

# RAPPORT:

## ”Godt og trygt lys der du går og sykler”

Med forslag til

## Belysningsnormal



Delprosjekt i K1 ; «Nasjonalt utviklingsprosjekt for universell utforming i kommuner og fylkeskommuner»

Kristiansand april 2014

Versjon F4



## **Innledning**

Et viktig mål for tilgjengelighet i by og tettsted, er å sørge for at det er trygt å ferdes langs sentrale ferdselsårer både på dag og kveldstid, i denne forbindelse promenader, parkveier og vanlige gang/sykkelveier. God belysning av vei, sideterreng og ansiktet til folk du møter, regnes som ett av flere viktige elementer for å øke trygghetsfølelsen, kanskje særlig for kvinner som går alene.

Dagens belysningsnormer, som Statens Vegvesens håndbøker, Lyskulturs publikasjoner og flere norske og internasjonale standarder sier noe om kravene til slik belysning. Disse fokuserer generelt på den faktiske sikkerhetssituasjonen, unngå sammenstøt etc., og behandler i liten grad den generelle trygghetsfølelse.

Foreliggende forslag er ment å si noe om trygghetsfølelse ved hjelp av belysning med fokus på horisontalt belysningsstyrkenivå, jevnhet, vertikalt belysningsstyrkenivå, halv sylindrisk belysningsstyrkenivå, fargegjengivelse og spesielle forhold under svært svake belysningsnivåer, blendingsproblematikk og strølys til omgivelsene, det siste både ønsket og uønsket, for derigjennom å kunne vurdere forventet nivå av trygghetsfølelse på stedet etter mørkets frambrudd.

Belysningsprosjektet er delfinansiert gjennom Kommunal og Moderniseringsdepartementets (tidl. Miljøverndepartementets) K1-prosjekt; Nasjonalt utviklingsprosjekt for universell utforming. Kristiansand kommune har som ressurskommune i dette prosjektet hatt et særlig ansvar for å utvikle og implementere universell utforming i utvikling av byens fysiske miljø.

Prosjektgruppen har hatt følgende sammensetning:

Kristiansand kommune, Ingeniørvesenet, ved Torfinn Jore, Gro Solås og Geir Øgreid. Parkvesenet ved Hanne Katinka Hofgaard og Helmer Espeland (Prosjektleder) og Plan og bygningsetaten, ved koordinator for universell utforming Elin Aabel Bergland

Konsulent for prosjektarbeidet har vært Rejlers Consulting, ved aut.belysningsplanlegger MNLK Kåre Bye, som også har forfattet dette dokumentet.

Prosjektet har hatt faglig samarbeid med Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, ved Per Ole Wanvik.

Kvalitetsikring av faglig utredning er utført av MNLK Tore Krok Nielsen, COWI

### **Hvem er utredningen skrevet for?**

Rapportens kapitler med kunnskapsinnhenting, forslag til belysningsnormal og utdrag fra CIE-rapporter inneholder en rekke begreper og forkortelser som kan være vanskelig tilgjengelig for andre enn belysningsplanleggere. For at også andre skal kunne lese rapporten med utbytte, har en innledningsvis i de enkelte avsnittene under «kunnskapsinnhenting» forsøkt å gi en allment forståelig beskrivelse av tema og problemstilling. Prøveprosjektet er også beskrevet på en måte som bør være lett å forstå, og rapporten inneholder ei fagordliste for den som ønsker å gå grundigere inn i temaet.

Redaksjonen avsluttet april 2014

## Innhold

Innledning .....	2
Hvem er utredningen skrevet for? .....	2
Prosjektets mål og inndeling .....	4
Kunnskapsinnhenting .....	4
Enkel oversikt over noen aktuelle armaturer, .....	4
Prøveprosjekt .....	4
Forslag til belysningsnormal .....	4
Kunnskapsinnhenting .....	5
01 Belysningsklasser: .....	5
02 Lyskilder: .....	7
03 Lysfarger .....	8
04 Blendingsklasser .....	8
05 Ansiktsgjenkjenning .....	9
06 Strølys til sideterreng .....	10
07 Overganger mellom ulike lysnivå .....	11
08 Belysning av krysningspunkter .....	11
09 Lyspunkthøyder .....	11
10 Masteavstand .....	12
11 Oppsummering .....	13
Prøveprosjekt .....	15
Testing av aktuelle armaturer til prøveprosjektet .....	15
Område for prøveprosjektet: .....	17
Belysningsplan for prøveområdet .....	18
Evaluering av prøveprosjektet: .....	19
Forslag til belysningsnormal .....	21
Prosjekteringsanvisning: .....	21
Ordliste: .....	22
Vedlegg A: .....	25
Utdrag fra CIE-rapporter .....	25
CIE 115:2010 - Veibelysning for motorisert trafikk og forgjengere .....	25
CIE 136-2000 - Rettledning til belysning av bymessige områder .....	25
CIE 150:2003 - Rettledning til begrenning av uønsket lys fra utendørs lysinstallasjoner .....	28
CIE 191:2010 - Anbefalt system for mesopisk fotometri basert på synsytelse .....	29
CIE 206:2014 – Effekten av spektral lysfordeling i bymessige og fotgjengerdominerte områder .....	29
Vedlegg B: .....	31
Målerapport (tilnærmet etter NS-EN 13201-4) .....	31
Henvisninger og referanser: .....	33

## Prosjektets mål og inndeling

Prosjektets konkrete mål har vært å se om en kan finne målbare kriterier for belysning som øker trygghetsopplevelsen, og dermed tilgjengelighet til veier for myke trafikanter. I tillegg til generelt belysningsnivå, har en særlig sett på tema som ansiktsgjenkjenning, blendingsproblematikk og belysning av sideterreng i denne rapporten. Prosjektet skal munne ut i forslag til belysningsnormal som skal kunne ligge til grunn for nasjonale og lokale normaler, veiledninger og enkeltprosjekter.

Prosjektet har følgende enkeltdeler:

1)

**Kunnskapsinnhenting:** Med utgangspunkt i prosjektets konkrete problemstillinger er det laget en kort utredning som grunnlag for både prøveprosjekt og belysningsnormal. Utdrag fra relevante internasjonale standarder (CIE-rapporter) er vedlagt rapporten

2)

**Enkel oversikt over noen aktuelle armaturer,** fordeler og svakheter, koplet opp mot masteavstander og –høyder som kan tilfredsstille skisse til normal og prøveområdets estetiske krav. Denne oversikten er vist i egen rapport.

3)

**Prøveprosjekt** med utgangspunkt i kunnskapsinnhenting og armaturtesting. Prøveprosjekt er belysning av en ca 120 meter lang, mørk gangpassasje til Kilden kulturhus på Odderøya i Kristiansand. Prosjektet evalueres og legges til grunn for anbefalinger i belysningsnormal, og videre fullskala prøving i prosjektfase 2; belysningsplan for hele Strandpromenaden i Kristiansand.

4)

**Forslag til belysningsnormal** for gang og sykkelveier, gangveier i parker og belyste turløyper, utformet så oversiktlig, komprimert og lesbar som mulig uten å gå på akkord med faglig standard. Ny normal skal bli bygget på Statens vegvesen, håndbok 264 og gjeldende norske standarder, og skal implementeres i Kristiansand kommunes normaler (Veinormal for Kristiansand kommune og Normaler for utomhusanlegg i Kristiansand kommune).

**Vedlegg A:** Utdrag av CIE-rapporter

**Vedlegg B:** Målerapport for prøveprosjektet

## Kunnskapsinnhenting

Disse temaene har blitt vurdert i denne kunnskapsinnhentingen:

- Belysningsklasser
- Lyskilder
- Lysfarge
- Blendingsklasse/problematikk
- Ansiktsgjenkjenning
- Belysning av sideterreng
- Belysning av overganger mellom ulike lysnivå
- Mastehøyder
- Masteavstander.

Kunnskapsinnhentingen følger dette oppsettet, og avsluttes med en oppsummering av de enkelte temaene.

### 01 Belysningsklasser:

For gang- og sykkelveier har en hovedsakelig 6 belysningsklasser (S-klasser) som legges til grunn i løpende belysningsplanlegging, og som også legges til grunn i dette prosjektet, jfr EN 13201-2 kap 5 og 6. (Standarden er under revisjon, men vi bruker foreløpig gjeldende utgave).

Tabell 1.1 (Tabell E.15 fra SVV Hb 017)

Klasse	Horisontal belysningsstyrke	
	$E_m$ i lux (oppretholdt)	$E_{min}$ i lux (minimum oppretholdt)
S1	15	5,0
S2	10	3,0
S3	7,5	1,5
S4	5,0	1,0
S5	3,0	0,60
S6	2,0	0,40

Det fins for øvrig en rekke klasser å velge blant, S-klassene behandler horisontal belysningsstyrke og ditto jevnhet, og er den mest brukte på gang- og sykkelveier under ukompliserte forhold. CE-klassene anvendes når trafikken er sterk, og/eller det er høyt nivå av forstyrrende (obtrusive) lys i nærheten. EV-klassene benyttes i tillegg til S eller CE i områder der det er viktig å oppfatte informasjon på vertikale flater eller objekter (informasjonsskilt etc). ES-klassene benyttes i tillegg til S eller CE der det legges mer vekt på økt trygghetsfølelse og reduksjon i overfall og kriminalitet. Spesielt ES-klassene som omhandler halvsylindrisk belysningsstyrke er derfor her aktuelle tilleggsklasser.

P-klassene ihht CIE 136-2000 inkluderer halvsylindrisk belysningsstyrke og kan også brukes, men forskjellene er neglisjerbare, og det er praktiske fordeler med å holde seg til samme normforankring som Statens Vegvesen.

SVV Hb 264 nevner at belyningsklasser i A-serien kan brukes i stedet for S-serien. Dette behandles nærmere i NS-EN 13201-1 og -2 der disse kravene til halvromlig belyningsstyrke behandles. Serien er etablert fordi enkelte land vektlegger halvromlig belyningsstyrke mer enn vi gjør i Norge.

Valg av belyningsklasse blir en avveining mellom en rekke faktorer.

CEN/TR 13201-1:2004 Vegbelysning Del 1: Valg av belyningsklasser har en rekke tabeller som indikerer hvilke belyningsklasser som bør velges. Valgene bør treffes på bakgrunn av:

- Om det er syklist eller bare forgjengere i den aktuelle parsellen
- Vanskelighetsnivå med hensyn til orientering og veivalg
- Trafikktetthet av fotgjengere og syklist på stedet
- Syklistenes maksimale fartsnivå på stedet
- Trafikkdempende tiltak på veien
- Trafikkbildets kompleksitet
- Parkerte biler i nærheten
- Fare for kriminell aktivitet i strøket
- Nødvendighet av ansiktsgjenkjenning
- Omgivelsenes luminansnivå
- Valg av lyskilder og lyskvalitet

Hvilke S-klasser en skal velge er avhengig av lokale forhold. Blir det nødvendig, kan en velge CE-klasse i stedet for dermed å oppnå høyere belyningsstyrkenivå.

Relevante krav til belysningen finnes i CEN/TR 13201-1:2004 kap 5.1 tabell 1, der vi for denne rapporten velger situasjon E2. Videre i samme norm: Annex A.10 tabell A.19 som angir belyningsklasse S2 med mulighet for økning til S1. Videre angis tilleggsklassene henholdsvis ES5 og ES4. Vi noterer også at CIE 136-2000 Kap 3.2.c angir det optimale forholdet mellom vertikalt og halv sylindrisk belyningsstyrkenivå som mellom 0,8 og 1,3. Grenseverdier for det samme forholdet er i følge CIE 115:2000, Kap 9.5 tabell 7 1,5 for S2 og 1,66 for S3, da er det minimumsverdier som omtales. Videre registrerer vi at de ulike EN- og CIE-rapporter kan ha litt ulike klassifikasjoner som ikke alltid henger sammen, men viser at de er produsert av forskjellige grupper til forskjellig tid.

Likevel finner vi andre normer med vesentlig høyere krav. Den nye normen NS 11005 (Universell Utforming) har et kapittel om belysning, der det bl a kreves minst 30 lux horisontalt på gangadkomst og hovedgangvei/turvei. Holdt opp mot Lyskulturs publikasjon 11/97 "Belysning for eldre og svaksynte" må dette sies å være betimelige krav dersom en ønsker at eldre skal benytte gangveiene. I lys av bl a NS11005 kan en mene at inkludering av eldre langs gangveier og stier medfører 3 ganger så høye krav til belyningsstyrke som EN 13201-2:2003 skulle tilsi.

NS 11005 fokuserer mer enn andre normer på kontraster for å øke synligheten av hindre i veibanen etc. Dette er et viktig punkt, og sammen med lav blending kan dette tildels kompensere for noe lave belyningsstyrker.

CIE 206:2014 – Effekten av spektral lysfordeling i bymessige og fotgjengerdominerte områder.

Dette er en forholdsvis ny teknisk rapport fra CIE som i skrivende stund ikke er formelt vedtatt, men som behandler helt sentrale forhold vedrørende vårt tema. I Storbritannia bruker en denne rapportens forskningsresultater til å redusere kravene i S-klassene 1 til 2 trinn når en går fra svært dårlig (monokromatisk lavtrykks natrium) til svært god fargegjengivelse fra lyskilder. Dette er ett av en rekke kriterier som bør påvirke valg av belyningsklasse.

Hva som faktisk til slutt velges blir ofte et økonomisk spørsmål.

## 02 Lyskilder:

Her vurderes elektriske lyskilder («lyspæretyper») som anses mer eller mindre relevante. Det fins en lang rekke lyskilder på markedet, og noen er mer egnet for veibelysning enn andre. Viktig i veibelysningsammenheng er lyskvalitet, lysytelse og totale driftsutgifter. Ved driftsutgiftene må en også se på elektronikkens levetid, ikke bare lyskildene.

1. Glødelamper er på vei ut, de fleste typene er forbudt solgt pga dårlig virkningsgrad
2. Høytrykks kvikksølvdamplamper (kvikksølvlamper) gir hvitt lys, men er også på vei ut, de vil bli forbudt solgt i nær framtid pga kvikksølvinnhold og dårlig virkningsgrad. De var tidligere (1940 – 1970) nærmest enerådende i veibelysning/utebelysning
3. Lysrør (egentlig lavtrykks kvikksølvdamplamper), her har utviklingen vært mer positiv, med moderne forkopling (høyfrekvent) er dette blant de mest energieffektive lyskildene på markedet. De brukes likevel lite utendørs pga dårlige lysstyringsegenskaper og temperaturfølsomhet.
4. LED-lamper: LED (Light-Emitting Diode) Lyдиодier, er en moderne lyskilde under sterk utvikling. Kraftig og tildels villedende markedsføring har skapt noe urealistiske forventninger til denne gode og fremtidsrettede lyskilden som også har sine svakheter, som f eks blendingsproblematikk, endring av lysfarge over tid, lystilbakegang og cos phi ved dimming.
5. Keramisk metallhalogenlamper er moderne og effektive lyskilder (gassutladning) som gir hvitt lys og svært god fargegjengivelse. Et rimelig og bra alternativ til LED i veibelysningen. Meget høyt s/f-forhold for hvite lyskilder, se tabell U2.8. OBS! Trenger vanligvis herdet glass i avdekningen.
6. Natrium høytrykkslamper er vår mest brukte og mest effektive lyskilde i veibelysningen. Lang levetid, billig og økonomisk gunstig på alle måter, lysfargen er gylden, men fargegjengivelsen nokså dårlig med Ra-indeks på bare 20. Lavt s/f-forhold, se tabell U2.8.
7. Induksjonslamper gir hvitt lys, men er lite brukt pga sine store dimensjoner. De er vanskelig å lysdirigere og de er dyre, men levetiden, lysutbyttet og fargegjengivelsen er på topp.

Aktuelle lyskilder med typiske tilhørende verdier for de ulike parametre:

Tabell 2.1

Lyskilde	Ytelse lm/w (system)	kW pr km**	Levetid timer	Lyskvalitet	Innkjøpspris	Totaløkonomi	Eksempelnavn ****
Glødelamper	15 - 20	18,0	2500	Meget bra	Billig	Dårlig	60W
Natrium høytrykk	100 - 135	3,4	25 000 (>150W)	Svak	Middels	Meget bra	NaV-T, SON-T
Keramisk metallhalogen	90- 115	3,7	15 000	Meget bra	Middels	Bra	HCI,CDO
LED	50- 105	3,9	50 000 *****	Meget bra***	Dyrt	Bra	LED
Kvikksølv*	50 - 60	7,8	12 000	Bra	Middels	Bra	HQL, HPL

\*Kvikksølv lyskilder antas vil bli forbudt solgt etter 2015

\*\* Effekt pr km beregnes som minimum for å få nivå 1 cd/m<sup>2</sup> på en vanlig 5m bred norsk landevei.

\*\*\* LED-lyskilder kan ha svært varierende lyskvalitet, dokumentasjon må sjekkes, sjekklister kan lastes ned fra [www.lyskultur.no](http://www.lyskultur.no)

\*\*\*\* Det fins internasjonale normer for lyskildenavn, bl a ILCOS-systemet. Disse er imidlertid lite kjent i miljøet.

\*\*\*\*\* Det er ennå ingen LED-lyskilder som er testet mer enn 15 000 timer. De lange levetidene er kun beregnet.

### 03 Lysfarger

Lysfarger henviser til lyskildens utstrålte farge slik vi oppfatter den. Se "Kelvingrad" i Ordlista. Det er stor forskjell på NaH som har en lysfarge på 2000 Kelvin (oransje) og billige LED som kan ha en lysfarge på >6000 K (blåhvitt). Begge velges av og til av økonomiske hensyn.

Jo lavere luminansnivå, jo lavere Kelvingrad oppfatter vi som hvitt. Vi vet likevel at ved svært lave nivåer (mesopisk syn: 0,01 - 3cd/m<sup>2</sup>) blir øynene våre mer følsomme for blått lys (Purkinjes fenomen).

Nyere forskning (jfr CIE 206:2014 – Effekten av spektral lysfordeling) viser at i den perifere delen av synsfeltet gir de hvitere lyskildene en lavere luminanstærskel for oppdagelse av objekter. Selv i det fotopiske området vil lyskilder med god skotopisk ytelse medføre at det belyste området oppfattes som lysere enn tilsvarende område belyst med tradisjonelle lyskilder og med samme målte illuminansnivå. Det er altså grunn til å anbefale lyskilder med mer blått enn NaH for "våre" områder. Metallhalogen og LED med lysfarge nær 3500 synes ideelt, men hele den spektrale fordelingen må samtidig vurderes. Mesopisk dimensjonering favoriserer lyskilder med høyt s/f-forhold, dette medfører gjerne at man også får fordelene av bedre fargegjengivelse og større fargekontraster, selv om det ikke alltid er slik.

For belysningsstyrker over det mesopiske området, som er vanlig i innendørs belysning, vil fotopisk fotometri være gjeldende. Dette er det grunn til å påpeke, fordi mesopisk fotometri feilaktig har blitt brukt som argument for å bruke LED i innendørs belysning.

### 04 Blendingsklasser

Vi skiller mellom ubehagsblending og synsnedsettende (fysiologisk) blending.

Statens Vegvesens håndbok 264 kap 2.5.1 Ubehagsblending omhandler blendingsklasser, armaturer klassifiseres fra D0 til D6 alt etter hvor mye lys de sender ut 85 grader fra loddlinjen. For gang- og sykkelveger anbefales armaturblendingsklasse D6. Ansiktsgjenkjenning og halv sylindrisk belysningsstyrke er her ikke vurdert. Kraftig lys utenom 85 grader-nivået ivaretas ikke i klassifiseringen.

I følge EN 13201-2:2003 Kap 6 Note 2 er bare blendingsklassene D1, D2 og D3 relevante sammen med ES-klassene (dvs halv sylindrisk belysning – ansiktsgjenkjenning). Det er også praksis i bransjen å beregne T1%-verdier for nærmere å vurdere blendingsgrad, selv om dette prinsippet i teorien er forbeholdt biltrafikk.

Det bemerkes at det er 2 grunnleggende forskjellige definisjoner av blending, nemlig

- a) synsnedsettende eller fysiologisk blending ( T1%-beregning) hvor den faktiske reduksjon i observasjonsevne beregnes i prosent og



b) ubehagsblending (D-klasser) hvor blendingen er vurdert ut fra mer subjektive kriterier.

Det advares forøvrig om at enkelte LED-armaturer kan ha lav lysstyrke ved vertikalvinkel 85 grader, samtidig som lysstyrken kan være ubehagelig høy ved andre vertikalvinkler. De kan dermed tilfredsstillende de tekniske blendingskravene men likevel blende.

Når det gjelder synsnedsettende/fysiologisk blending kan en beregne terskeløkningen, dvs hvor mye luminansforskjellen mellom objekt og bakgrunn må økes for å kompensere for kontrastreduksjonen som skyldes blending, eller hvor mye det generelle luminansnivået burde være øket for å tilfredsstillende samme synsforhold som et anlegg uten blending. Denne betegnes TI (Threshold Increment) og måles i prosent (%). Under 5 % regnes som svært bra, mens verdier over 15 % regnes som utillatelig der kjøretøyer er involvert.

Der det bare fins fotgjengere og saktegående kjøretøyer, foreslår CIE at høyere blending kan tillates. I følge CIE 115:2010 Annex D, Tabell D.1. tillates TI mellom 20% (for belyningsklasse P1) og 35% (klasse P6). Dette videreføres ikke i denne normalen.

I henhold til SVV Håndbok 264 pkt 2.5.2 kan det alternativt angis avskjermingsklasser G1 – G6, der G6 er blendingsmessig best med krav om at lysstråling over 90 grader horisontalt ikke skal være over null i noen retning. Dette siste tilsvarer en armatur med helt flat skjerm der skjermen følger veibanens helning.

Avskjermingsklassene G1 – G6 er relativt uegnet for angivelse av blendingsgrad, da lyskildenes synlige areal ikke inngår som en parameter. Klassene kan likevel benyttes for å vurdere ulike armaturer opp mot hverandre, og som grenseverdier for strølysbegrensning. Disse avskjermingsklassene er tenkt benyttet i de tilfeller der en normalt ikke beregner vegens luminans (alle andre belyningsklasser enn ME/MEW) og derved ikke får noen bakgrunns luminans til bruk i formelverket for beregning av TI%.

Det er likevel ikke noe i veien for å kontrollberegne lysanlegget mht luminanser og på denne måten kunne anvende beregning av TI% på vanlig måte som om veien var asfaltert.

Spesielt for LED-lyskilder er at de aktualiserer utviklingen av en forbedret beregningsteknikk for blending. Inntil den foreligger anbefales å avstå fra å bruke armaturer der lyskilden er direkte synlig, og bare bruke armaturer der lyskilden er reflektert eller diffusert i armaturen. Selv det reflekterte lyset kan blende om ikke den effektivt reflekterende flaten er stor nok.

## **05 Ansiktsgjenkjenning** (vertikal og halvsylindrisk belysning – farger og s/f-forhold)

Det mest sentrale krav i dette prosjektet er å gi trygghetsfølelse langs gang- og sykkelveiene ved hjelp av ansiktsgjenkjenning på rimelig avstand.

Et gjennomgående problem ved å velge blendefrie armaturer er selvsagt at en da heller ikke får særlig lys som kan treffe folks ansikter og føre til ansiktsgjenkjenning. Det blir derfor nødvendigvis et kompromiss når en både skal belyse ansikt og unngå blending samtidig. For foreliggende

rapport har en valgt å "premiere" høy halv sylindrisk belyningsstyrke, stor lysende flate samt lave verdier for beregning av synsnedsettende/fysiologisk blending (TI%).

Ansiktsgjenkjenning relateres normalt til halv sylindrisk belyningsstyrke. Se CIE 136-2000 kap 3.2 (c) Modellering, side 17. Her anbefales et visst forhold mellom vertikal og halv sylindrisk belyningsstyrke, forutsatt at belyningsstyrkenivåene ellers er tilstrekkelige.

CEN/TR 13201-1:2004 kap 6.4 tabell 5 kopler S-klassene til tilleggsklassene ES. Således er ansiktsgjenkjenningen presumptivt ivaretatt dersom en i belyningsklasse S2 velger tilleggsklasse ES5, i klasse S1 velger ES4, i klasse CE2 velger ES3 osv.

Disse spørsmålsstillingene er også behandlet i CIE136-2000 Guide to the light of Urban areas, appendix 3, tabell 3.1 og 3.2, der det blant mye annet står at moderat gang- og sykkeltrafikk på gang- og sykkelveier etter mørkets frembrudd bør ha belyningsklasse P3 (tilsv. S3), hvilket tilsvarer 7,5 lux horisontalt på hele bruksflaten, minimum 1,5 lux horisontalt, minimum 2,5 lux vertikalt og minimum 1,5 lux halv sylindrisk.

Stor trafikk («Heavy night-time use») krever P2 (tilsv. S2) som får ett trinn høyere krav.

Absolutte krav med nevnte unntak er ifølge den nyere CIE 115:2010 kap 9.5 tabell 7 slik:

Tabell 5.1

Belysningsklasse	Gjennomsn. hor. illuminans i lux E <sub>h,av</sub>	Min.horisontal illuminans E <sub>h,min</sub>	Ansiktsgjenkjenning Min.vert.illum E <sub>v,min</sub>	Ansiktsgjenkjenning Min.halvsyl.illum. E <sub>sc,min</sub>	Blending maks (TI%)
P1	15	3,0	5,0	3,0	20
P2	10	2,0	3,0	2,0	25
P3	7,5	1,5	2,5	1,5	25

For å opprettholde tabellens gyldighet, må faktisk nivå ikke overstige 1,5 ganger tall i tabellen.

God fargegjengivelse ( $R_a > 60$ ) bidrar til god ansiktsgjenkjenningsevne.

Om høy s/f-faktor bidrar til god ansiktsgjenkjenningsevne forventes, men er ikke entydig dokumentert.

## 06 Strølys til sideterreng

Sideterreng defineres her som en 5m bred stripe langs begge veisider. Strølys til sideterreng er en viktig parameter for å kunne observere personer, dyr eller truende gjenstander som befinner seg i utkanten av området der en skal bevege seg. Her velger en å legge et bånd på hver side av gang- og sykkelveien og beregne det horisontale belyningsstyrkenivået på disse båndene, jfr CEN/TR 13201-1:2004 kap 5.3.4.

Om en velger 5m brede sidebånd, sammenfaller dette med SVV sine makskrav til SR – Surround Ratio, som er en 5m bred stripe langs begge veisider der en ikke skal ha mindre enn 50% av belyningsstyrken (dvs «luxnivået») som fins på veien. Dette gjelder kun der det ikke er tilstøtende, belyste anlegg.

Nivået på sidebåndene langs gang- og sykkelveier skal helst være som på veien, og altså ikke under 50 % av nivået på gs-veien. En ser ikke det store behovet for beregning av halv sylindrisk belyningsstyrke på disse båndene fordi denne egenskapen allerede er ivaretatt langs den sentrale traseen. Halvromlig belyningsstyrke kan beregnes for å finne sannsynligheten av å kunne lese skilt langs veien.

I påkommende tilfeller kan selvsagt sidebåndene både økes og krympes etter behov. Ved spesielle mørke kroker, sidesmug, trær og hekker bør det foretas tilleggsberegninger for å sjekke om en må tilleggsbelyse noe av dette. Ofte er det nok å bare flytte litt på masteplassingene langs veien. Ved sterke horisontale kurver kan det forenkles beregningene å bruke bredere sidebåndsberegninger.

Høy S/F-faktor (innslag av blåfarge i lyskildens spektrum, jfr CIE 206:2014 kap 1.3.6 og CIE 191:2010, Clause Terminology S/P-ratio) gir påviselig bedre oppdagelsesevne i utkanten av belyste områder og økt følelse av "lyshet" dvs trygghet, uten at installert effekt og illuminansnivå økes. Dette kan medføre en noe blåere belysning og må vurderes mot estetiske verdier og trivsel.

Strølys til må ikke forveksles med strølys fra sideterreng, f eks nærliggende belyste veier, bensinstasjoner eller kjøretøyer, som kan føre til at en må øke den aktuelle installasjonen på gangveien en klasse for å kompensere for den uønskede blendingen fra disse sideinstallasjonene, jfr CEN/TR 13201-1:2004 tabell A.20.

## 07 Overganger mellom ulike lysnivå

Ved overganger mellom områder med ulike belysningsstyrke, må det påses at reduksjon i nivå ikke overstiger en halvering eller to klasser. Ved overgang med mer enn 50 % nivåreduksjon eller mot ubelyst vei og belysningsstyrkenivået er høyere enn 5 lux, bør det opprettes overgangssone. Langs gang- og sykkelveier der det kan forventes at syklistene og andre vil bevege seg med mer enn 30 km/t bør overgangssonens lengde være minst 50m eller bestå av minst to mastelyspunkter. Der det er kun gangtrafikk er det tilstrekkelig med ett svakere lyspunkt (maks 5 lux) som overgangssone. Overganger med økning i nivå er ikke kritiske. Jfr SVV Hb 264 kap 2.3.1 Overgangssoner.

## 08 Belysning av krysningspunkter

Spesielle lystekniske hensyn må tas i krysningspunkter, hva enten gang- sykkelveien krysser en annen gang- sykkelvei, munner ut i en g/s-vei eller krysser en kjørevei. Her bør belysningsstyrkenivået heves, helst én, men ikke mer enn to klasser eller 100 %. Må en øke mer enn 100 % må det etableres overgangssone, se forrige punkt. Er den kryssende veien ikke belyst, må det etableres overgangssone også på denne. Videre bør også blendings- og jevnhetskravene tas spesielt hensyn til. Se SVV Hb 264 kap 3.8 og 3.9.

## 09 Lyspunkthøyder

Det er klar sammenheng mellom lyspunkthøyder, estetikk, lysfordeling, masteantall og dermed også økonomi. Det regnes som estetisk bra å ha lave master, mellom 3 og 4,5m er ofte brukt. Lavere enn dette kommer vandal-problematikken inn. Enda lavere master, som pullerter (ca 1 – 1,5m) og nedgravde opplysningsarmaturer har tydelige svakheter som at de ikke gir nok lys i ansiktshøyde. Nedgravde opplysningsarmaturer gir sterk blending, mye uønsket strølys og skal unngås ihht NS 11005:2011 kap 5.2.1.2.

Det er likevel mastehøyder på +/- 7m som er mest brukt langs stier og g/s-veier, dette er et kompromiss som er både estetisk, teknisk og økonomisk motivert. Lysløyper har f eks tradisjonelt vært bygd med 8 – 9m lyspunkthøyde. Grunnen er bl a at dette passer med de tradisjonelle lyskildetyperne 125W HgH og 70W NaH som begge kan gi ca 5 lux med denne høyden og 35 m mastavstand. 8 – 9m tremaster stikker heller vanligvis ikke opp over tretoppene i skogen. Videre

beholder en lovlig ledningshøyde selv om det kommer et par meter snø. Her bemerkes at KUD normalt ikke gir tilskudd til anlegg under klasse II (10lux) i NS-EN 12193:2007. Dette tilsvarer S2 i SVV Håndbok 264 tabell 2.6.

Ønskes en rimelig blendingsbegrensning, lys til omgivelsene samtidig som en opprettholder en viss halvromlig belysningsstyrke med ansiktsgjenkjenning, ser en raskt at større mastehøyder løser de fleste problemer, bortsett fra de estetiske.

Plassbelysning er et område der høyere master kan være aktuelt. Som en håndregel kan en si at ensidig belysning (masterekke) dekker en veibredde som tilsvarer mastehøyden. Tosidig belysning dekker en vei- eller plassbredde som tilsvarer omtrent 3 ganger mastehøyden, bruker en gode lyskastere kan en regne med at doble masterekker kan dekke en vei/plassbredde på ca 4 ganger mastehøyden.

En sti eller gangvei som krysser et åpent område/plass kan belyses med høye master (mastehøyde minst 25% av plassens bredde) fra sidene av plassen uten at resten av plassen belyses. En støter imidlertid fort på blendings- og overgangsproblematikk (se dette) og prinsippet er lite brukt.

I parker bør en bruke mastehøyder mellom 4 og 6 meter, alt etter veibredde, lyskildevalg og armaturtype. På g/s-veier anbefales stålmaster 6 – 8 meter. Tremaster bør brukes der det ellers er vanskelig å komme til med liftbil. For tremaster er 7 – 9m akseptabelt. Tremaster og luftstrekk kan medføre ekstra utfordringer i form av barduner og fjellfester med stag. Ledningsføring i luftstrekk bør generelt unngås men kan være en gjenstand for økonomisk vurdering. I ny SVV Hb 264 er luftstrekk mellom stålmaster forbudt.

## 10 Masteavstand

Masteavstanden henger sammen med lyspunkthøydene som vist i forrige avsnitt. Dessuten vil veiens kurvatur i varierende grad influere på masteplassering og masteavstander. Kraftige horisontalkurver kan medføre inntil halvering av nominell masteavstand dersom en regner og måler nøye, og selv om en tilpasser optikk/reflektor til kurven. Spesielt kan masteplassering i innerkurve være vanskelig fra et lysfordelingssynspunkt.

I veilysteknikken skal en ikke bruke luminansberegning hvis veien ikke er tilnærmet rett, fordi en del av forutsetningene da blir udefinerte, og en må bruke belysningsstyrkeberegning (lux-beregning). Det samme gjelder dersom veidekket ikke er asfaltert eller støpt med en spesifisert overflate (lyshetsgrad, ruhetsgrad og refleksjonsegenskaper) Dette medfører en rekke endrede kravspesifikasjoner, og kan føre til helt andre geometrier, bl a når det gjelder nødvendig masteavstand.

Andre begrensninger i masteavstanden kan være vind- og islast samt pilhøyden på luftstrekket der dette er relevant.

En vil ofte søke å øke masteavstanden maksimalt under gjeldende kravregime av rent økonomiske årsaker. Dette vil uvegerlig medføre valg av armaturer som har en lysfordeling som tåler lange avstander. Dette igjen øker faren for blinding og unøyaktig plassering av lysmaks, i verste fall utenfor veibanen.

Det er umulig å angi noen generell maksimal masteavstand. Belysningens jevnhet, blendingsbetraktninger samt horisontal- og halvsylindrisk belysningsstyrke vil være førende. En gammel

tommelfingerregel sier at maks mastavstand langs en vei er fire til fem ganger lyspunkthøyden. Overskrides dette, blir blendingen vanligvis for stor selv om de andre kriteriene overholdes.

## 11 Oppsummering

- **Belysningsklasse S2** benyttes som grunnleggende belysningskrav til horisontal belysningsstyrke ( $E_{mid}$  og  $E_{min}$ ) for gang- og sykkelveier i sentrale strøk. Tilleggsklasse ES5 benyttes, jfr CEN/TR 13201-1:2004 kap 6.4 tabell 5 og kap A.10 – set E2. Disse kravene er for  $E_{h,min}$  noe strengere enn angitt i CIE 115:2010 kap 9.5 tabell 7 som vist nedenfor.

Belysningsklasse S1 benyttes ved kryssing og nærføring av andre belyste objekter. Tilleggsklasse ES4 benyttes da som over.

Der en ikke har forstyrrende lys i nærheten, og ikke spesielt mye og rask sykkeltrafikk, anses belysningsklasse S4 som tilstrekkelig i utgangspunktet, se tabell S.1.

- **Lyskilde** kan være LED eller keramisk metallhalogen. For LED: bruk sjekklister fra Lyskultur.
- **Lysfargen** må være mellom 3000 og 4000 Kelvin. Lik lysfarge i samme anlegg/område.
- **Blendingsklasse D6** er ønskelig, men kan være vanskelig å oppnå i korrelasjon til kravene om halv sylindrisk belysningsstyrke (for belysning av ansikter). D-serien gjenspeiler ubehagsblending. G-serien og TI% viser synsnedsettende blending. Fravikes ønsket om D6 bør det likevel dokumenteres TI-verdier lavere enn 15%.
- **Fysiologisk blending:** Stor lysende flate/reflektor gir vesentlig lavere blending enn liten flate.
- **Ansiktsgjenkjenning**, ivaretas av kravet til vertikal og halv sylindrisk belysningsstyrke, se belysningsklasser- tilleggsklasser, samt forholdet  $E_v/E_{sc}$  mellom 0,8 og 1,3 (CIE 136-2000 annex 3, kap 3.2 c). For  $E_{h,min}$  se EN 13201-2:2003 Tabell 3, jfr SVV Hb 264 kap 2.4, tabell 2.6.
- **Strølys til sideterreng.** En viss mengde strølys er ønskelig. Av tryktheshensyn velges her feltbredde 5m som er vegvesenets krav (SR i Hb 264 Kap 1.3). Luxnivået i sidesonene bør være som på veien, og det skal ikke være under 50% av dette. OBS S/F-forholdet.
- **Overganger** mellom ulike nivå. Forskjellen i belysningsstyrke i to tilstøtende områder skal ikke være større enn to klasser, evt skal nivåene ikke mer enn dobles/halveres uten at det innføres overgangssoner som er minst 50m eller består av minst 2 lyspunkter.
- **Krysningspunkter.** Her heves belysningsstyrkenivået prinsipielt én klasse, maks to klasser, jfr CEN/TR 13201-1:2004 kap 6.3.
- **Lyspunkthøyder.** Anbefalinger er vist nedenfor med muligheter for tilpasninger. Absolutt minimum er 4m (jfr CIE 136-2000 kap 2.4.1 *Installation Design*) av vandalhensyn. Pullertarmaturer eller armaturer nedfelt i bakken benyttes ikke i forbindelse med gang- og sykkelstier av hensyn til universell utforming og blendingsfare. Armaturer nedfelt i bakken kan likevel benyttes til effektbelysning av f eks trær dersom blendingen er neglisjerbar og horisontal avstand til trafikkareal er minst 3 meter.
- **Masteavstander.** Masteavstandene vil være et resultat av optimaliserende beregninger og krav til jevnhet. Det ville derfor være uheldig å angi faste tall.

- **Innhenting av data.** Det var overraskende vanskelig å innhente komplette prosjekteringsdata fra alle aktuelle leverandører, dels pga varierende kompetanse hos leverandørene og dels pga at de aktuelle data (f.eks S/F-faktor,  $E_{hs}$ ,  $U_{ehs}$ ) verken er beregnet eller målt og derved ikke foreligger. Noen leverandører sendte feil armatur i forhold til dokumentasjon. En god, men ressurskrevende løsning på dette er en prøvemontasje av aktuelle armaturer med befarings- og faglig vurdering av kompetent personell.
- **Har vi funnet det vi lette etter i kunnskapssøket og etterfølgende armaturtesting?**  
En har funnet standarder for dette i internasjonale publikasjoner, men til dels har en avdekket store mangler ved foreliggende data for dagens armaturer. Lite annet enn enkle lysmålinger er foretatt og leverandørens kunnskaper om egne armaturer spriker betydelig. Likevel: Ved å sile tilbydere etter foreliggende krav samt prøvemontering av et engere utvalg armaturer, mener vi å ha funnet de beste armaturene ut fra de foreliggende forutsetninger og prioriteringer.

## Prøveprosjekt

### Testing av aktuelle armaturer til prøveprosjektet

Før endelig valg av armatur til prøveprosjektet, ble mulige armaturtyper testet i Strandpromenaden i Kristiansand. Området er forholdsvis mørkt, med lite forstyrrende lys fra eksterne kilder.

Før testing ble en rekke av de viktigste leverandørene invitert til å levere armaturer til testing, jfr en generell beskrivelse med krav til belysningsstyrkenivå, jevnhet, blendingsbegrensning etc.

Til befaringsdato var det mottatt og montert 4 armaturer av 6 som vi opprinnelig ønsket å se nærmere på. Alle armaturene var montert på 4 meters master.

Følgende armaturer ble testet:

- Philips, City Spirit, type 4 LED
- Louis Poulsen; Albertslund LED maxi
- Louis Poulsen; Ikon LED
- Luminator; Karsten LED

Armaturene ble testet subjektivt av prosjektgruppa den 9. oktober 2013, og vurdert og sammenliknet etter disse kriteriene:

- lysmengde
- blanding
- jevnhet/kontraster
- ansiktsgjenkjenning, på hvilke avstander
- lysspredning ut over vei; jevnhet og avstand ut fra armatur
- lysfarge og om denne følte behagelig/hyggeilig til formålet
- estetikk: om armaturen ga noe til rommet om kvelden, og om vi følte armaturen kunne kle rommet i prøveområdet, og evt Strandpromenaden i fase 2

Konklusjon armatur: kan armaturen passe til alle kriteriene og være med i en priskonkurranse?



Bilde fra testingen av armaturer i Strandpromenaden, Kristiansand oktober 2013



Testen avslørte uventet store variasjoner i lysfordeling, jevnhet, blendingsforhold, belysning av sideterreng og mulighet for ansiktsgjenkjenning. Testdeltakerne opplevde de fleste armaturene som overraskende blendende. Spesielt armaturer med direkte stråling fra LED-lyskildene var effektive, men ubehagelige.

Med utgangspunkt i utvalgskriteriene, ble Louis Poulsen Albertslund LED Maxi valgt til prøveprosjektet. Denne armaturen har indirekte belysning med stor reflektorflate, noe som på samme tid ga rimelig behagelig blendingsnivå og god ansiktsgjenkjenning. Armaturen gir en svært jevn, symmetrisk belysning, med god belysning av sideterrengen. Lysfargen er 3000 kelvingrader, noe som oppleves som innenfor det en tenker som en «vennlig» belysning. Armaturen møblerer også uterommet på en god måte, både dagtid og i mørket, noe som har vært viktig i prøveområdet.

*Fra teststrekningen langs Strandpromenaden, her med ulike armaturer:*





## Område for prøveprosjektet:

*Gangpassasje fra sentrum til Kilden teater og konserthus*



*Passasjen vist med rød stipling er hovedadkomst til Kilden for gående fra sentrum.*

Strekningen har særlige utfordringer ved at det ligger langs en gangvei med noe ustrukturert bruk, mellom Kilden teater og konserthus, og bruene i Gravane. Området er sentrumsnært med stor trafikk, likevel mørkt, spesielt pga den store fjellhammeren som stien snor seg innunder. Baksiden av en rekke restaurant- og kontorbygg skaper flere smug som det har vært viktig å få nøytralisert ved belysning.

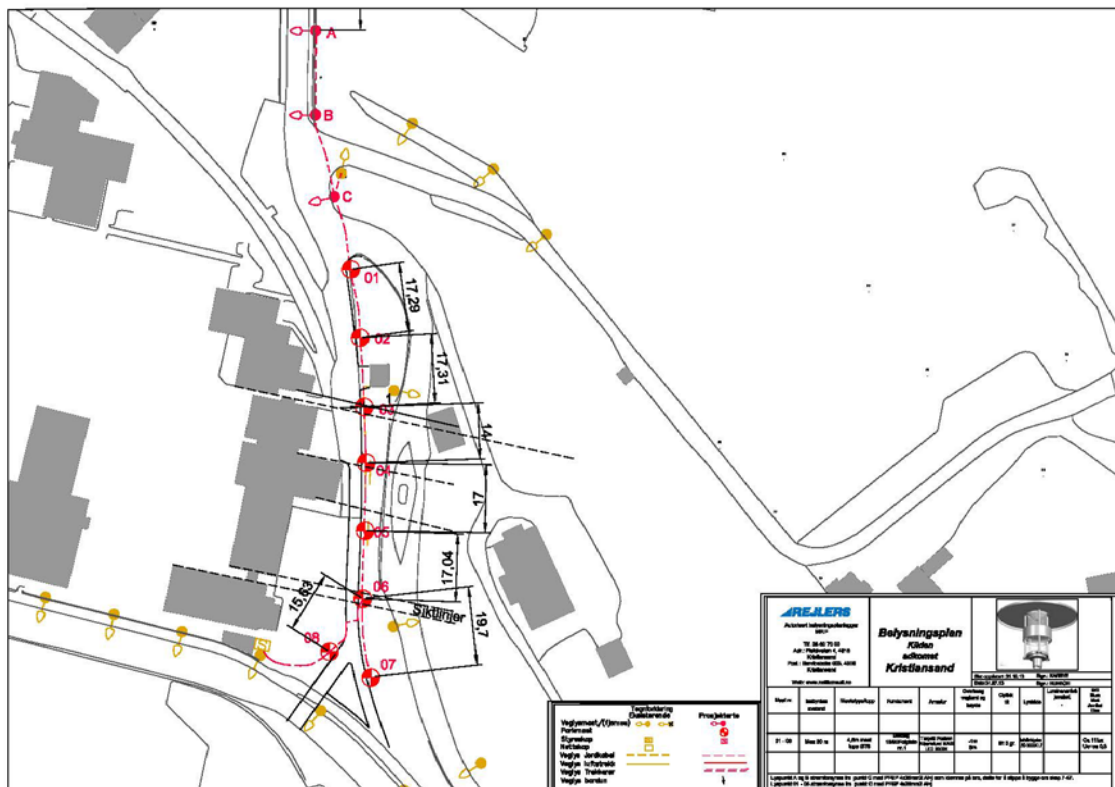


*Før-bilde fra prøveområdet med Kilden i bakgrunnen, kun strølys fra tilgrensende vei, mange mørke kroker. Personer synes som silhuetter.*

## Belysningsplan for prøveområdet

Etter at valg av armatur var foretatt, jfr testprosedyren, ble det utarbeidet en optimalisert belysningsplan med valgt armatur. Det ble spesielt tatt hensyn til smug og skyggevirking av nærliggende bygninger. En har dermed forsøkt å unngå slagskygger og unødvendig mørke partier nær vegen.

Masterekkas plasseres langs en gangvei med markeringsbehov for å hjelpe publikum til å velge rett vei for retur fra Kilden til byen. Områdets bruk og beskaffenhet setter også store krav både til estetikk og synlighet.



## Evaluering av prøveprosjektet:

Systematisk, subjektiv evaluering etter befaring 14.2.14:

- Lysmengde: Meget bra, oppleves som riktig vs. prosjektets problemstilling og prøveområdets krav til å markere «veien til Kilden». Tilfredsstiller prosjektets krav.
- Blending: Akseptabelt, ikke ubehagelig, men lyset kan neppe være særlig sterkere/mer konsentrert enn dette. Tilfredsstiller prosjektets krav.
- Jevnhet: Svært god, noe en måtte forvente med såpass tett mastestavstand. Dette henger også sammen med mastehøyde på 4.5 m. pluss armatur. Tilfredsstiller prosjektets krav.
- Ansiktsgjenkjenning: Befaring viser god ansiktsgjenkjenning over det meste av strekningen, unntatt på et kort strekk; mellom en og to meter i gitt posisjon nær lysmast. Tilfredsstiller prosjektets krav.
- Lysspredning til sideterreng (SR): Lyset sprer jevnt og godt til sideterreng, kroker og smug. Tilfredsstiller prosjektets krav.
- Lysfarge: (3000 K) Ok. lysfarge, men kan ikke være kaldere. Som forventet en god fargegjengivelse. Tilfredsstiller prosjektets krav
- Energi: Noe høyt pr. armatur (108 W). I tillegg høyere mastetetthet i prøveområdet enn ved normalsituasjon, jf behov for opplysning av kroker og kroker ved bygninger. Opplysning av ansikter (halvsylindrisk belysningsstyrke) med LED gir jf. testing behov for indirekte belysning, og dermed økt energiforbruk for å nå tilfredsstillende belysningsnivå. Tilfredsstiller prosjektets krav under tvil, men energi er prøveprosjektets svakeste punkt.
- Estetikk: Armaturen er meget pen om dagen (kanskje litt stor, mener noen) og gir særlig fin markering av gangakse når det er mørkt. Gir en god og ønsket «lampeeffekt», men uten den blandingen som er problemet med mange «lamper» med synlig lyskilde. Rent visuelt er kanskje mastehøyden noe cm for høy, men dette gir også bedre jevnhet på lyset. Tilfredsstiller både prosjektets og prøveområdets spesielle krav.

Konklusjon: Prosjektet har lyktes med å etablere en belysning der krav til både trygghet (ansiktsgjenkjenning, belysning av sideterreng) ivaretas sammen med en rekke andre kriterier. I prøveprosjektet er det i tillegg til belysningstekniske krav, også særlige krav til estetikk og markering av gangakse, noe prosjektgruppa vurderer som godt ivarett. Prøveprosjektets svake side er energiforbruk, men i en normalsituasjon uten så mange tilgrensende smug, vil eksempelvis valgt armatur kunne plasseres med større mastestavstand enn i prøveprosjektet, og også versus de fleste sammenliknbare armaturer.



*Bilde fra prøveområdet med ny armatur.*

God ansiktsgjenkjenning langs det meste av strekningen, og godt opplyst sideterreng og smug.

## Objektiv evaluering av prøveprosjektet: Lysmålinger

Med tilgjengelig måleutstyr er det mulig å måle:

horizontal belysningsstyrke  $E_h$ , vertikal belysningsstyrke  $E_v$  og halvromlig belysningsstyrke  $E_{hs}$ .

I prøveområdet er målt horisontal og vertikal belysningsstyrke.

Målingene er utført i henhold til SVV Hb 264 kap 4.2.2 samt NS-EN 13201-4:2004 «Metoder for måling av belysningens ytelse», se vedlegg B.

Målingene viste at kravene tilfredsstilles, se vedlegg B.

# Forslag til belygningsnormal

## Anbefalte kombinasjoner for områder med kun fotgjengere og saktegående trafikk:

Tabell S.1

Veitype	Belysnings-klasse	Halvsyl. belysn. styrke	Surround Ratio(SR)	Avskjerm-klasse	Blendings-klasse	TI% max	Mast høyde	Kelvin grader	Mastetyper
G-s vei/ parkvei i by m/ ekstern blending	S2	ES5	>0,5	G4	D5	20	4 - 6	3000- 3500	Pulverlakkert stål
G-s vei/ parkvei u/ ekstern blending	S4	ES7	>0,5	G6	D6	15	4 - 6	3000- 3500	Pulverlakkert stål
G-s vei i skog Lysløype i skog	S4 <i>*Se note</i>	ES7	>0,5	G5	D5	15	6 - 9	3000- 4500	Impr furu/ pulver- lakkert stål

\*Note: Normalkrav for spillemidler fra kulturdepartementet til lysløype er belygningsklasse II jf. NS-EN 12193:2007. Denne rapporten mener at belygningsklasse S 4 er tilstrekkelig (for barmarksesongen), jf. at løypene normalt lokaliseres til arealer uten ekstern blending.

## Prosjekteringsanvisning:

Alle belygningsklasser skal økes ett trinn dersom

- Veien har sideområder som er vesentlig sterkere belyst, eller har kraftige blendingskilder i periferien, eller
- Veien har stor andel syklister og/eller rulleskibrukere som forventes å holde høy hastighet (>30km/t)
- Veien krysser andre belyste veier. Gjelder kun krysningspunktet og nær dette.

Ved kombinasjoner av kriteriene a) til c) kan klassen økes med to trinn (S2 går til CE2).

Belygningsklassen kan vurderes redusert med ett trinn dersom alle påfølgende krav oppfylles:

- ingen av kriteriene a) til c) tilstede,
- ekstern blending er neglisjerbar,
- TI er <10%,
- Ra-indeks er bedre enn 60 og
- S/F-faktoren (S/P på engelsk) dokumenterbart er bedre enn 1,5

Andre krav og anvisninger:

- For armaturer med LED-lyskilder med master på 6m eller lavere, kreves indirekte eller diffusert belysning. Direktestråling fra LED-elementene aksepteres ikke, og store lysende flater er å foretrekke.



- Det kan benyttes LED eller keramisk metallhalogen som lyskilder. Andre lyskilder må godkjennes spesielt.
- Armaturer med LED-lyskilder kan kreves prøvemontert og testet for bl. a blending og ansiktsgjenkjenning, med befaring og faglig vurdering av kompetent personell.
- Armaturvalg og masteplassering skal gi god belysning av mørke kroker og kanter nær veien.
- SVV Hb 264 kap 2.5.3 tabell 2.9 definerer grenseverdier for ekstern blending i belyningsnormalens tabell S.1.
- For underganger og trapper gjelder vesentlig strengere krav (Nevnes i etterfølgende rapporter, men er ikke videre behandlet i normalen her).

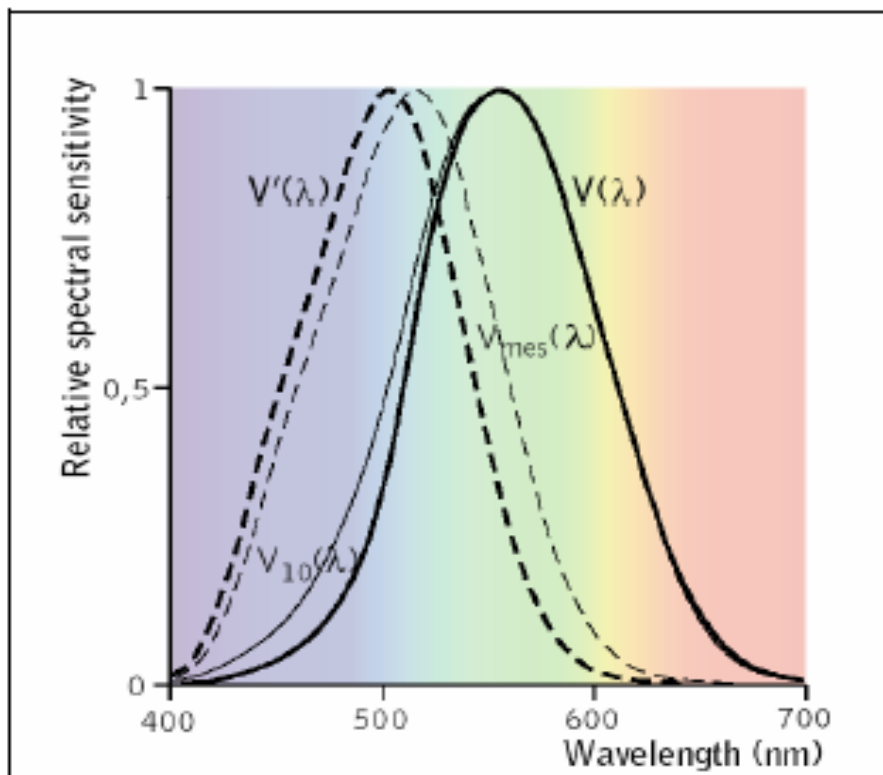
----- 000 -----

## Ordliste:

Adaptasjon	Øyets tilpasning til omgivelsenes gjennomsnittlige luminansnivå i et definert område foran observatøren. Viktig parameter for bl a tunnellbelysning og for ubehags- og fysiologisk blending. Se også "kromatisk adaptasjon".
Akkomodasjon	Evne til fokusering av synet på både langt og kort hold. Evnen avtar med alder og i svakt lys.
Armatur	Innretning som lyskilden plasseres i. Den festes ofte på vegg, i tak eller i toppen av mast og kan inneholde lyskildeholder, reflektor og/eller skjerm for styring av lyset, teknisk forkoplingsutstyr for dampplamper og LED etc.
Almenbelysning	Belysning som skal dekke grunnleggende behov. Motsetning: Effektbelysning
Armaturblendingstall	Betegnelsen for hvor mye en armatur blander, på bakgrunn av utstråling nær horisontalplanet.
Blending	Uønsket lys som treffer øyet, kan være ubehagelig og kan redusere synligheten av det vi ønsker å se. Vi skiller mellom ubehagsblending og synsnedsettende (fysiologisk) blending. Direkte innsyn i armaturer og skarpe lyskilder uten tilstrekkelig avskjerming kan gi sterk ubehagsblending. I f eks idrettsbelysning er begrensning av ubehagsblending svært aktuelt. Blendingsbegrensning etter UGR-metoden gir blendingsverdier (GR-verdier) som helst skal være under 50. For fysiologisk blending, se kontrastreduksjon. Faren for blending øker generelt også med høyere kelvingrad (blåere lys) og med observatørens alder.
Belysningsstyrke	Mengde lys (lumen) som treffer en flate normalt. Måles i lux (lumen pr kvadratmeter).
Candela, lysstyrke	Lysutstråling i en bestemt retning. Grunnenhet for lysstyrke
CEN/TR	Comité Européen de Normalisation, den europeiske standardiseringskomite, TR står for Teknisk Rapport fra denne komiteen
CIE	Comité International d'Éclairage, den internasjonale belysningstekniske komite
Cos phi	Cosinus for vinkelen mellom strøm og spenning i en krets. Bør ligge rett under 1,0.
Dimming	Reduksjon i lysytelse visse tider for å spare energi eller oppnå andre fordeler
Fargegjengivelse	Se $R_a$ -index
Fargetemperatur	Se "Kelvingrad".
Fotopisk syn	Synsprestasjoner under normale dagslysforhold, god innendørsbelysning etc, dvs over 3 cd/m <sup>2</sup> . Farger oppfattes normalt og de fleste innendørs belysningsanlegg er prosjektert etter normer som bygger på disse forholdene.
GR-blending	CIE publikasjon 112 og NS-EN 12193:2007 (idrettsbelysning) omtaler Glare Rating og beregningsmåte. GR er et bearbeidet forholdstall mellom anleggets belysning og lys fra omgivelsene. Et GR-tall på 50 er bra, 55 regnes som akseptabelt på lite viktige arenaer.
Hvitt lys	Under 5000 K er glødelampelys hvitreferanse (3000 K), over 5000 K er dagslyset (D65-6500 K) hvit-referanse.
Illuminans	Samme som belysningsstyrke. Enhet: lux

Induksjonslampe	Lyskilde med innvendig antenne som inducerer et felt som gir lys via et medium. Ekstremt lang levetid, men fysisk stor, dyr og lite brukt.
IP-grad	Klassifisering av armaturers kapslingsgrad (beskyttelse mot fremmedlegemer og fuktighet). Første siffer angir beskyttelse mot fremmedlegemer 0 – 6, andre siffer angir beskyttelse mot fuktighet mellom 0 – 8. Eksempel: IP65 er støvtett og tåler enkel spyling.
Jevnhet	Angir forskjellene i belysningsstyrke og/eller luminans for en representativ del av installasjonen. Det stilles alltid krav om jevnhet. Kravene er oftest uttrykt i middelverdi dividert på minimumsverdi.
Kelvingrad	Dss fargetemperatur. Under 3000K oppfattes som varmt, hvitt lys, og over 5000K oppfattes kaldt (blålig hvitt) for et lysadaptert øye ved lave nivåer. Ved høye luminansnivåer (sollys midtsommer, 100 000 lux) kan 10 000 K oppfattes som nøytralt hvitt. Jo lavere luminansnivå, jo lavere fargetemperatur (=rødligere lys) oppfatter vi som hvitt. Ved "veilysnivåer" dvs ca 5 lux, føles "varmt" lys (under 3300 K) mest behagelig (ref Bjørset & Hansen: Lysteknikk kap 11.6.1).
Kompaktlysrør	Oftest det samme som sparepære, se denne. Sokkelen kan variere og forkoplingsutstyret kan ligge i armaturen.
Kondensator	Innretning som kan dempe radiostøy og justere cos phi for en lyskilde
Kontrast	Negativ kontrast oppleves når et objekt (person, dyr, gjenstand) er mørk mot lys bakgrunn. Positiv kontrast finner vi når objektet er lyst mot mørk bakgrunn. Fargekontrast har vi når luminansnivået er høyt nok til at øyet er lysadaptert, og vi har farge på objektet forskjellig fra bakgrunnen. Nullpunkt er der det ikke er noen forskjell/kontrast mellom objekt og bakgrunn. Ulykker kan oftere inntreffe der kontrastforholdene er dårlige (som nullpunktet).
Kontrastreduksjon	Blending kan forårsake sløringsluminans som gir kontrastreduksjon og gjør det vanskelig å se detaljer. Graden av denne fysiologiske, synsnedsettende blendingen beregnes og måles i % TI (Threshold Increment - terskelverdi) og bør være lav, helst under 10 %.
Kromatisk adaptasjon	Øyets tilpasning til omgivelsenes gjennomsnittlige fargetemperatur. Alle lyskilder i alle farger avgir tilsynelatende hvitt lys så lenge vi ikke ser lyskilden direkte, og vi ikke har andre referanser (belyst av andre lyskilder) i synsfeltet.
Lampe	I innendørsbelysning brukt i betydningen armatur, i veibelysning brukt i betydningen lyskilde. Uttrykket bør unngås pga forvekslingsfare.
LED-lys	LED (Light-Emitting Diode) Diodelys, er en moderne lyskilde under sterk utvikling. Kraftig og tildels villedende markedsføring har skapt noe urealistiske forventninger til denne gode lyskilden som også har sine svakheter. Styrke: Lang levetid, høy virkningsgrad, tilpasningsmuligheter og små dimensjoner. Svakheter: Blendings-problematikk, dårlig cos phi ved demping, pris, varmeavledning etc.
Lumen	Enhet for lysytelse (lysfluks). Definert som intensitet (cd) x romvinkel (sr). Angis for alle lyskilder og benyttes som inndata i lysberegninger.
Luminans	Utstrålt lys fra en kilde, eller reflektert lys fra en flate, slik at det kan oppfattes av øyet. Måles i Candela pr kvadratmeter.
Lux	Enhet for lys som treffer en flate normalt. Brukes for horisontal, vertikal, halvromlig, halv sylindrisk belysningsstyrke etc. Luxnivå: se belysningsstyrke.
Lys	Elektromagnetisk stråling i det synlige bølgelengdeområdet 380 – 780 nm. Lys kan også defineres som utsendelse av fotoner. Et foton er i kvantemekanikken en energikvant av elektromagnetisk stråling og dermed kan man grovt si det er en «lyspartikel».
Lysfarge	Se "Kelvingrad".
Lyskilde	Innretning som sender ut lys, vanligvis tilkoplek elektrisitet. Det fins en overveldende rekke typer, i veilysteknikken brukes mest damplamper av type natrium, kvikksølv og metallhalogen. Kvikksølvlamper fases nå ut pga forurensningsfare og dårlig virkningsgrad. Glødelamper fases ut pga høyt strømforbruk. Diodelyskilder (LED) er kommet på markedet de siste årene og blir etterhvert aktuelle alternativer. Lyskildene må plasseres i en armatur for å ha praktisk nytte.
Lyspære	Folkelig uttrykk for lyskilde, oftest av typen glødelampe
Lysutbytte	Forholdet mellom utstrålt lysmengde (lumen) og tilført elektrisk energi (watt). Angis i lumen pr watt og kan omhandle hele armaturen med forkoplingsutstyr og avskjerminger, eller bare lyskilden. For det normale lysadapterte øyet (fotopisk) er det maksimale spektrale lysutbyttet 613 lm/W ved en bølgelengde på 555 nm hvor øyet har sin maksimale følsomhet. For det nattadapterte øyet (skotopisk) er maksimal følsomhet 1700 lm/W forutsatt monokromatisk lys med bølgelengde 507 nm. Ferdsl i utendørs i bynære områder etter mørkets frambrudd gir oftest mesopiske synsforhold, dvs en mellomting mellom de to førstnevnte.

Mesopisk syn	Synsprestasjon under forhold som ligger mellom fotopisk og skotopisk, se disse. Mesteparten av synsopplevelsen utendørs etter mørkets frambrudd foregår under slike forhold.
NS-EN	Norsk Standard – Europeisk Norm
Overheng	Horisontal avstand mellom armatur og veikant. Negativ når armaturen henger utenfor veien.
Purkinjes fenomen	Når belyningsstyrkenivået synker til svært lave verdier, øker øyets følsomhet for blått lys.
R <sub>a</sub> -indeks	Indeks for fargegjengivelse. >90 er meget bra, >60 er akseptabelt til kontorarbeid, >20 er akseptabelt til grovindustri. Både dagslys og glødelamper har Ra=100. Jfr "Hvitt lys".
S/F-forhold	Forholdet mellom lysytelse under skotopiske og fotopiske forhold, se disse. Høyt S/f-forhold antas å bidra til at omgivelsene virker lysere, selv om det ikke er direkte målbart. I anvendelsen av mesopisk fotometri benyttes lyskildens S/F-forhold. S/F-forholdet er forholdet mellom utsendt lysfluks avledet fra den skotopiske V'(λ) og utsendt lysfluks avledet fra den fotopiske V(λ). Jo høyere S/F-forhold lyskilden har, desto høyere er dens lyseffektivitet ved mesopisk beregning.
Skotopisk syn	Synsprestasjon under svært svake lysforhold, under 0,01 cd/m <sup>2</sup> . Det menneskelige øye er her fargeblindt, og mer følsomt for blått lys enn under lysere omgivelser.
Sløringsluminans	Forstyrrende lys som kan forringe synsprestasjonen. Forstyrrelsen kalles sløringsluminans.
Sparepære	Lyskilde konstruert som et mini-lysrør. Kan ha god fargegjengivelse og rimelig lang levetid. Pga stor lysende flate er lyset vanskelig å dirigere, og lysutbyttet er noe mindre enn hos natrium og metallhalogenlyskilder. Blendingsmessig ofte bra.
SR	Surround Ratio, lys til omgivelsene. Defineres ofte som en 5m bred stripe langs veien, der en ikke skal ha mindre enn 50% av belyningsstyrkenivået som er på veien.
UGR-blending	UGR (Unified Glare Rating) beskrives i CIE:s-publikasjon nr 117-1995. UGR beregnes på grunnlag av en rekke parametere. I praksis er UGR på 13 svært bra og UGR på 28 på grensen til utålelig. UGR-beregning brukes mest for innendørs anlegg.
Virkningsgrad	Forholdet mellom netto lysytelse fra armaturen (etter tap i reflektorer og skjermer) og lyskildenes lysytelse. <0,5 er svært dårlig, >0,85 er svært bra. Se også "Lysutbytte".
V(λ)-kurven (se nedenfor)	Den tradisjonelle kurven som beskriver øyets lysfølsomhet i det fotopiske området. I det mesopiske området kalles tilsvarende kurve V <sub>mes</sub> (λ) og i det skotopiske heter den V'(λ).



V(λ)- V<sub>mes</sub>(λ) og V'(λ).kurvene



## Vedlegg A:

### Utdrag fra CIE-rapporter

Disse tekniske rapportene overlapper hverandre på en del områder, og noe er irrelevant for vårt prosjekt. Rapportene er skrevet av medlemmer av CIEs ulike tekniske komiteer, som består av de beste eksperter og forskere fra en lang rekke land. Vi har tatt med et utdrag av de mest relevante anbefalingene.

### **CIE 115:2010 - Veibelysning for motorisert trafikk og forgjengere**

Rapporten er en oppdatering av en grunnleggende rapport fra 1995, og angir hovedtrekkene av belysningsklasser og –nivåer. Rapporten behandler dimming og behovsstyring av belysningen, dette var ikke mulig å gjøre på tilsvarende måter ved forrige utgave av rapporten. Videre er de generelle anbefalte belysningsnivåene noe redusert i CIE 115:2010, noe som gjenspeiler større oppmerksomhet på miljøet og nyere forskningsresultater. Det henvises for øvrig ofte til CIE 136-2000 som inneholder flere detaljer, mens de viktigste tabeller med nivåer etc bør hentes fra CIE 115:2010.

Interessant er bl a Figur C.1. som viser sammenhengen mellom belysningsnivå, observatørens alder og opplevd synsnedsettende blinding. Synsnedsettende blinding øker dramatisk med alder og det øker også kraftig med reduksjon av luminansnivået på veien. Belysningssituasjonene er delt i klasser: M-klasse for motorisert trafikk (MEW i SVVHb264), C (CE i SVVHb264) for konfliktområder og P for fotgjengere (pedestrians) som tilsvarer S-klassene i SVV Hb264

### **CIE 136-2000 - Rettledning til belysning av bymessige områder**

Denne rapporten er mer relevant for oss, fordi den i stor grad omhandler sykkel- og gangveier og stier. I tillegg tar den for seg en del statistikk som viser lønnsomheten ved å belyse de ulike veitypene. Videre sies en del om miljø og estetikk, mastetyper, dimensjoner og farger som vi ikke går nærmere inn på her. Rapporten er likevel så gammel at LED-problematikken ikke er spesielt behandlet. De nye anbefalingene i NS 11005:2011 (UU-kravene) er heller ikke hensyntatt.

Kapittelinnledning og tabeller refererer seg til den engelske originalrapporten.

#### **Kapittel 2.4.1 Gangveier og stier**

Her behandles svært sentrale elementer. Det gjelder gangveier mellom p-plasser og butikker eller rekreasjonsområder, stier mellom boligområder og samlingssteder/lekeplasser og gangveier gjennom parker.

Grunnlaget for belysning i disse situasjonene er bl.a.:

- Å gjøre det mulig for fotgjengere å se hindringer eller ujevnheter i veidekket der man går
- Å gjøre fotgjengere i stand til å kjenne igjen andre brukere av området tilstrekkelig tidlig til å vurdere disse personenes hensikter (vennlig eller fiendtlig) og ta de nødvendige forholdsregler når det er nødvendig
- Å legge grunnlag for et attraktivt område som vil tiltrekke folk og tillate dem å benytte områdets fasiliteter komfortabelt og trygt.

Tabell U2.2 angir disse verdiene for gangveier og stier (vedlikeholdte verdier):

	Eh gjsnitt	Eh minimum	E halvsylindrisk min
Parker i boligområder	5 lux	2 lux	2 lux
Bykjerner	10 lux	5 lux	3 lux
Uderganger og gjennomganger	10 lux	5 lux	10 lux

Verdiene for horisontal belyningsstyrke Eh gjelder tvers over gangveien og 5m ut til hver side.

De halvsylindriske belyningsstyrkeverdiene gjelder i begge langsretninger parallelt med gangveien.

### Kapittel 2.4.2 Fotgjengeroverganger (gangfelt)

Dette temaet er rimelig godt dekket opp i SVV Hb264 kap 3.9, og vi tar her kun med et utdrag fra CIE 136-2000:

Tabell U2.3

<b>Krav til belysning av gangfelt:</b>	Eh gjennomsnittlig	Eh minimumsverdi
Handelsområder og industriområder	30 lux	15 lux
Boligområder	20 lux	6 lux

(Det bemerkes at SVV Hb264 generelt krever minst 15 lux for gangfelt.)

Den gjennomsnittlige horisontale belyningsstyrken må ikke være mindre enn 1,5 ganger nivået på kjøreveien. For komplekse situasjoner med blandet trafikk kan nivåer opp til 50 lux være påkrevet. Det er ellers god overensstemmelse mellom CIE-rapporten og SVV Hb264 vedr prinsipper for belysning av gangfelt.

### Kapittel 2.4.3 Fotgjengertrapper og ramper/repos.

Fra tid til annen vil trapper og repos være en del av gangveier. Det stilles da spesielle krav til synlighet av disse, samt hindringer og ujevnheter. Her er vertikal belyningsstyrke også viktig.

Tabell U2.4

<b>Krav til belysning av trapper og repos:</b>	Eh gjennomsnittlig	Ev gjennomsnittlig
Trapp opptrinn		<20 lux
Trapp inntrinn	>40 lux	
Repos	>40 lux	

Det må være en markert forskjell mellom belyningsstyrkeverdiene for opptrinn og inntrinn for å sikre tilstrekkelig kontrast til å forbedre synligheten.

#### Kapittel 2.4.4 Sykkelstier.

Sykkelstier krever spesiell oppmerksomhet, spesielt ved kryssinger, ettersom en syklist må orientere seg og navigere gjennom varierende trafikk i all slags vær i rimelig høy hastighet uten beskyttelse og tekniske hjelpemidler, under svært ulike lysforhold. Synsforholdene kan til tider være ekstremt vanskelige.

En syklist må kunne se:

- Grensen mellom sykkelstien og kantsteinen
- Skarpe kurver, humper og faste hindringer
- Gjenstander på veibanen slik som steiner og greiner
- Hull og sprekker i asfalten
- Posisjonen og farten til andre brukere av stien
- Kryssing av veier med annen type trafikk

Sykkelstienes plassering i en by kan være svært varierende, som langs hovedinnfartsårer, langs mindre veier, langs kanaler og elver, eller totalt separert fra andre transportruter slik som gjennom parker og gjennom åpne eller skogkledde marker. Hver situasjon må vurderes individuelt og en må vurdere hensiktsmessigheten i å evt bruke lyset fra en nærliggende vei for sykkelstien.

Tabell U2.5

<b>Nødvendig belysning av sykkelstier</b>	Eh gjennomsnittlig	Jevnhet min/gj.snitt
Rette strekninger	3 lux	0,3
Rette strekninger med veier ved siden	5 lux	0,3
Kryssing av andre veier	10 lux	0,3

Det anbefales at nivået for kryssing opprettholdes minst 100m til hver side av kryssingen. Ved alle slike kryssinger må lyset på hovedveien økes med minst 50% 100m til hver side for kryssingen dersom trafikkenes fartsgrense er 50 km/h og 160m for fartsgrenser opp til 100km/h.

Er kryssingen på en ellers svakt eller ubelyst sykkelsti, benyttes nivåene over, og nedtrapping skjer med maks en faktor på 0,5 pr 10m inntil en når et nivå på 0,1 cd/m<sup>2</sup>.

Blending på sykkelveier forårsakes oftest og mest alvorlig av motkommende kjøretøyer på veier i nærheten. Er det ingen belysning på sykkelstien, øker problemet, og det kan bli nødvendig å sette opp tette gjerder eller beplantninger mellom veiene. Blending fra lyskilder som belyser sykkelstien kan kontrolleres ved å bruke mastehøyder over 4m og avskjermede armaturer.

I parker kan det være nødvendig å velge belysningsutstyr som står i stil til annet utstyr i parken. I slike tilfeller kan rundtstrålende armaturer montert på mastetopp rettferdiggjøres siden en dermed kan oppnå ønsket belysning av omkringliggende beplantninger, plener og trær.

#### Kapittel 2.4.6 Fotgjenger- og sykkelunderganger.

Underganger for fotgjengere og syklist er vanligvis en del av byens transportnettverk, og tilstrekkelig belysning må være på plass på grunn av det potensielt store trygghets- og sikkerhetsbehovet. Det viktigste behovet belysningen må fylle, vil være å tillate fotgjengere og

syklister å gjenkjenne andre brukere av undergangen, samt å avgjøre i god tid om vedkommende har vennlige eller fiendtlige hensikter. Siden underganger og tunneler er avgrensede områder hvor flukt fra en fiendtlig person kan være vanskelig, må det legges spesiell vekt på de sikkerhetsmessige behov.

Tabell U2.7 Belysningsbehov for fotgjenger- og sykkelunderganger:

Kun fotgjengere og syklister	Eh gj.snitt	Eh minimum	Esc minimum
Dag	100 lux	50 lux	30 lux
Natt	30 lux	15 lux	10 lux

Reflektansen fra vegger og tak i underganger og tunneler må ikke være mindre enn 0,5 og må vedlikeholdes på dette nivå.

### Kap 3.2 (b) Formel for blendingsberegning

I boligområder og områder med vesentlig fotgjengertrafikk vil følelsen av ubehagsblending for fotgjengere og syklister vanligvis skyldes lyset fra en individuell lysarmatur nær observatørens direkte synsretning. Dette er spesielt tydelig i områder der det benyttes lave master med armaturer på toppen.

For forskjellige lyspunkthøyder anbefales derfor ulik avblending, sterkere avblending ved lavere lyspunkthøyder. CIE 136-2000 gjengir en formel med utgangspunkt i de lysende flatene på armaturer, og hvor sterkt disse lysende flatene lyser. Null utstråling i alle vinkler 90 grader på vertikalplanet gir alltid akseptable verdier.

### (c) Modellering

Grad av behagelig og akseptabel belysning blir vanligvis bedømt etter hvor «naturlige» folk ser ut. Dette er et mål på modelleringen av deres framturen. De må ha verken for mye eller for lite kontrast, begge deler kan forvrengte utseendet både av mennesker og arkitektoniske trekk i omgivelsene.

Studier har vist at forholdet mellom vertikal (Ev) og halvsylindrisk (Esc) belysningsstyrke kan gi gode føringer for modellering. Det anbefales derfor at Ev/Esc bør være mellom 0,8 og 1,3.

Dette forholdet i belysningsplanlegging kan nokså enkelt integreres i en generell lysberegning for slike områder, der fotgjengere og deres omgivelser må tillegges spesiell vekt.

## CIE 150:2003 - Rettledning til begrensning av uønsket lys fra utendørs lysinstallasjoner

Denne rapporten har status som tilråding og anbefaling. En forventer ikke nasjonale standarder med pålegg etter denne rapporten. Spesielt interessant er kap 2.7.5 «Anbefalte maksimalverdier av lystekniske parametere for kontroll av uønsket lys». Det skiller på 4 ulike omgivelings-soner (Environmental Zones) E1 – E4, der E1 har de strengeste krav, og omfatter i utgangspunktet mørke landskaper, som nasjonalparker og boligområder med forbud mot utelys. Veier er ubelyste. E2 og E3 har enklere krav, mens E4 er bystrøk, boligstrøk og industriområder med høy nattlig aktivitet og dermed mye bakgrunnsbelysning.

Tabeller 2.2 til 2.4 angir tillatt belyningsstyrke i ulike situasjoner, som målte verdier Ev mot vinduer, maksimum installert lysstyrke, maksimum blending, maksimum opplys mot himmelen og maksimum belysning av fasader og reklameskilt.

## CIE 191:2010 - Anbefalt system for mesopisk fotometri basert på synsytelse.

Det nye mesopiske systemet beskriver spektral lyseffektivitet  $V_{mes}(\lambda)$  i det mesopiske området som en lineær kombinasjon av den fotopiske funksjonen  $V(\lambda)$  og den skotopiske funksjonen  $V'(\lambda)$  og etablerer en gradvis overgang mellom disse to funksjonene over det mesopiske området.

I anvendelsen av mesopisk fotometri benyttes lyskildens S/P-forhold. S/P-forholdet er forholdet mellom utsendt lysfluks avledet fra den skotopiske  $V'(\lambda)$  og utsendt lysfluks avledet fra den fotopiske  $V(\lambda)$ . Jo høyere S/P-forhold lyskilden har, desto høyere er dens lyseffektivitet ved mesopisk beregning.

### Tabell U2.8

Typiske lyskilder for veilys vist som illustrative eksempler i CIE Teknisk Rapport 191:

Lyskilde	S/F - forhold
Høytrykksnatrium	0,6
Metallhalogen varmhvit	1,2
LED kald hvit	2,1
Metallhalogen dagslys	2,4

Det ser ut til at en i framtida kan redusere kravene i S-serien noe, dersom fargegjengivelse ( $R_a > 60$ ) og S/F-forhold kan bedres. Blendingskravene må samtidig få økt oppmerksomhet.

I tillegg til dette har nyere forskning vist at de hvitere lyskildene har en fordel i den perifere delen av synsfeltet når det gjelder objektoppdagelse.

## CIE 206:2014 – Effekten av spektral lysfordeling i bymessige og fotgjengerdominerte områder.

Denne rapporten ventes å bli vedtatt i løpet av 2014. Det den omhandler er så vesentlig og sentralt for våre tema, at vi velger å referere et kort utdrag. Når rapporten foreligger, vil den bli å få kjøpt i sin helhet fra CIE sentralt og fra Lyskultur i Norge. Det er foreløpig ingen planer om oversettelse til norsk.

Her må først defineres **fotopisk**, **mesopisk** og **skotopisk** syn.

- Fotopisk syn er syn under tradisjonelle nivåer over  $3 \text{ cd/m}^2$
- Mesopisk syn er syn under lavere nivåer, fra  $0,01 - 3 \text{ cd/m}^2$  (fra «veilysnivå» til utkanten av belyste områder utendørs), kan kreve betydelig adaptasjon av synet i forhold til dagslys etc.
- Skotopisk syn er syn under de laveste nivåer fra  $10^{-3} \text{ cd/m}^2$  og ned til  $10^{-6} \text{ cd/m}^2$ . Hos mennesker er skotopisk syn uten farger, og vi kan trenge opptil 30 minutter i tilnærmet totalt mørke før adaptasjon til disse lave verdiene er nådd.

Ferdsl utendørs etter mørkets frembrudd gir oftest mesopiske synsforhold.

«Purkinjes fenomen» beskriver en flytting av maks lysfølsomhet til kortere bølgelengde (blåere lys) ettersom belyningsnivået synker mot skotopisk område. Typisk fra 550 nm til 500nm. Dette gjør at blåere lys kan oppfattes som klarere, men også mer blendende enn vanlig glødelampelys. Økt blending fra blått lys gjelder i særlig grad eldre pga naturlige forandringer i øyet.

En finner også at med økende S/F-forhold (skotopisk/fotopisk) dvs når lyskilden gir forholdsvis mer synlig lys under skotopiske forhold, så oppfattes omgivelsene generelt lysere ved samme belyningsstyrkenivåer enn med lavere S/F-forhold. Dette gjelder også observatørers mulighet til å oppfatte f eks hindringer i veien eller gjenstander i veikanten som begge bedres med økende S/F-forhold uten tilsvarende økning i belyningsstyrke, jevnhet eller andre parametere.

Fotgjengernes trygghetsfølelse er også relatert til omgivelseslyset. Trygghetsfølelsen synes å øke med økende lysnivå (opp til gjennomsnittlig  $E_{hor} = 30$  lux) og med utskifting til lys som gir bedre fargegjengivelse og har høyere S/F-forhold.

Når det gjelder ansiktsgjenkjenning og oppfattelse av omgivelsene er dette uklart og lite utforsket, men en mener at lyskildens fargegjengivelsesegenskaper i tillegg til S/F-forholdet er viktige her.

Basert på disse funnene er det mulig å redusere belyningsstyrken i langs gang- og sykkelveier ved å benytte lyskilder som har et høyt S/P-forhold og høy fargegjengivelsesindeks. Hvis høytrykk natrium lamper brukes som referanse, vil belyningsstyrken kunne reduseres slik som vist i tabellen nedenfor:

Tabell U2.9 – Fotopisk belyningsstyrke i S-klassene, hvor natrium høytrykk (NaH) er referanselyskilde

S-klasse	Fotopisk horisontal belyningsstyrke (lx) med NaH	Fotopisk belyningsstyrke(lx) for $R_a \geq 60$ according to S/P-ratio of lamp											
		S/P-ratio											
		0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
S1	15,0	15,0	14,7	14,4	14,1	13,8	13,5	13,3	13,0	12,8	12,5	12,3	12,1
S2	10,0	10,0	9,8	9,5	9,2	9,0	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9	7,7	7,6
S3	7,5	7,5	7,3	7,1	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6	5,4
S4	5,0	5,0	4,8	4,6	4,4	4,3	4,1	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4
S5	3,0	3,0	2,9	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8
S6	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1

NOTE: For lamper med  $R_a \geq 60$  kan den fotopiske luminansen reduseres ved høyere S/P-forhold. De angitte verdiene gir lik mesopisk belyningsstyrke i følge det anbefalte CIE-systemet for mesopisk fotometri forutsatt gjennomsnittlig luminanskoeffisient  $q_{av} = 0,07$  og forutsatt at referanselyskilden er NaH.

## Vedlegg B:

### Målerapport (tilnærmet etter NS-EN 13201-4)

#### B.1 Generell informasjon

Stedets navn	Gangvei mot Kilden
Måledato	13.mars 2014
Tid for måling	Kl 20.30 – 21.00
Navn på personell	Kåre Bye

#### B.2 Geometriske data

Se skisse og flyfoto
----------------------

#### B.3 Vegens overflatedata

Type veidekke	Asfalt
Alder veidekke	Ca 10 år
Observasjon av veidekkets tilstand	Tørt

#### B. 4 Lyskilde- og armaturdata

Luminaire type 1	Identification	Targetti Poulsen Albertslund Maxi LED
	Intensity table number	n/a
	Tilt (degrees)	0,0
	Mounting height (m)	4,5
	Age	Nytt
	Date last cleaned	1.3.2014
	Mounting method	På rett mast
Lamps in luminaire type 1	Other data	Indirekte belysning 4325 lm
	Type	
	Power (W)	108
	Age	Nytt
	Number	1
	Ballast	LED
	Dimming method	n/a

#### B. 5 Strømforsyning

Gjennomsnittlig spenning under måling	<b>228V</b>
Laveste spenning under måling	<b>228V</b>

#### B. 6 Omgivelsenes beskaffenhet

Beskaffenhet	Start	Slutt
Vær	Tørt, oppholdsvær	Tørt, oppholdsvær
Temperatur	+ 4 °C	+ 4 °C
Sikt	3 km	3 km
Vegoverflate	Tørr	Tørr

#### B. 7 Installasjonens tilstand

Geometri	Ensidig
Tilt	Null grader
Vedlikeholdstilstand	Nytt utstyr
Tilleggsbelysning	Fasadebelysning på nærliggende bygninger
Uønskede skyggende objekter	Små trær, neglisjerbart
Andre forhold vedr installasjonen	Se skisse

### B. 8 Måleinstrumenter

Meter type	Fabrikat	Modell	Instr. nummer	Kalibreringsdato	Sertif.myndighet
Hor.illuminans	Hagner	E4-X	4260	1.1.2014	SEMKO
Vert.illuminans	Hagner	E4-X	4260	1.1.2014	SEMKO
Volt	Elma	BM257	132200517	1.6.2013	n/a

### B. 9 Målefelt (sidefelt og hovedfelt) horisontal illuminans, verdier i lux, målehøyde 0 meter

	S3	S2	S1	H6	H5	H4	H3	H2	H1	S1	S2	S3	
8m	7,9	8	9,1	9	9	10	11	11	11	11	10	10	Midt m/m
6m	11	12	13	14	15	16	14	14	14	14	14	13	
4m	14	16	17	20	20	22	18	17	17	18	18	17	
2m	17	20	22	25	25	28	22	20	20	22	22	21	
0m	20	24	26	31	32	34	26	23	24	26	27	25	V.mast

Mastavstand 16 meter, avstand mast – kantstein 0,5 meter grid langs vei 2 meter, grid på tvers 0,5 meter

Måleområde: 2 gjeldende siffer

### B. 10 Målefelt (hovedfelt) vertikal illuminans, verdier i lux målehøyde 1,5 meter

			H5	H4	H3	H2	H1					
		8Sm	9,1	9,7	10,5	11,2	12	Midt m/m				
		8Nm	9	9,5	10	10,5	11	Midt m/m				
		4Sm	7,4	7,8	8,2	8,6	9					
		4Nm	6,4	6,9	7,4	8,9	8,5					
		0Sm	5,9	6	6,2	6,3	6,5	V.mast				
		0Nm	3,9	4,1	4,4	5,1	5,9	V.mast				

Mastavstand 16 meter, avstand mast – kantstein 0,5 meter grid langs vei 4 meter, grid på tvers 0,75 meter

Måleområde: 2 gjeldende siffer, målt nordover(N) og sørover (S).

Tolking:

Krav til **horisontal belyningsstyrke** (10 lux) jfr tabell B9 overholdes med god margin (19,25 lux)

Multiplisert med vedlikeholds faktor på 0,8 får vi 15,4 lux i gjennomsnitt.

Krav til jevnhet er minimum 3 lux, vi målte minimum 9 lux, fratrukket vedlikehold gir 7,2 lux, så det er meget bra.

Krav til **vertikal belyningsstyrke** for P2 (S2) er etter CIE 115:2010 kap 9.5 tabell 7 lik 3 lux.

Vi måler et minimum på 3,9, det gir 3,12 med vedlikeholds faktor, altså er kravet imøtekommet, dog med litt mindre margin.



## Henvisninger og referanser:

Følgende dokumenter har vært benyttet som underlag for denne rapporten:

- Statens Vegvesen Håndbok 264 Teknisk planlegging av Veg- og gatebelysning utgave 2008
- Statens Vegvesen Håndbok 237 Veg- og gatelys Veiledning 2002
- Statens Vegvesen Håndbok 017 Veg- og gateutforming 2008
- Lys på stedet, Utendørsbelysning i byer og tettsteder, veileder fra Samferdselsdep. m fl
- Norsk Standard NS 11005:2011 Universell utforming av opparbeidede uteområder
- CEN/TR 13201-1:2004 Vegbelysning Del 1:Valg av belysningsklasser
- NS-EN 13201-2 Vegbelysning Del 2 Ytelseskrav
- CIE 115:2010 Lighting of roads for motor and pedestrian traffic
- CIE 136:2000 Guide to the lighting of urban areas
- CIE 150:2003 Guide to the limitation of effects of obtrusive light from outdoor lighting installations
- CIE 191:2010 Recommended system for Mesopic Photometry based on Visual Performance
- CIE 206:2014 – The effect of special power distribution on lighting for urban and pedestrian areas
- Nettkonsult: Posebyen i Kristiansand, LYSPLAN 2005
- REJLERS: Veilysnormal Offentlig veibelysning i 5 kommuner 2012
- Wanvik: Mesopisk fotometri, notat mars 2014 (ikke utgitt foreløpig)

Referansedokumentasjon EN og NS samt CEN kan kjøpes og lastes ned fra Standard Norge.

CIE-rapporter kan kjøpes og lastes ned fra CIE sitt nettsted.

Statens Vegvesen sine håndbøker kan lastes ned gratis fra Statens vegvesen sine hjemmesider

Lys på Stedet kan lastes ned fra [www.Regjeringen.no](http://www.Regjeringen.no)

Lyskultur gir informasjon om hvor de ulike dokumentene kan skaffes.