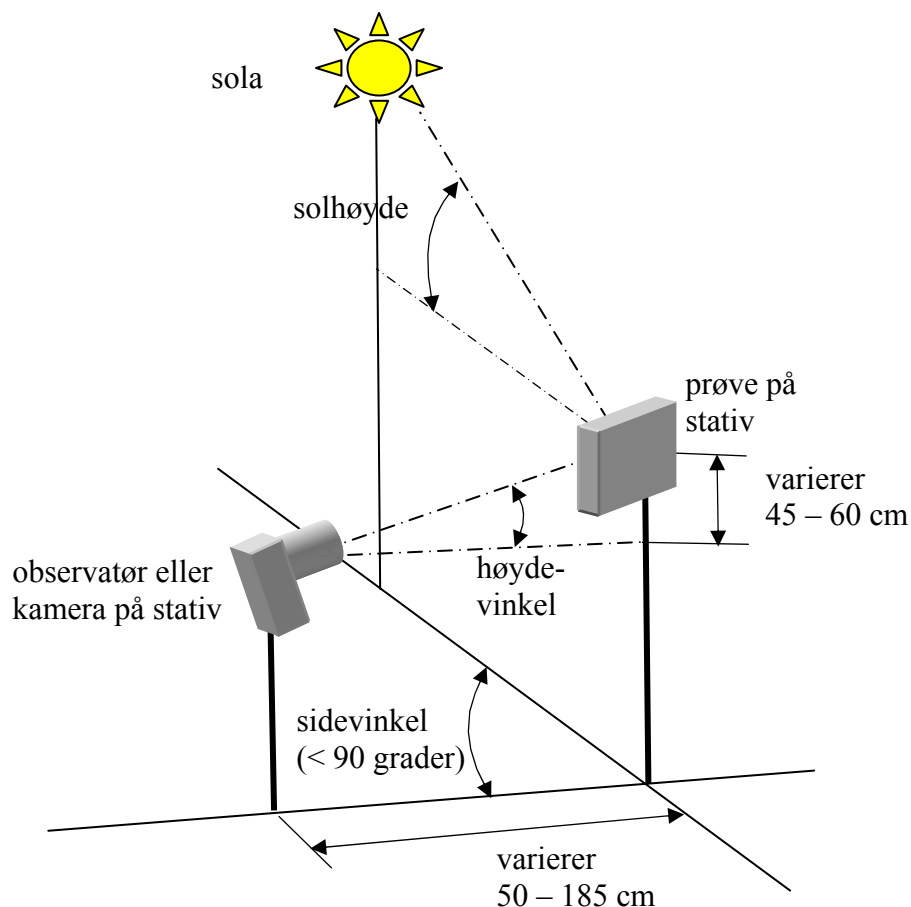
#### 3.1 Dagslysundersøkelser

Det var aktuelt å undersøke noen geometrier som forekommer i praktisk trafikk. Følgelig ble skiltet plassert høyere enn observatøren. De registrerte situasjonene ble målt opp med måleband og den visuelle effekten ble dokumentert fotografisk.

Blender og lukkertid til bildene ble registrert. Appendiks viser hvilke eksponeringsverdier (EV-verdier) disse kombinasjonene av blender og lukkertid tilsvarer. Innen fotografien brukes begrepet lysverdi (LV) som mål på det aktuelle nivået. Ved filmfølsomhet lik ISO 100 er lysverdien lik eksponeringsverdien. Tabell A 2 viser hvilke luminanser og belysningsstyrker ulike verdier av LV svarer til. Ved å finne eksponeringsverdi EV og deretter lysverdi LV ut fra lukkertid og blender, kan en få en grov indikator på luminansene folieprøvene hadde ved undersøkelsen.

De optiske fenomenene som skulle dokumenteres framstod med svært høye luminanser. Det viste seg at ved solhøyde på 43 grader måtte det utstyret som skulle brukes kunne eksponere ved EV lik 20 (som tilsvarer ca 131000 cd/m<sup>2</sup>). Dette ble imøtekommet ved å bruke et Contax 169 MT speilreflekskamera som kan eksponere på 1/4000 sekund. Det ble brukt objektiv med brennvidde 50 mm og blender 1,7 – 16 og et objektiv 85 mm og blender 2,8 – 22. 85 mm objektiv ble brukt så sant det var mulig, men det ble skiftet til 50 mm objektiv når avstanden til prøven var mindre enn objektivets nærgrense. Det ble brukt film av type Fuji Astia 100F. Dette er en positiv film med følsomhet ISO 100 som gir lysbilder. Lysbildene er digitalisert i en filmskanner med høy oppløsning (3000 dots per inch). Det aktuelle prøvefeltet er valgt ut i bildebehandlingsprogrammet Photoshop og lagret som en jpg-fil med størrelse ca 50 - 100 kbyte. Noen detaljer går tapt i prosessen, men demonstrasjonen av de optiske fenomenene er like god.

Med solhøyder på 33 grader og lavere var det mulig å bruke et digitalt kamera av type Olympus 5050Z, som makter eksponeringsverdi EV lik 17 ved en kombinasjon av eksponeringstid 1/2000 sekund og blender 8. Det har en oppløsning på 5 megapixler og et zoomobjektiv tilsvarende 35 mm – 105 mm ved 35 mm-system. Kameraets zoom-objektiv kombinert med kort nærgrense bevirker at prøveobjektet utgjør større del av bildearealet. Bilder fra Olympuskameraet er brukt som supplement for å kunne demonstrere bilder med mulighet for flere detaljer ved en mer direkte framstillingsprosess. Situasjonen ved undersøkelsene er vist på Figur 1.



**Figur 1. Situasjonen ved fotograferingen av prøvene. Plan gjennom retningen 'prøve – sol' står 90 grader på prøveoverflata**

Prøvene ble montert loddrett på et stativ. For å få klart definerte prøvebetingelser ble prøven orientert slik solas innfallsplan stod 90 grader på prøvens overflate. Observatøren betraktet så prøven fra alle relevante posisjoner og søkte opp posisjoner med solreflekser. Refleksen i speilretningen ble utelatt. Relevante posisjoner for observatøren ligger i et plan under et horisontalt plan gjennom prøven og. Undersøkelsene ble foretatt i Trondheim 29. juli 2004 med sol fra skyfri himmel. Største solhøyde denne dagen var 45 grader. Den største solhøyde som kan opptre i Trondheim er ca 49 grader.

### 3.1.1 Resultater

### 3.1.2 Tabell med geometrisk beskrivelse

De geometriene som ga sterke reflekser av sola er vist i Tabell 1. Bilder med numrene 1 – 19 er tatt med filmbasert kamera type Contax 169 MT, mens bildene 20 – 27 er tatt med digitalt kamera type Olympus 5050Z..

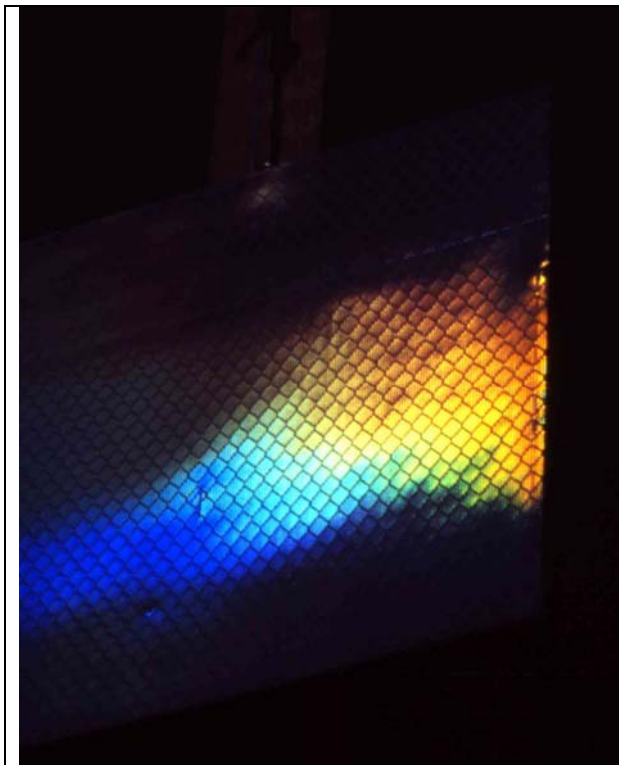
**Tabell 1. Situasjoner med forstyrrende optiske fenomener.**

Type folie	Solhøyde (grader)	Bilde nr.	Lysverdi LV	Side- vinkel (grader)	Høyde- vinkel (grader)
3M Scotchlite Diamond Grade	45	1	19	27	33
3M Scotchlite Diamond Grade	43	2	19	34	29
3M Scotchlite Diamond Grade	43	3	20	66	38
Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade	44	4	20	27	46
Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade	43	5	21	6	42
Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade	43	6	18	55	30
Avery Dennison 6200 High performance	44	7	16	25	36
Avery Dennison 6200 High performance	43	-	18	21	32
Avery Dennison 6200 High performance	43	8, 20	19	34	30
Avery Dennison 6200 High performance	43	9	19	34	38
3M Scotchlite Diamond Grade	33	10, 21	18	35	14
3M Scotchlite Diamond Grade	33	11	17	21	16
3M Scotchlite Diamond Grade	33	12	16	2	16
3M Scotchlite Diamond Grade	33	13, 22	18	28	31
Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade	33	14	19	4	31
Avery Dennison 6200 High performance	32	15, 23	18	14	19
Avery Dennison 6200 High performance	31	16, 24	19	3	27
Avery Dennison 6200 High performance	20	17, 25	18	8	18
Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade	19	18, 26	16	27	27
3M Scotchlite Diamond Grade	18	19, 27	15	18	15

De optiske fenomenene opptrådte ikke over noe skarpt avgrenset vinkelområde. De angitte vinkler må derfor ansees som indikatorer på de retningene hvor slike fenomener oppstod.

Når en vurderer bildene og kanskje finner at foliene ikke ser ut slik en er vant med, må en ta i betraktning at eksponeringene er valgt for å unngå overeksponering og utvasking av detaljer av de lyseste områdene på prøvene. Bildene av de sterkest refleksene framtrer derfor som mørke. Bildene tatt med digitalt kamera er noe lysere fordi overeksponering ikke er unngått i samme grad.

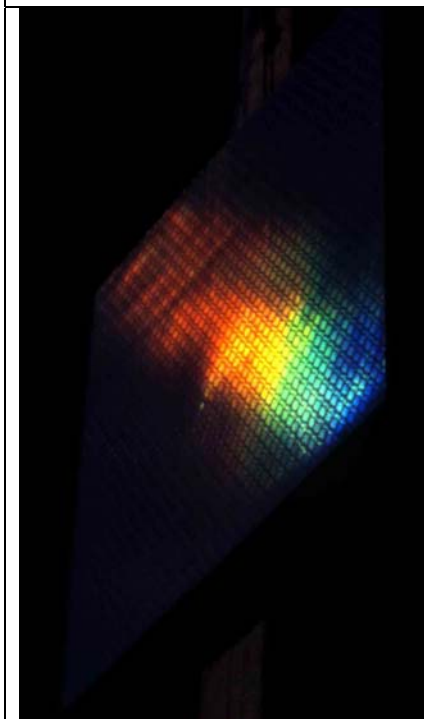
3.1.3 Fotografier



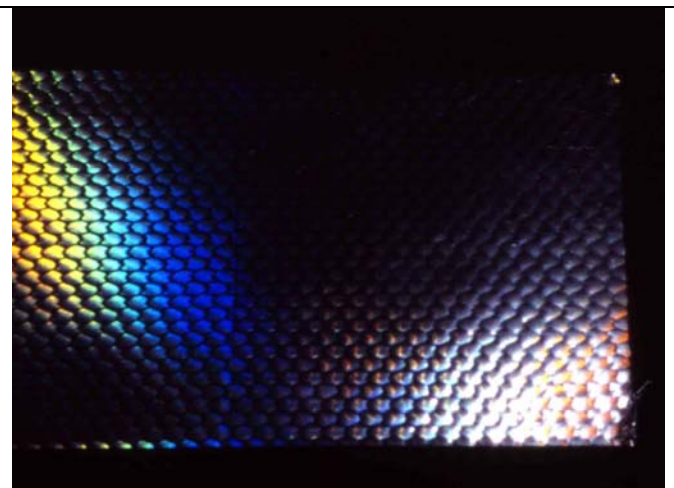
**Bilde 1. 3M Scotchlite Diamond Grade.  
Solhøyde 45 grader.**



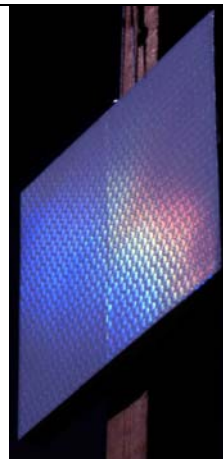
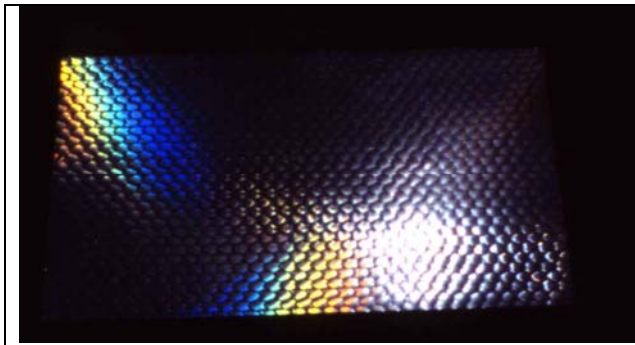
**Bilde 2. 3M Scotchlite Diamond Grade.  
Solhøyde 43 grader.**



**Bilde 3. 3M Scotchlite Diamond Grade.  
Solhøyde 43 grader.**

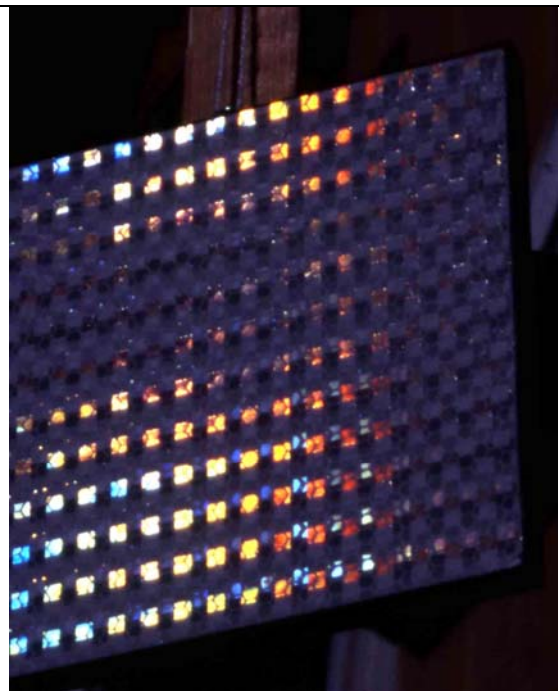
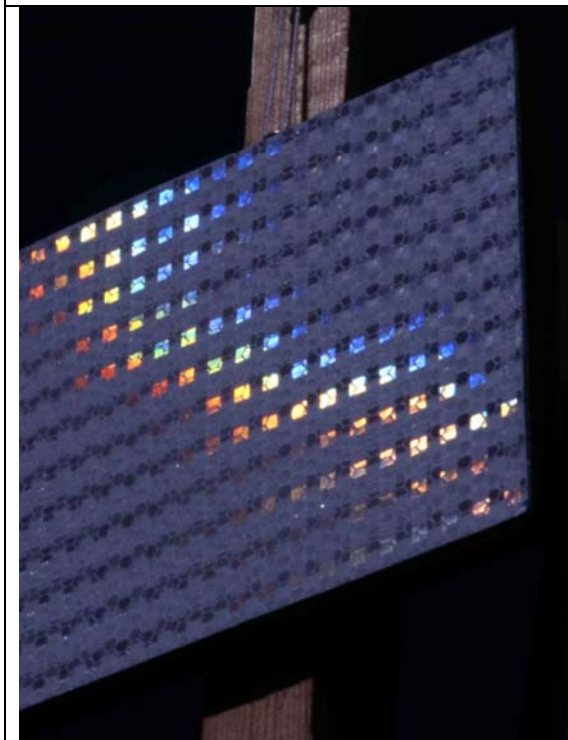


**Bilde 4. Nippon Carbide Nikkalite Crystle  
Grade. Solhøyde 44 grader.**



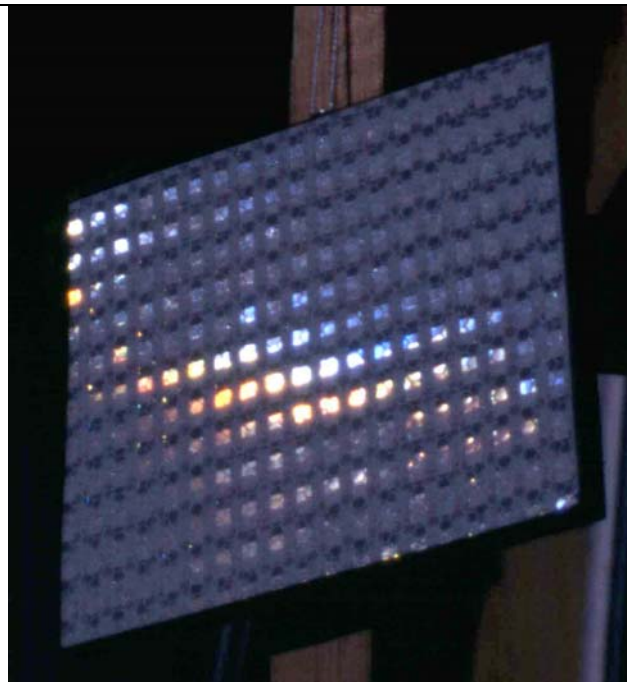
**Bilde 5. Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade. Solhøyde 43 grader.**

**Bilde 6. Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade. Solhøyde 43 grader.**

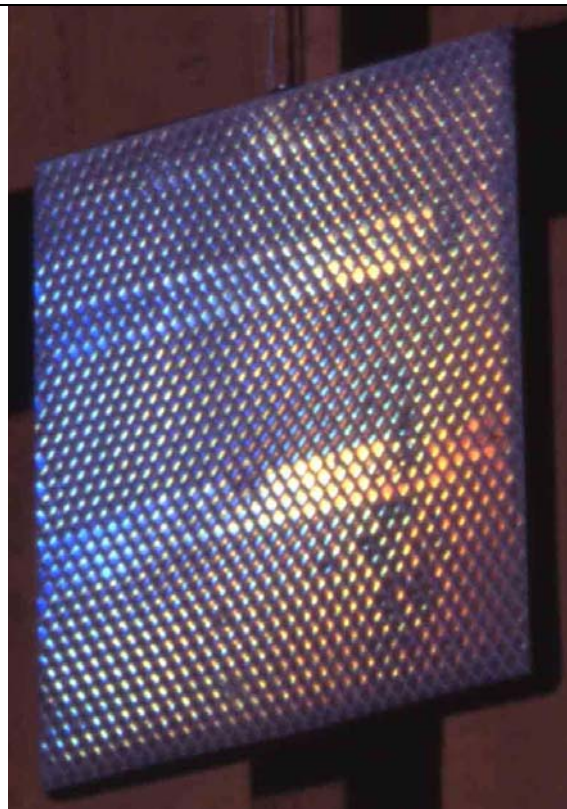


**Bilde 7. Avery Dennison 6200 High performance. Solhøyde 44 grader.**

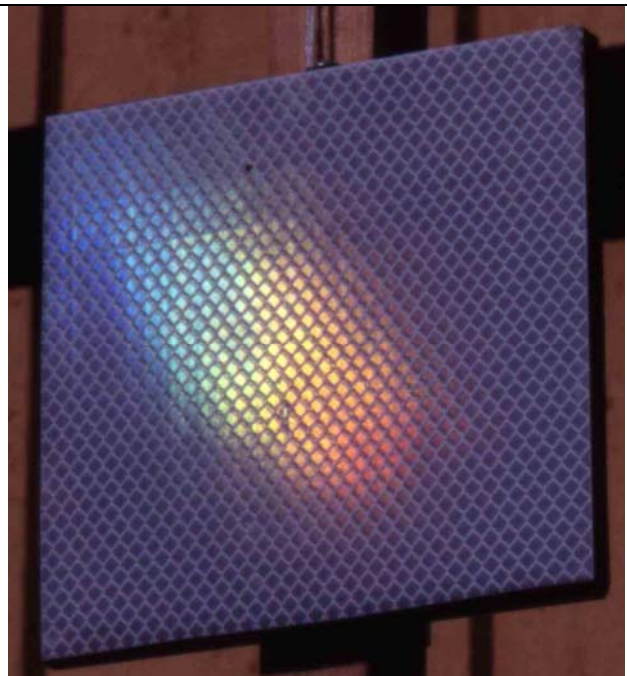
**Bilde 8. Avery Dennison 6200 High performance. Solhøyde 43 grader. Sammenlign med Bilde 20.**



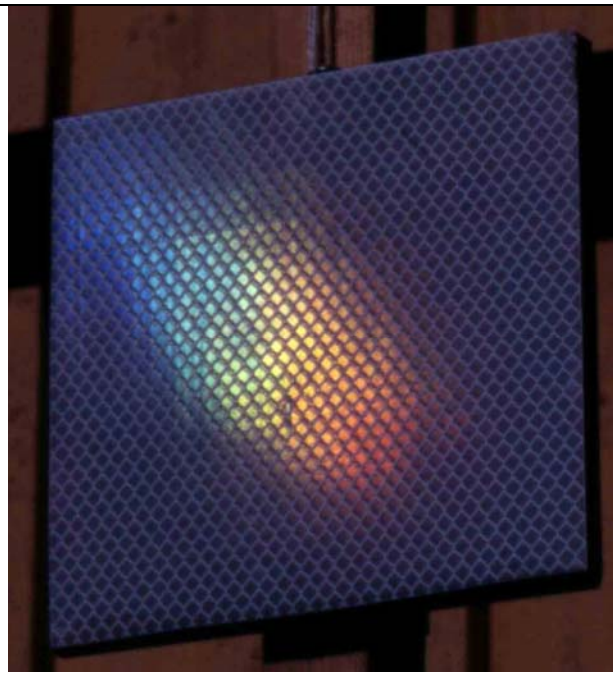
**Bilde 9. Avery Dennison 6200 High performance. Solhøyde 43 grader.**



**Bilde 10. 3M Scotchlite Diamond Grade. Solhøyde 33 grader. Sammenlign med Bilde 21.**

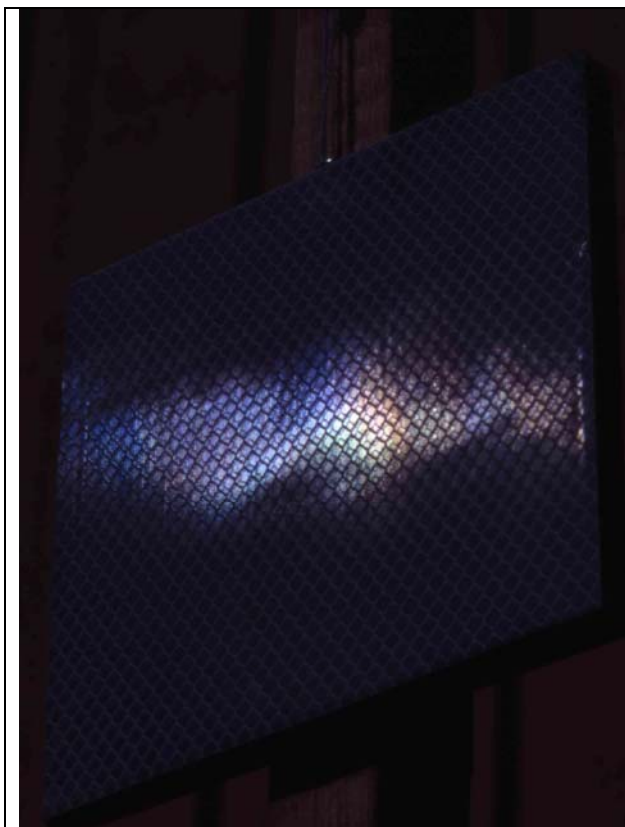


**Bilde 11. 3M Scotchlite Diamond Grade. Solhøyde 33 grader.**



**Bilde 12. 3M Scotchlite Diamond Grade. Solhøyde 33 grader.**

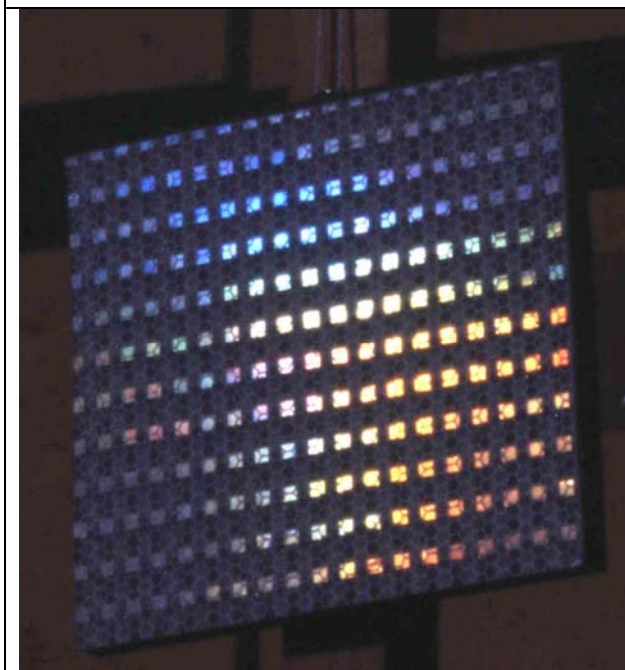




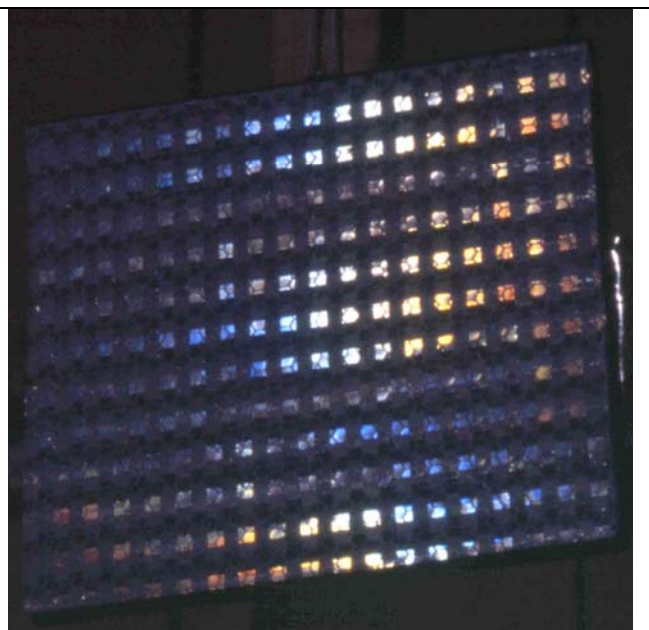
**Bilde 13. 3M Scotchlite Diamond Grade. Solhøyde 33 grader. Sammenlign med Bilde 22.**



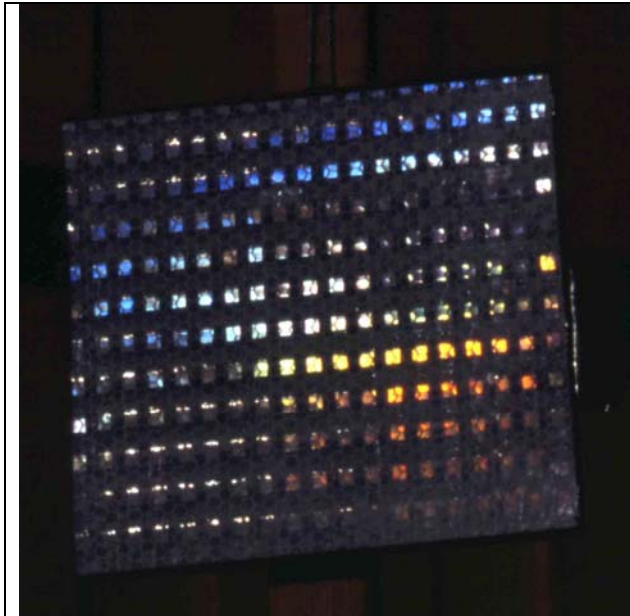
**Bilde 14. . Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade. Solhøyde 33 grader.**



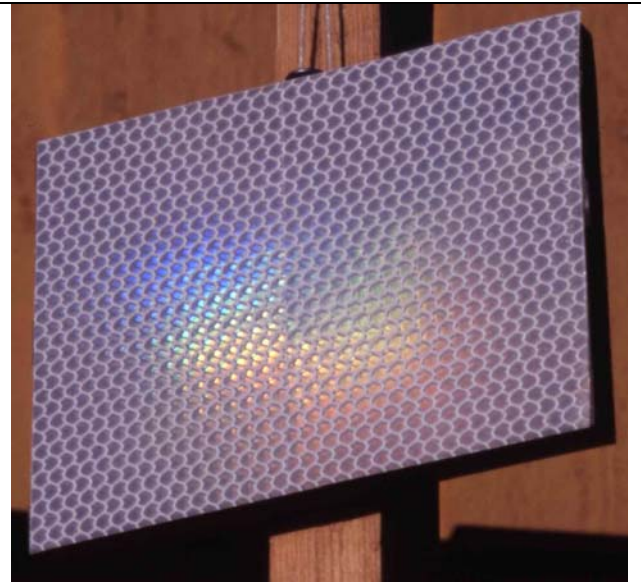
**Bilde 15. Avery Dennison 6200 High performance. Solhøyde 32 grader. Sammenlign med Bilde 23.**



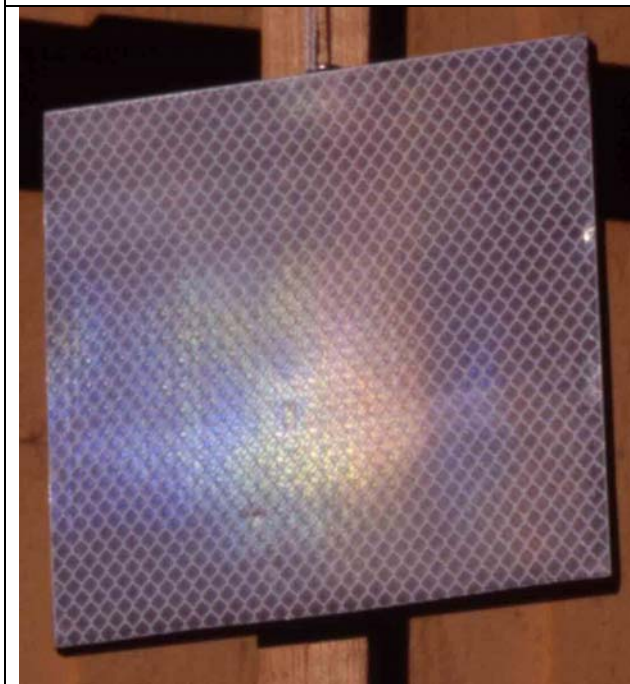
**Bilde 16. Avery Dennison 6200 High performance. Solhøyde 31 grader. Sammenlign med Bilde 24**



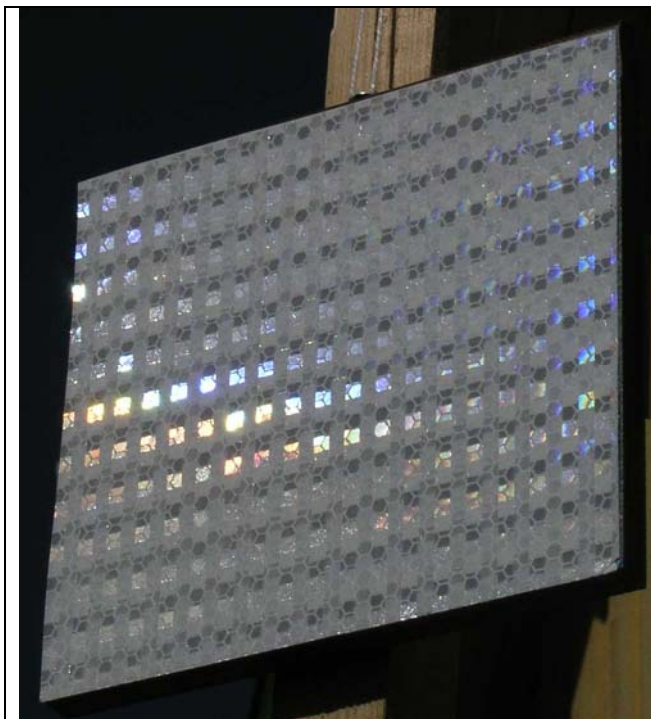
**Bilde 17. Avery Dennison 6200 High performance. Solhøyde 20 grader. Sammenlign med Bilde 25.**



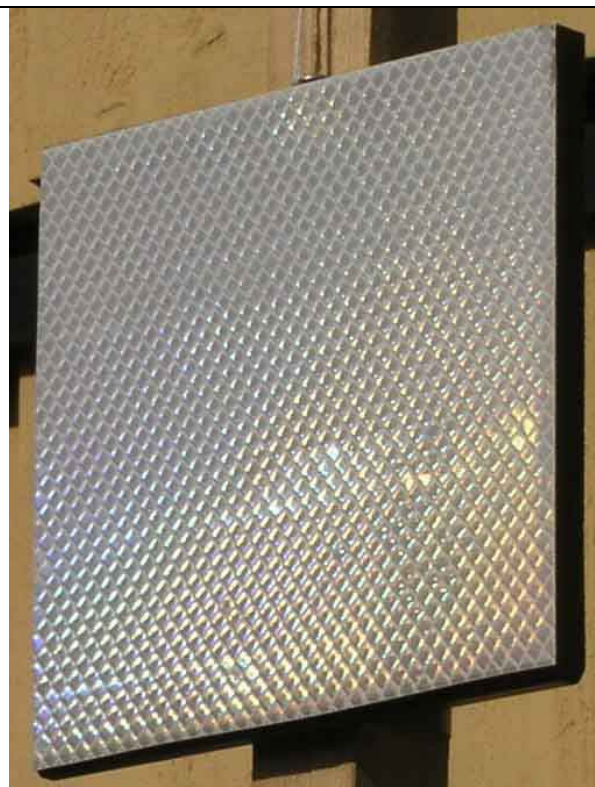
**Bilde 18. Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade. Solhøyde 19 grader. Sammenlign med Bilde 26.**



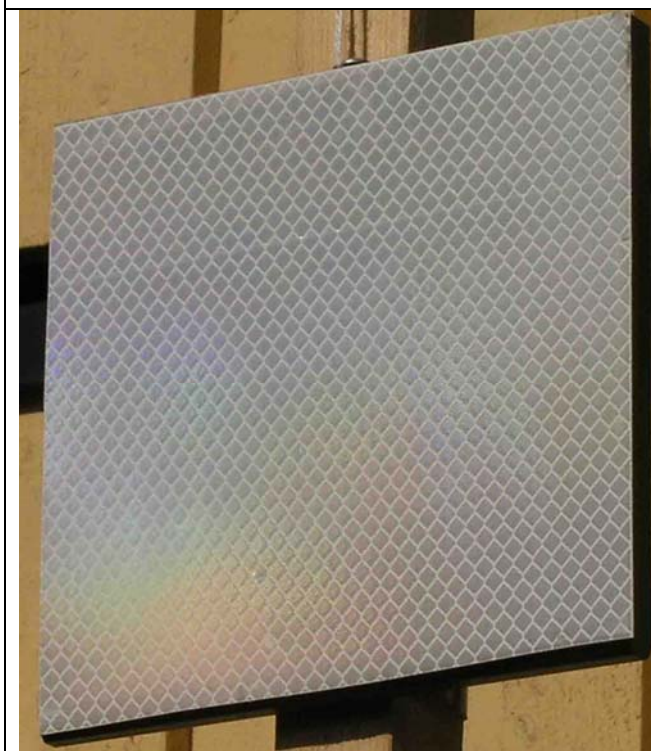
**Bilde 19. 3M Scotchlite Diamond Grade. Solhøyde 18 grader. Sammenlign med Bilde 27.**



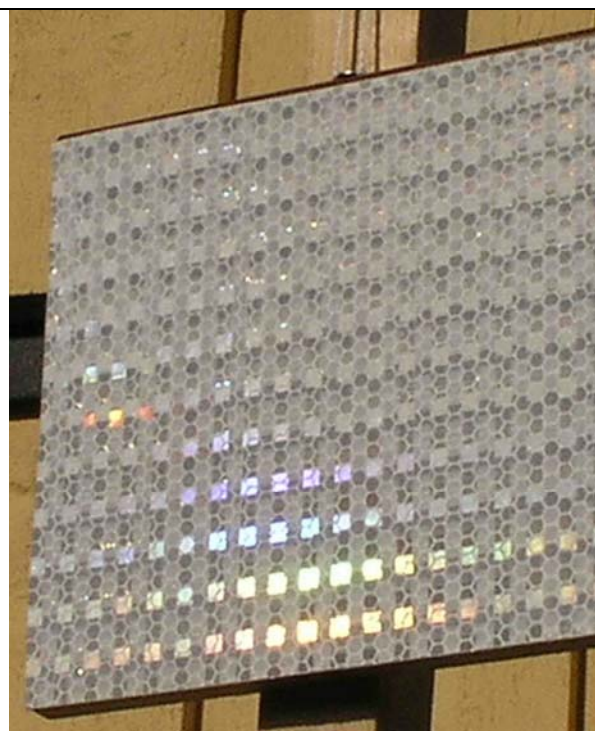
**Bilde 20. Avery Dennison 6200 High performance. Solhøyde 43 grader. Sammenlign med Bilde 8.**



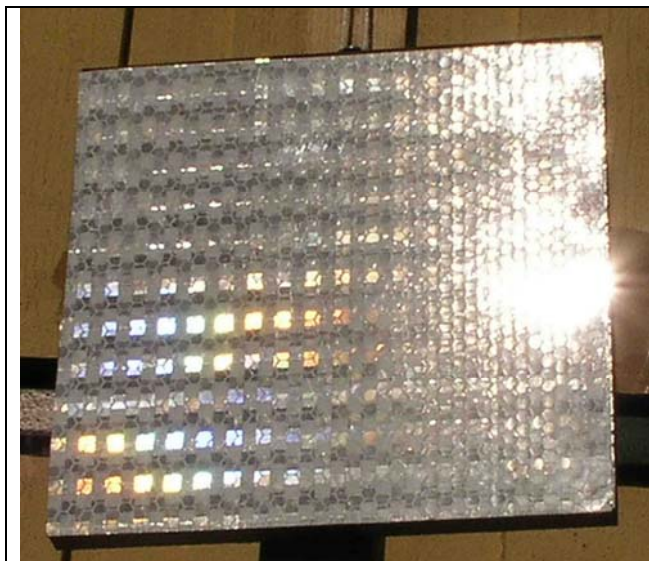
**Bilde 21. 3M Scotchlite Diamond Grade. Solhøyde 33 grader. Sammenlign med Bilde 10.**



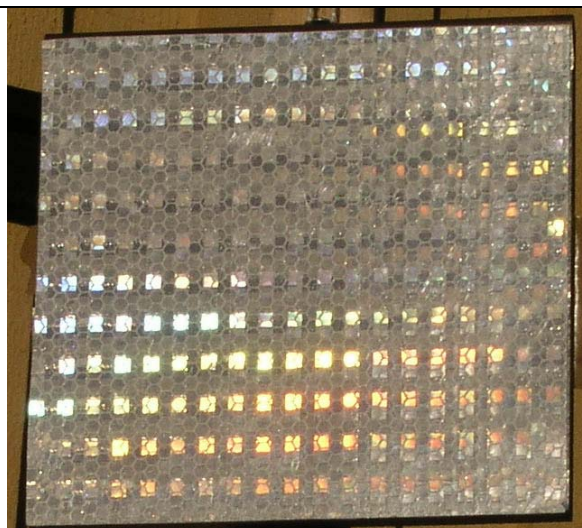
**Bilde 22. 3M Scotchlite Diamond Grade. Solhøyde 33 grader. Sammenlign med Bilde 13.**



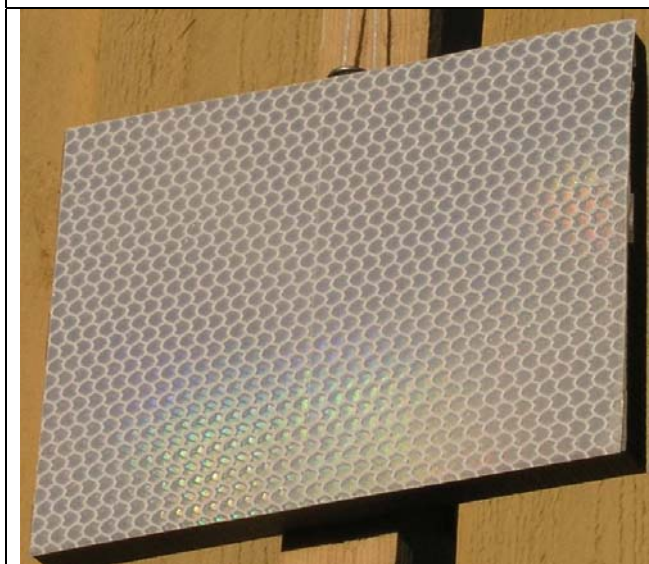
**Bilde 23. Avery Dennison 6200 High performance. Solhøyde 32 grader. Sammenlign med Bilde 15.**



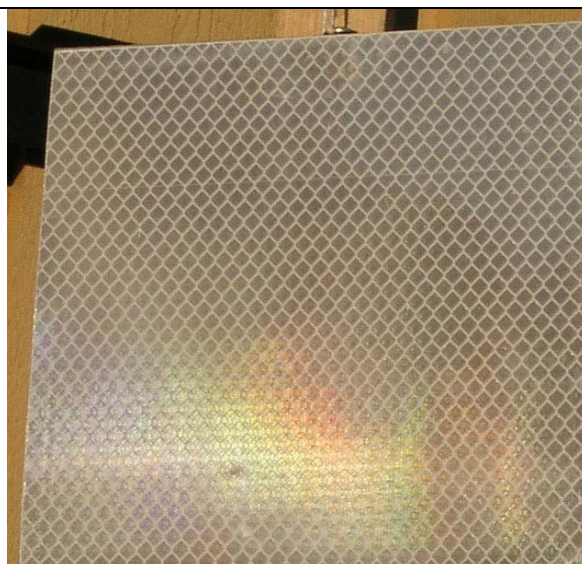
**Bilde 24. Avery Dennison 6200 High performance. Solhøyde 31 grader. Sammenlign med Bilde 16.**



**Bilde 25. Avery Dennison 6200 High performance. Solhøyde 20 grader. Sammenlign med Bilde 17.**



**Bilde 26. Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade. Solhøyde 19 grader. Sammenlign med Bilde 18.**



**Bilde 27. 3M Scotchlite Diamond Grade. Solhøyde 18 grader. Sammenlign med Bilde 19.**

### 3.1.4 Omtale av 3M Scotchlite Diamond Grade 3990 hvit

Denne typen folie gir en del effekter med kraftige fargespill. Ved solhøyde ca 43 grader oppstod uheldige optiske fenomener i tre situasjoner vist på bildene 1, 2 og 3. Høydevinklene var innenfor et område fra 30 til 40 grader, og sidevinklene var i området fra 25 til 65 grader. Totalt vurdert er det vinkelområdet som forstyrres ganske lite, men de registrerte fenomenene var meget sterke (LV ca 20).

Ved 33 grader solhøyde er det fire tilfeller knyttet til høydevinkler på 15 og 30 grader og sidevinkler fra 2 til 35 grader. Dette er vist i bildene 10, 11, 12 og 13. Antall uønskede effekter

øker i forhold til ved 43 grader, men det vinkelområde som forstyrres er redusert. De registrerte fenomenene var sterke (LV ca 18). Bilde 10 viser en effekt i form av to horisontal striper som reflekterer sterkere enn prøven forøvrig. Noen slik effekt framkommer ikke på andre bilder.

Ved 18 grader solhøyde ble det registrert et fenomen knyttet til høydevinkel på 18 grader og sidevinkel på 15 grader. Dette er vist i bilde nr. 19. Det registrerte fenomen var ikke særlig sterkt (LV 15).

Generelt ser det ut til at folien får uheldig høye luminanser ved høydevinkler omkring 15 grader og 30 – 35 grader. De kritiske sidevinklene er ganske jevnt spredt innen området 18 grader til 35 grader, men det oppstår slike effekter også ved ca 2 grader og ca 66 grader.

### **3.1.5 Omtale av Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade**

Denne folietypen framviser også en del uheldige fargeeffekter. Ved solhøyde ca 43 grader oppstod uheldige optiske fenomener i tre situasjoner vist på bildene 4, 5 og 6. Høydevinklene var omkring 30 grader og 45 grader. Sidevinklene var 6 grader, 27 grader og 55 grader. De registrerte fenomenene var meget sterke (LV ca 20).

Ved 33 grader solhøyde ble det registrert et fenomen knyttet til høydevinkel på 31 grader og sidevinkel på 4 grader. Dette er vist i bilde nr. 14. Dette materialet har det minste forstyrrede vinkelområdet, men det registrerte fenomen var sterkt (LV 19).

Ved 19 grader solhøyde ble det registrert et fenomen hvor både høydevinkel og sidevinkel var 27 grader. Dette er vist i bilde nr. 18. Det registrerte fenomen var ganske sterkt (LV 16).

Generelt ser det ut til at folien får uheldig høye luminanser ved høydevinkler omkring 15 grader, 30 grader og 45 grader. De kritiske sidevinklene ser ut til å være omkring 5 grader, 30 grader og 55 grader.

### **3.1.6 Omtale av Avery Dennison 6200 High performance**

Ved solhøyde ca 43 grader oppstod solreflekser i fire situasjoner vist på bildene 7, 8 og 9. Høydevinklene var i området 30 grader til 38 grader. Sidevinklene var i området 21 grader til 34 grader. Totalt vurdert er det vinkelområde som forstyrres det minste, men de registrerte fenomenene var sterke (LV ca 18).

Ved 33 grader solhøyde ble det registrert et fenomen knyttet til høydevinkel på 19 grader og sidevinkel på 14 grader og et fenomen knyttet til høydevinkel 27 grader og sidevinkel 3 grader. Disse er vist i bildene 15 og 16. Antall uønskede effekter reduseres i forhold til ved 43 grader, og det vinkelområde som forstyrres er redusert. Det registrerte fenomen var sterkt (LV ca 19).

Ved 20 grader solhøyde ble det registrert et fenomen hvor høydevinkel var og var 18 grader og sidevinkel var 8 grader. Dette er vist i bilde nr. 17. Det registrerte fenomen var sterkt (LV 18).

Generelt ser det ut til at folien får uheldig høye luminanser ved høydevinkler omkring 15 grader og 30 – 40 grader. De kritiske sidevinklene er ganske jevnt spredt innen området 3 grader til 35 grader.

### **3.1.7 Sammenfatning av undersøkelser i sollys**

Solrefleksene som oppstod var så kraftige at ved fotograferingen ble prøveobjektene omgivelser svarte. Det er fordi eksponeringen valgt slik at en unngår overeksponering av prøveobjektet. Derved ble omgivelsene undereksponert. Denne situasjonen skiller seg fra det visuelle inntrykket hvor omgivelsene i stor grad bestemmer adaptasjonstilstanden. I praksis vil omgivelsene vil være synlige mens prøveobjektet vil være blendende hvitt og uten detaljer.

Det er et tydelig avvik mellom egenskaper hos Avery Dennison 6200 High performance og de to andre materialene. Som bildene viser opptrer refleksjonen hos Avery Dennison bare i annenhver rad med prizmer, mens de andre materialene har refleksjoner i naboprizmer over hele det reflekterende området. Effekten av refleksjonen blir derved dempet, men ikke nok til at blanding unngås. Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade og spesielt 3M Scotchlite Diamond Grade oppviser refleksjoner med sterke regnbueeffekter som er mye sterkere enn hos Avery Dennison 6200 High performance. Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade har færrest kritiske refleksjoner, mens 3M Scotchlite Diamond Grade har flest.

Ved 33 grader og 43 grader solhøyde ser det generelt ut til at foliene kan få uheldig høye luminanser ved høydevinkler omkring 15 grader og ca 30 – 35 grader. Sidevinkler på ca 5 grader og i området ca 25 grader – 35 grader ser ut til å være de som har de fleste sterke refleksjoner. Refleksjonene var for alle de undersøkte typer folie så sterke at de antas å ville gjøre et vegskilt blendende og uleselig. Fenomenene kan bare observeres fra retninger som ligger mer enn 30 grader under skiltplanet.

Situasjoner med slike kritiske retninger vil en kunne ha ved passering under høytmonterte skilt som skiltportaler. Det antas at fenomenene i vanlig trafikk ellers vil ha liten praktisk betydning. Folieprøvene ble betraktet fra ca 1,5 m avstand, og fenomenene forekom over et visst vinkelområde. Ved denne avstand bidro store deler av prøven til den optiske effekten. Ved større betraktningsskavstander som en har i praktisk trafikk, vil skiltets funksjon være forstyrret over tilsvarende store deler av skiltet.

3M Scotchlite Diamond Grade har ved 33 grader solhøyde imidlertid også sterke optiske effekter som er synlige fra retninger som ligger ca 15 grader under skiltplanet og fra 2 til 35 grader til sides for skiltet. Slike skilt kan forefinnes i form av skiltportaler eller de kan også være plassert på vegsiden. Ved normale trafikksituasjoner vil trafikanten være i bevegelse, og den uheldige blandingen vil vare bare ei begrenset tid. Det vil redusere blandingens skadevirkning, men refleksjonene som opptrer ved ca 15 grader vil kunne synes på lengre avstand og ha lengre varighet enn refleksjonene ved ca 30 – 35 grader.

Ved solhøyder omkring 18 – 20 grader var intensiteten i de optiske forstyrrelsene vesentlig redusert. Det ser en av at bilder fra disse situasjonene har omtrent samme variasjon mellom de lyse og de mørke delene av bildet som en finner i ordinære fotografier. Visse forstyrrelser kan en vente i oppfatningen av skiltsymbolet, men neppe av alvorlig karakter.

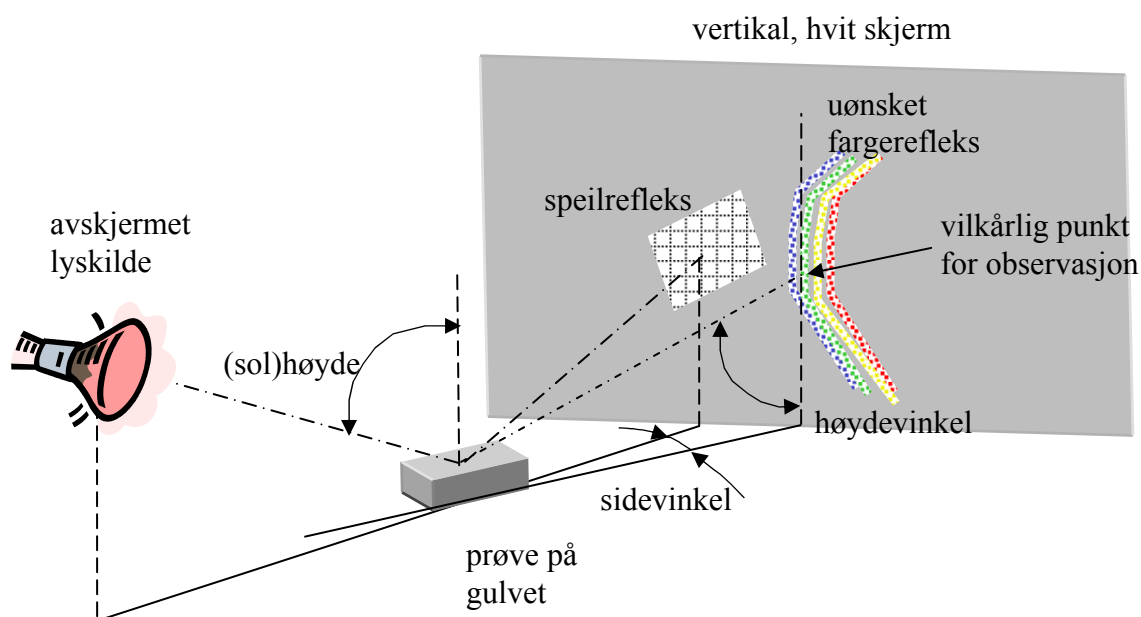
## **3.2 Laboratorieundersøkelser**

### **3.2.1 Refleksjoner projiseres på en skjerm**

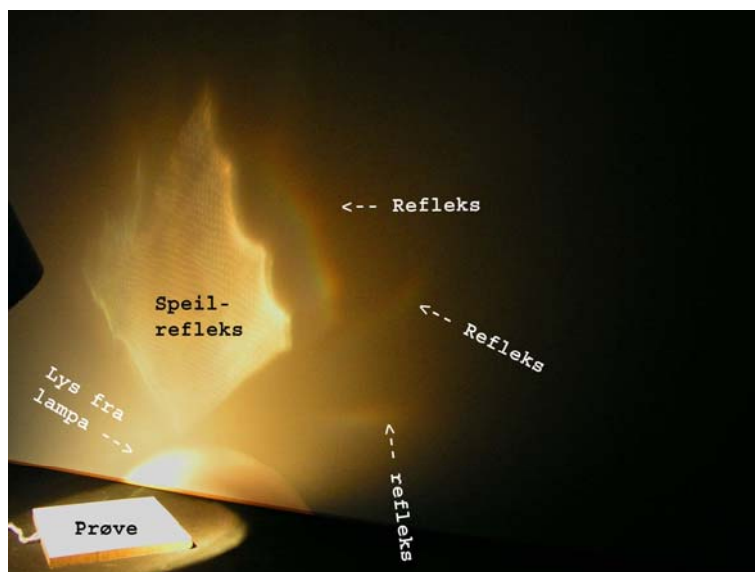
Det er tungvint og lite praktisk å gjøre prøver hvor en er avhengig av sollys og solas posisjon. Derfor er undersøkelsen omtalt i punkt 3.1 supplert med to undersøkelser i laboratorium. I den ene ble den naturlige belysningssituasjonen simulert ved at prøven ble lagt på et gulv dekket av sorte

tekstiler. Den ble skrått belyst med ei smaltstrålende lampe. En hvit skjerm plassert på motsatt side av prøven i forhold til lampen hadde funksjon som observatør. Ulike posisjoner av sola ble simulert ved at innfallsvinkelen ble variert samtidig med at prøven ble rotert. Ved å betrakte skjermen får en raskt oversikt over retningen for eventuelle reflekser. Lampen var avskjermet for å motvirke belysning av skjermen. Situasjonen kan sammenlignes med den normale brukssituasjonen ved å tenke seg at observatøren står i et vilkårlig punkt på skjermen og betrakter prøven derfra. Når prøven betraktes fra et punkt på skjermen som viser en rød refleks, vil prøven se rød ut. Er det ingen refleks på skjermen vil observatøren heller ikke kunne se noen refleks. Posisjoner lengre nede på skjermen svarer til at observatøren ser prøven på lengre avstand.

Situasjonen er vist skjematisk i Figur 2 med angivelse av vinkelbetegnelser tilsvarende de som er brukt i Figur 1. Skjermen er plassert så nært prøven som praktisk mulig uten at skjermen blir belyst. Derved fanger en opp situasjoner hvor trafikanten ser skiltet på ganske lang avstand. Det er situasjoner som forekommer oftest i praksis. I Figur 3 er 3M Scotchlite Diamond Grade vist som et eksempel på hvordan en slik situasjon fortoner seg. Også prøven med Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade oppviste lignende refleksjonsmønstre. Prøven med Avery Dennison 6200 derimot viste et mer omfattende mønster av reflekser, men disse var vesentlig svakere. Generelt viste undersøkelsen at slike refleksjonsmønstre romlig sett er store, og det forekommer gjerne flere samtidig. Mønstrenes posisjon flytter seg når innfallsretningen endres, og det totale bildet er ganske komplisert. En kunne vente at effektene vil ha stor negativ virkning på materialenes anvendbarhet som skiltfolie. Men bare en liten del av vinkelområdet hvor fargereflekser kan observeres sammenfaller med det som er relevant i praktisk trafikk.



**Figur 2. Prøveoppsett for detektering av reflekser.**



**Figur 3. Eksempel på deteksjon av reflekser ved hjelp av skjerm**

### 3.2.2 Solsimulering

I den andre undersøkelsen la en derfor vekt på å finne de refleksene som er relevante i praktiske trafikksituasjoner. Prøven ble montert vertikalt og observert fra posisjoner med synsretning tilnærmet vinkelrett på prøven. Med referanse til Figur 1 var med andre ord både sidevinkelen og høydevinkelen i området av ca 0 – 5 grader. Prøven ble belyst med ei lampe som ble beveget i rommet foran prøven. For å beskrive lyskildens (solas) posisjon innføres asimutvinkelen som vinkelen mellom innfallsplanet og normalplanet til prøven. Lampa ble beveget i posisjoner tilsvarende solhøyder ved soloppgang/solnedgang og opp til ca 50 grader og asimutvinkler mellom 0 grader og 90 grader.

#### **Observasjoner av 3M Scotchlite Diamond Grade 3990 hvit**

Dette materialet kan gi opphav til få men sterke fargereflekser, se Tabell 2.

**Tabell 2. Fargereflekser for 3M Scotchlite Diamond Grade**

Solas asimutvinkel (grader)	Solhøyde (grader)	Fargerefleks
ca 5	5	sterk
ca 30	10 – 15	sterk
ca 30	30	sterk
ca 50 – 60	30	sterk
ca 80	30 - 45	sterk



### Observasjoner av Nippon Carbide Nikkalite Crystle Grade

Dette materialet gir opphav til få men sterke reflekser, se Tabell 3.

**Tabell 3. Fargereflekser for Nippon Carbide Nikkalite**

Solas asimutvinkel (grader)	Solhøyde (grader)	Fargerefleks
ca 5	5	sterk
ca 45	ca 5	sterk
ca 80	ca 5	middels sterk
ca 40 -80	5 - 20	sterk

### Observasjoner av Avery Dennison 6200 High performance

Avery Dennison gir mange men svake fargereflekser, se Tabell 4.

**Tabell 4. Fargereflekser for Avery Dennison 6200 High performance**

Solas asimutvinkel (grader)	Solhøyde (grader)	Fargerefleks
ca 30	5, 15, 30, 45	svak
ca 45	5, 30, 45	svak
ca 60	5	svak
ca 70	5	middels sterk
ca 80	5, 45	middels sterk

#### 3.2.3 Sammenfatning av laboratorieobservasjonene

Observasjonene ved hjelp av skjerm viste at slike refleksjonsmønstre romlig sett er store, og det forekommer gjerne flere samtidig. Mønstrernes posisjon flytter seg når innfallsretningen endres, og det totale bildet er ganske komplisert. En kunne vente at effektene vil ha stor negativ virkning på materialenes anvendbarhet som skiltfolie. Men bare en liten del av vinkelområdet hvor fargereflekser kan observeres sammenfaller med det som er relevant i praktisk trafikk.

Ved solsimuleringene var synsretningen alltid omtrent vinkelrett på prøven. Alle tre prøver gir sjenerende fargereflekser ved lave solhøyder og asimutvinkler på ca. 5 grader. Samtidig skal en være klar over at i slike situasjoner vil speilrefleksjonen ligge svært nært fargerefleksjonen og være vesentlig sterkere og mer sjenerende enn den. Ved asimutvinkler i området 30 – 45 grader og omkring 80 grader kan en registrere kraftige fargereflekser, men den kritiske solhøyden varierer mellom prøvene. Avery Dennison 6200 High performance gir vesentlig flere reflekser enn de to andre materialene, men refleksene er vesentlig svakere.

#### **4 Konklusjon**

Ved direkte solbelysning er de undersøkte materialene årsak til uønskede fargereflekser. På markedet finnes flere produkter med ulike egenskaper. En skal derfor være noe forsiktig med å generalisere. Men noen materialer har så kraftige reflekser at de vil blende og gjøre det vanskelig å oppfatte skiltsymbolet i en del statiske situasjoner. I dynamiske situasjoner vil refleksene kunne oppfattes som kortvarige lysblink uten praktisk betydning. Det er mange kombinasjoner av asimutvinkler og solhøyder som gir uønskede refleksvirkninger. Felles for de tre folietypene er at situasjoner med lange rettstrekninger hvor en ser omtrent vinkelrett på skiltet vil kunne være problematisk ved lave solhøyder. For produktene fra 3M og Avery Dennison vil solhøyder i området 30 grader til 45 grader kunne forårsake problemer ved noen asimutvinkler.

## APPENDIKS

### 1 Eksponeringsverdi, EV

Eksponeringsverdi, EV er et begrep som er mye brukt innen fotografien. Ved filmfølsomhet lik ISO 100 er det samsvar mellom lysverdi LV (se punkt 2 i Appendiks) og aktuell EV. Definisjonen av  $EV = 0$  er en eksponering på 1 sekund med blender  $f/1.0$  med ISO 100 film. EV kan beregnes av følgende sammenheng:

$$EV = AV + TV = \lg_2 F^2 + \lg_2 (1/t)$$

Her er:

AV – Aperture Value (blenderverdi)

TV – Time Value (lukkertidsverdi)

Som et eksempel beregnes EV for blender 8 og lukkertid 1/2000 s til:

$$EV = \lg_2 8^2 + \lg_2 (1/(1/2000)) = 2 * \lg_{10} 8 / \lg_{10} 2 + \lg_{10} 2000 / \lg_{10} 2 = 16,97 \approx 17$$

Flere eksempler på eksponeringsverdier ved ISO 100 er vist i

**Tabell A 1.**

**Tabell A 1. Verdier for EV (Exposure Value) ved forskjellige blender/lukker-kombinasjoner ved ISO 100**

Lukker-tid	Blender									
	F1	F1,4	F2	F2,8	F4	F5,6	F8	F11	F16	F22
1s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/2s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1/4s	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1/8s	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1/15s	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1/30s	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1/60s	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1/125s	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1/250s	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1/500s	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1/1000s	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1/2000s	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1/4000s	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

### 2 Lysverdi, LV

Innen fotografien brukes begrepet lysverdi (LV) som mål på det aktuelle nivået. Sammenhengen mellom LV og luminans er gitt av formelen

$$2^{LV} = 8 \times L, \text{ eller } L = 2^{LV}/8 = 2^{LV-3}$$

L er luminans i  $\text{cd/m}^2$ .

Sammenhengen mellom vanlig forekommende LV, luminans og belyningsstyrke er vist i Tabell A 2. Luminansen L er beregnet direkte fra overstående formel, mens belyningsstyrken E er beregnet fra L ved at en har antatt at den fotograferte flata er nøytralt grå med diffus refleksjonslik 0,18 etter følgende formel:

$$E = \pi \times L / 0,18 \text{ (lux)}$$

**Tabell A 2. Sammenhenger mellom lysverdi LV, luminans L og belyningsstyrke E**

LV	Luminans, L (cd/m <sup>2</sup> )	Belysningsstyrke, E (lux)
0	0,125	2,2
4	2	35
8	32	560
12	512	9000
14	2048	36000
15	4100	71000
16	8200	(143000)
17	16400	-
18	33000	-
19	65000	-
20	131000	-
21	262000	-

Noen av de beregnede belyningsstyrkene er så høye at de ikke forekommer i naturen. Disse er utelatt. De høye luminansene forekommer på himmelen eller på objekter hvor sola gjenspeiles eller avbildes på en eller annen måte, slik en har sett det i dette prosjektet.