

Ljusförhållanden och säkerhet vid vägarbeten

Blending fra vegarbeidsplassen.

v/ Arve Augdal, SINTEF IKT, Norge
epost: Arve.Augdalen@sintef.no

15 – 16 oktober 2008

Scandic Star Sollentuna

Sverige

Oversikt over presentasjonen

Grunnlag

Simulering av synsnedsettende blending

Forslag til anbefalinger

Måling av synsnedsettende blending

Kontroll av klasse for blendingsbegrensning, BB

Grunnlag

To ulike former for blinding

■ Ubehagsblinding

- Ubehagsblinding er en psykologisk betinget følelse av ubehag som en person opplever når lyskilder med høye luminanser opptrer i synsfeltet. Ulike sykkelig tilstander i øyet kan forsterke denne følelsen

■ Synsnedsettende blinding

- Den synsnedsettende blindingen er fysiologisk og beskriver en negativ innvirkning på synsforholdene. Lys fra en (blendende) lyskilde spres i de optiske media i øyet og treffer netthinna i tillegg til lyset fra det bildet som er fokusert ('den ekvivalente sløringsluminansen'). Derved reduseres kontrasten mellom synsobjektet og bakgrunnen, og objektet blir vanskeligere å se.

Ubehagsblending

- En bestemt armatur (lyskilde) kan karakteriseres ved blendingsgraden D . Blendingsgraden D for en bestemt observasjonsretning finnes av
 - $D = I / \sqrt{A}$
 - I er lyskildens lysstyrke i den aktuelle retningen (candela)
 - A er lyskildens lysende areal sett i den aktuelle retningen (m^2)
- Innen CIE (Den internasjonale belysningskommisjon) omtales blendingsgraden D som Discomfort Glare Rating (DGR). Den dimensjonerende DGR bestemmes som den maksimale DGR som opptrer for retninger mellom 85° og 90° med loddlinja for alle retninger rundt armaturen. De har en grenseverdi for DGR på 500 for armaturer som skal anvendes i mørke omgivelser og på 1000 for bruk i lyse omgivelser

Synsnedsettende blending

Ekvivalent sløringsluminans L_v

- Sløringsluminansen forårsaket av en lyskilde finnes ved:

$$L_v = 10 \cdot E / \theta^2$$

Hvor:

- L_v (cd/m²) er sløringsluminansen
- 10 er en aldersavhengig faktor. Verdien 10 gjelder for en ung person, alder ca 20 år – 30 år
- E er belysningsstyrken fra lyskilden, på et plan vinkelrett på synsretningen, ved observatørens øyne, i lux
- θ er vinkelen mellom synsretningen og retningen mot blendingskilden, i grader

Formler ekvivalent sløringsluminans

Gyldighetsområdet er $1^\circ \leq \Theta \leq 30^\circ$

Stiles-Holladays blendingsformel:

$$L_v = 10 \cdot E_{bl} / \Theta^2$$

(cd/m²)

E_{bl} er belysningsstyrken på øyet på grunn av blendingskilden

Denne formelen er brukt i simuleringer av blanding i sjikane

Den aldersjusterte Stiles-Holladays blendingsformel:

$$L_v = 10 \cdot \frac{E_{bl}}{\Theta^2} \left(1 + \left(\frac{A}{70} \right)^4 \right)$$

(cd/m²)

A er observatørens alder

A = 30 gir faktor 10

A = 70 gir faktor 20

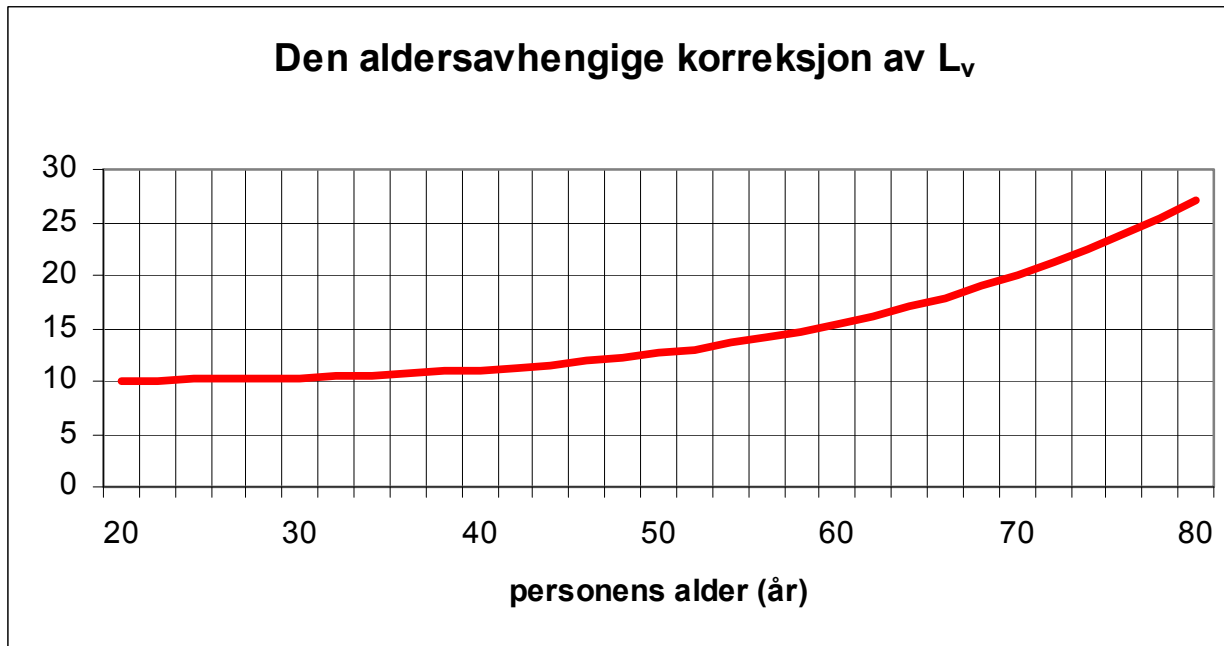
i forhold til ukorrigert verdi

Synsnedsettende blending

Ekvivalent sløringsluminans

- Den aldersavhengige korreksjonen av ekvivalent sløringsluminans

$$L_v = 10 \cdot \frac{E_{bl}}{\Theta^2} \left(1 + \left(\frac{A}{70} \right)^4 \right)$$



Synsnedsettende blanding

Terskelheving / Threshold Increment, TI

■ $TI = 65 * L_v / L^{0,8} \quad (\text{cd/m}^2)$

hvor:

L_v er den ekvivalente sløringsluminansen (cd/m^2)

L er observatørens adaptasjonsluminans (cd/m^2)

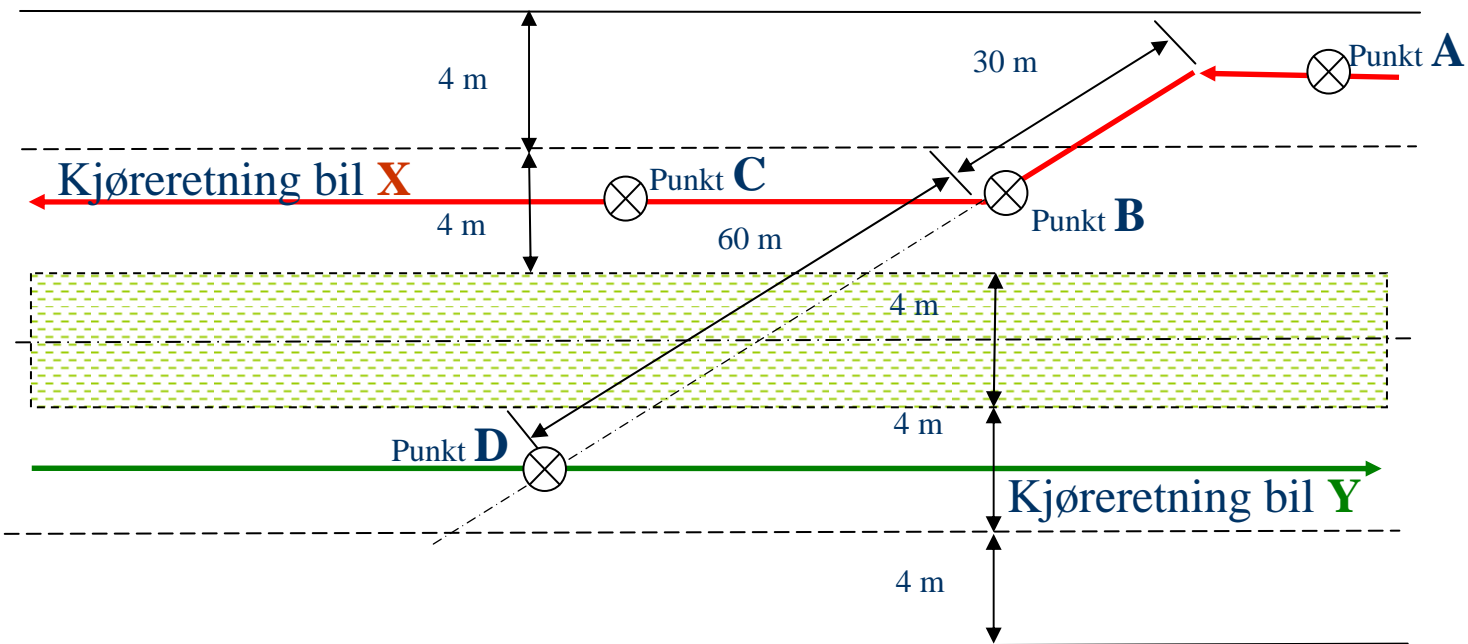
- Formelen gjelder for $0,05 \text{ cd/m}^2 < L < 5 \text{ cd/m}^2$

Blendingen er *merkbar* når $TI > 2$ (Glare and Uniformity in Road Lighting Installations". Publication CIE No 31. 1976)

En bør ha $TI < 10$, men *aldri* $TI > 15$ (Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic". CIE no 115-1995)

Simulering av synsnedsettende blending

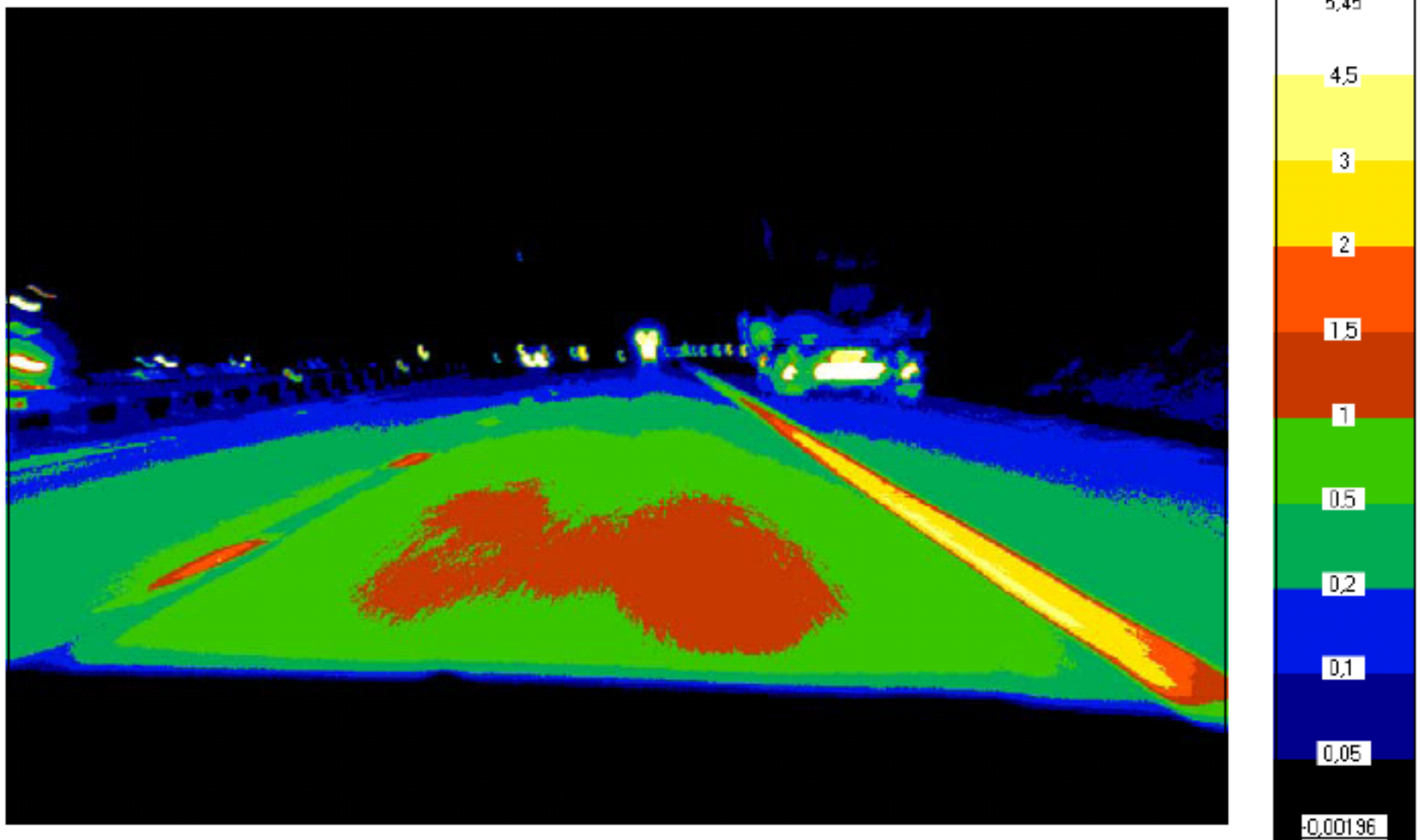
- Førere som sitter lavt i forhold til lysene på møtende kjøretøy vil være sterkt utsatt for blinding på grunn av møtende trafikk.
- Forsøk for å undersøke forholdene for førere av personbiler og motorsykler er kostbare å gjennomføre. Forholdene er i stedet studert ved hjelp av simuleringer



Simulert blanding for bil Y som møter bil X, når bil X er i posisjonene A, B og C i sjikanen

Kalibrert kamera Canon Eos 350D sammen LMK 2000 programvare





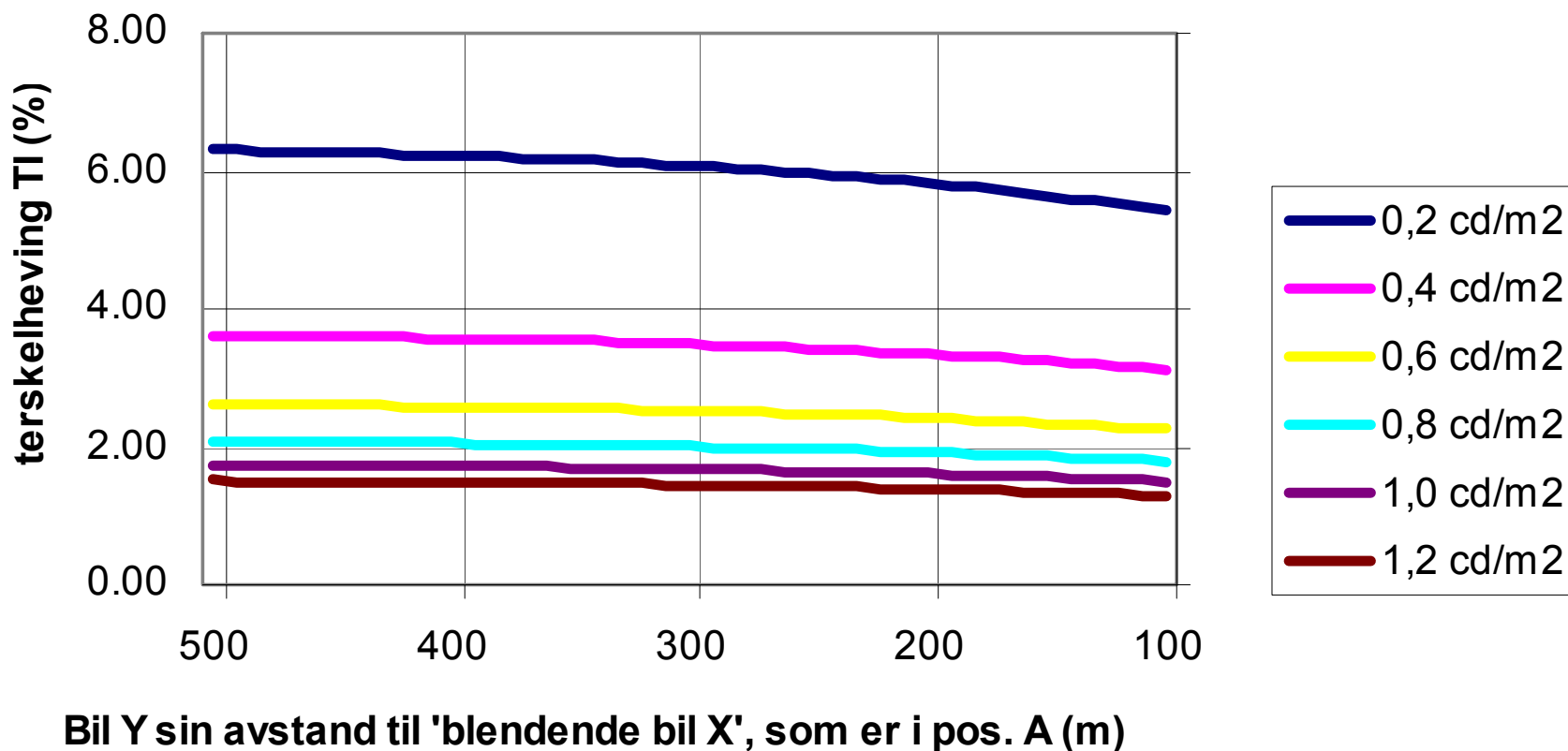
Nærlys gir $0,5 \text{ cd/m}^2$ – $1,5 \text{ cd/m}^2$ på vegbanen. Synsfeltet forøvrig luminans $< 0,1 \text{ cd/m}^2$. Forsøk i Varberg på tørr vegbane.

Synsfeltet nærmest synsretningen sterkt dominerende for adaptasjonsluminansen. Adaptasjonsluminans antas ca 1 cd/m^2

Kalibrert kamera Canon Eos 350D sammen LMK 2000 programvare

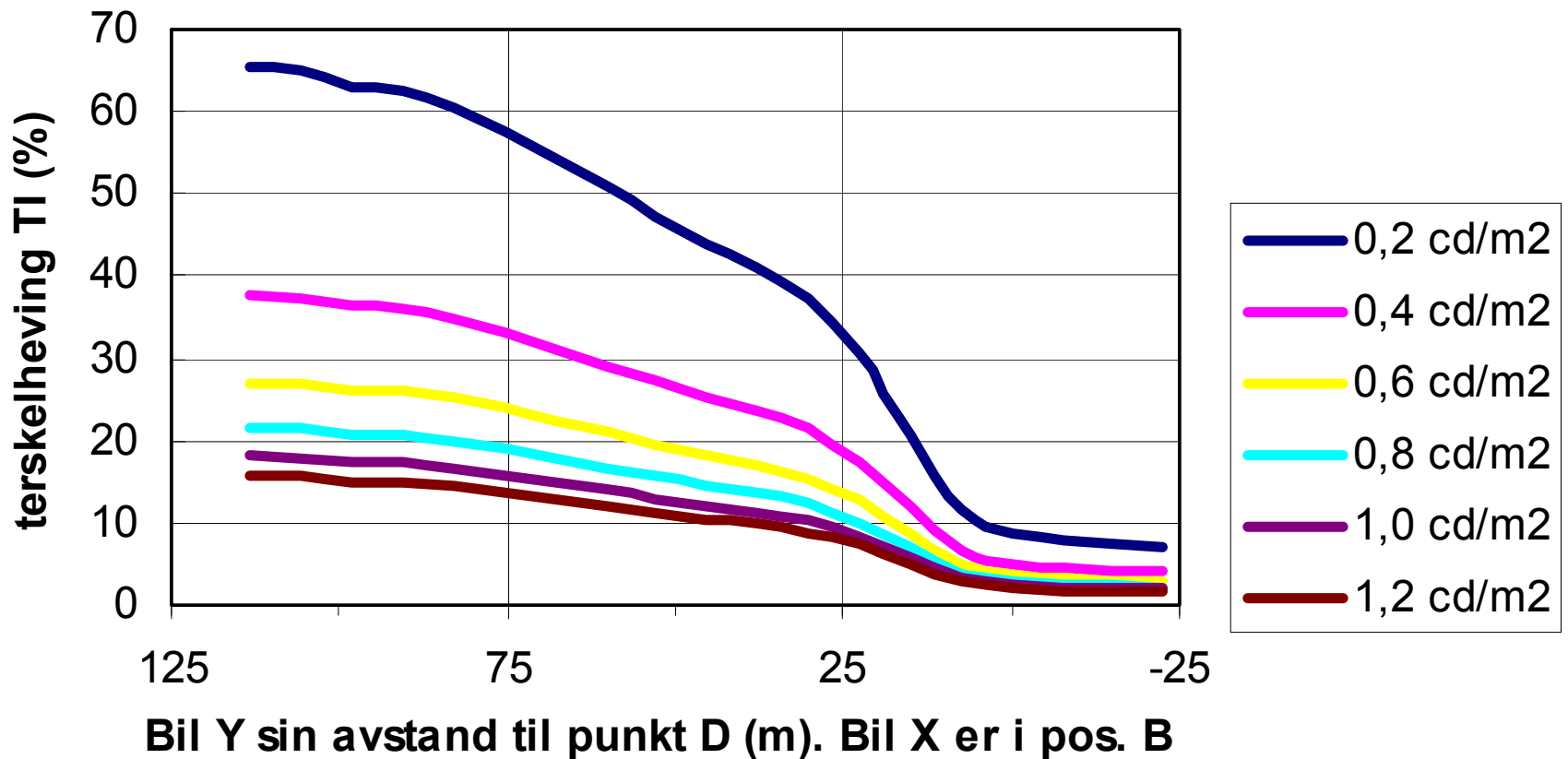
Synsnedsettende blending når den blendende bil X er i sitt ytterste kjørefelt.

Terskelheving TI for bil Y ved ulike adaptasjonsluminanser

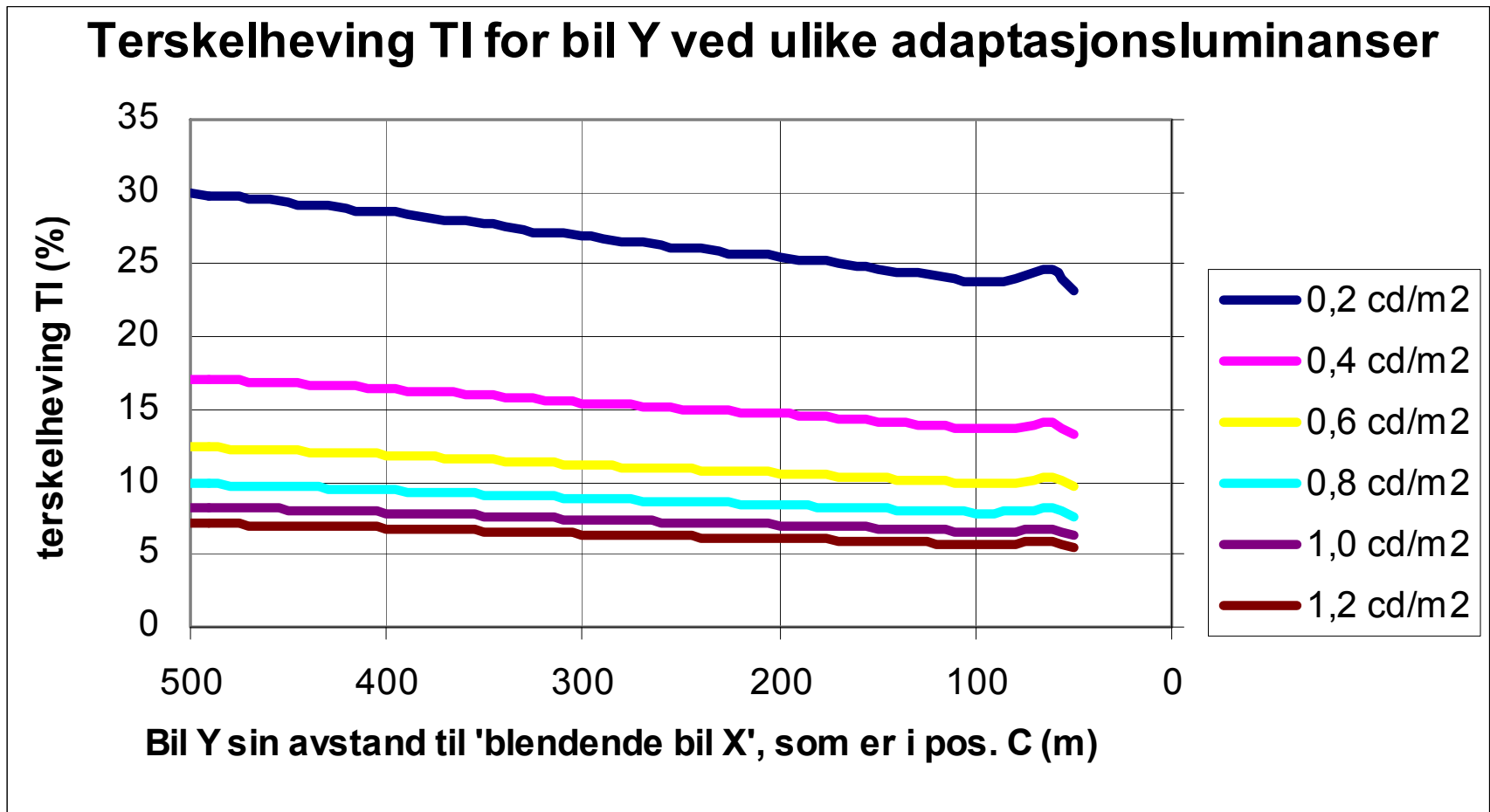


Synsnedsettende blending når den blendende bilen X har nådd enden av sjikanen

Terskelheving TI for bil Y ved ulike adaptasjonsluminanser



Synsnedsettende blanding når den blendende bilen er i sitt innerste kjørefelt.



Kommentarer til simuleringer

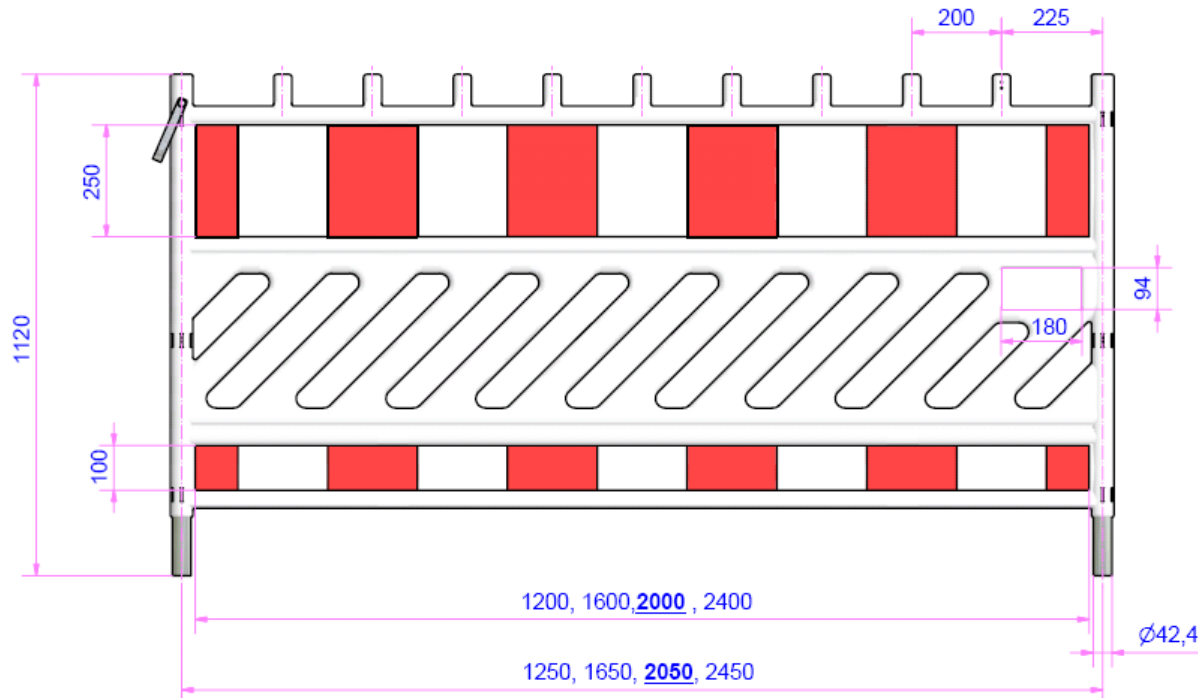
- Blendingsnivåene er de som kan oppnås under ideelle forhold
 - Nye og rene og lyskastere som gir minimalt med strølys.
- Blendingen i praktisk trafikk vil generelt være vesentlig høyere enn det som kommer fram ved simuleringen.
 - Eldre kjøretøy med lyskastere som er degraderte på grunn av inntrenging av fukt og støv
 - Skitt og støv på lyskasternes glass
 - Skitt og fukt på frontruta vil bidra til enda mer strølys og blending.
 - Feiljustering av lys-mørke-grensen
- Det som hittil er sagt om blending gjelder i møtesituasjoner én bil mot én annen bil. I praksis må en regne med at flere kjøretøy kan komme imot, og det kan også være sjenerende kjøretøy bak.
- Det er store avstander mellom kjøreretningene (8 m og 12 m) som normalt bare forekommer på motorveger. Tross dette oppstår betydelig blending, og blendingen øker vesentlig når avstanden mellom kjøreretningene avtar.

Forslag til anbefalinger

Skjerming av møtende trafikk

- Skjermer bør anvendes mellom kjøreretningene, særlig når belysningen skjer på skrå/skjevt.
- Skjermene må være lystette i høyder mellom 60 cm og 120 cm over kjørebanelen.
- Helst bør skjermene være lystette opp til en høyde på 140 cm. Da vil de også å kunne fungere godt for førere av større personbiler.

Mulig avskjerming i prinsipp (Nissen)



1,2 m

0,65 m



Vegarbeidsplasser bør belyses.

- Derved økes adaptasjonsluminansen, noe som reduserer blindingseffekten av fra lyskildene som påvirker bilføreren.
- Bilføreren får også et bedre inntrykk av utfordringene som ligger i å passere vegarbeidsområdet.
- Bygge om mulig et provisorisk veglysanlegg (regler for permanente anlegg bør følges). Luminansnivået bør minst være $0,7 \text{ cd/m}^2$ og TI lik 15 % eller lavere
- eller sett opp et eventuelt permanent veglysanlegg så tidlig som mulig.

Armaturers maksimalt tillatte lysstyrke I (cd) for anbefalt blendingsbegrensning (BB).

- Om lysstyrkekravene overholdes vil terskelhevingen TI for en armatur med 7 m monteringshøyde og med adaptasjonsluminans lik $0,5 \text{ cd/m}^2$ være maksimalt
 - ca 15 % for kategori BB1
 - ca 20 % for kategori BB2
 - ca 30 % for kategori BB3

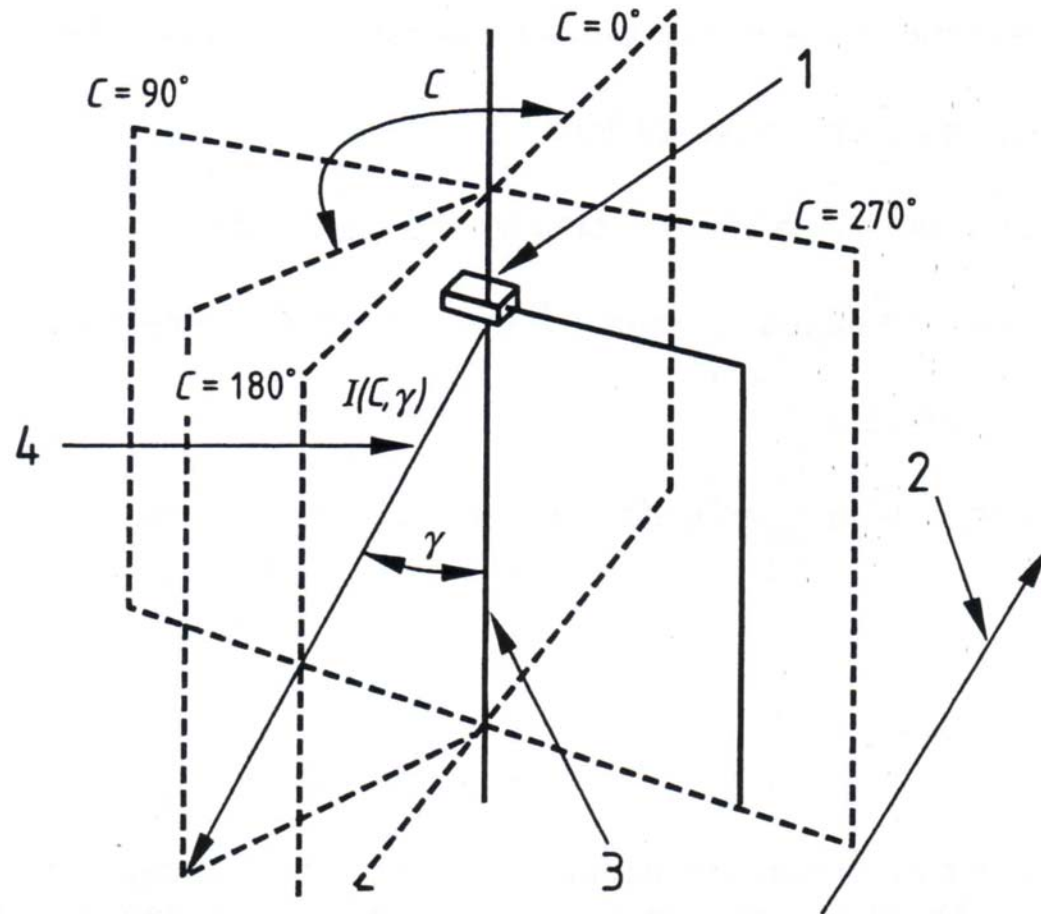
For den orienteringen lysarmaturen har i sin bruksstilling bør kravene til klasse BB2 eller bedre i følgende tabell tilfredsstilles.

Armaturers maksimalt tillatte lysstyrke I (cd) for anbefalt blendingsbegrensning (BB).

Klasse	$\gamma = 70^\circ$ (i bruksstilling)	$\gamma = 80^\circ$ (i bruksstilling)	$\gamma = 90^\circ$ (i bruksstilling)	Andre krav
BB 1	2500	2000	100	$I < 20$ cd for $\gamma > 90^\circ$
BB 2	3300	2700	200	$I < 20$ cd for $\gamma > 95^\circ$
BB 3	5000	4500	300	$I < 30$ cd for $\gamma > 95^\circ$

Koordinatsystem for angivelse av armaturs lysstyrker

■ C- γ -systemet



Måling av synsnedsettende blanding

Utfordringer ved måling av ekvivalent sløringsluminans

- Et konkret anlegg lar seg derimot ikke umiddelbart kontrollmåle. Blendingsformelen gir flere utfordringer:
 - En kjenner ikke til feltinstrumenter som måler L_v direkte
 - Det finnes ikke portable instrumenter som måler lysstyrke I (cd)
 - Det finnes ikke portable instrumenter som måler arealet A (m^2) av fjerne flater
 - De verdier for belysningsstyrke E (lux) som forekommer er svært lave og lar seg ikke måle tilstrekkelig nøyaktig av portable instrumenter
 - Ved måling må hver enkelt blendingskilde i lysanlegget skilles ut og måles for seg
- En metode er utviklet i prosjektet

Belysningsstyrke kan måles med luminansmeter

Et luminansmeter kan nyttes til måling av belysningsstyrke. Det kan sees av:

Luminans kan beskrives som

- $L = I/A$ (cd/m²), dvs. $I = L \cdot A$ (cd)

og belysningsstyrke som

- $E = I/r^2 = L \cdot A/r^2 = k \cdot L$ (lux)

hvor:

- $k = A/r^2 = \pi \cdot b^2/r^2 = \pi \cdot (r \cdot \alpha \cdot \pi/180)^2 / r^2 = \alpha^2 \cdot (\pi/180)^2 = 3,05 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2$

hvor:

- b er vinkelbuen som defineres av vinkelen α
- α er vinkelen som luminansmeterets målefelt utgjør, i grader
- Den blendende lyskilden bør utgjøre en så stor del av målefeltet som mulig, og bakgrunnen bør være så mørk som mulig. E vil nå være belysningsstyrken som skyldes lyskilden, på fronten av luminansmeteret

Vinkelen til blendingskilden kan bestemmes med hjelp av kamera

- Kalibreringen gjøres ved at kameraet settes på et stativ og en tar et bilde vinkelrett på en vegg med et merke i kjent avstander d fra kameraets siktepunkt. Avstanden s mellom kameraet og veggen må være kjent. En måler så opp den tilsvarende avstanden b_k på bildet og beregner skalaforholdet
 - $m = d / b_k$
- På bildet som tas av det blendende lysanlegget måler en avstanden b_m mellom punktet som definerer synsretningen og blendingskilden. Da finner en vinkelavstanden Θ fra synsretningen til blendingskilden av følgende uttrykk:
 - $\Theta = \tan^{-1} (b_m * L_v / s)$ (grader)
- Det er forutsatt at alle bilder tas med objektiv med samme brennvidde, at bildenes forstørrelser er like og at d , b_k , s og b_m alle angis i samme måleenhet.

Metodens styrke er at vilkårlige vinkler kan gjøres I ettertid, og fotografiet dokumenterer situasjonen

Oppsummering av måling av L_v

- Etter å ha bestemt E ved hjelp av luminansmeter og bestemt vinkelen Θ mellom synsretningen og blendingskilden ved hjelp av et kamera bestemmes ekvivalent sløringsluminans (synsnedsettende blending) av Stiles-Holladays blendingsformel

- $L_v = 10 * E * \cos \Theta / \Theta^2$ (cd/m²)

eller den aldersjusterte blendingsformelen

Kontroll av klasse for blendingsbegrensning, BB

Prosedyre for kontrollmåling av lysstyrker og vinkler γ

■ $I = L_m \cdot A$ (candela)

hvor:

- L_m er middelluminansen over målefeltet
- A er arealet av luminansmeterets målefelt på avstanden s

Arealet A kan finnes av:

- $A = \pi \cdot (s \cdot (\alpha \cdot \pi / 180) / 2)^2 = \pi^3 / 180^2 \cdot s^2 \cdot \alpha^2 = 2,39 \cdot 10^{-4} \cdot s^2 \cdot \alpha^2$ (m²)
 - s angis i meter
 - α angis i grader

■ Avstander s og mastehøyder h måles med måleband eller lasermåler. γ beregnes trigonometrisk

- $\gamma = \tan^{-1}(h/s)$ (grader)