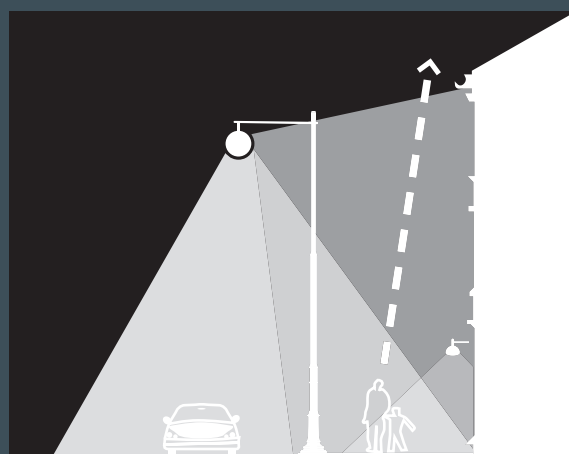
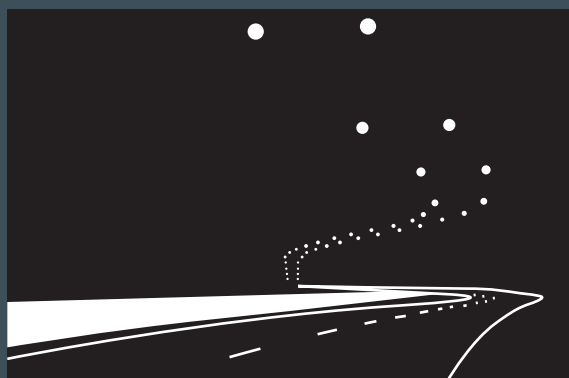




Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning

VEILEDNING

Håndbok V124



Statens vegvesens håndbokserie får nye nummer fra 1. juni 2014.

Håndbøkene i Statens vegvesen er fra juni 2014 inndelt i 10 hovedtema der hvert tema får sin unike 100-nummerserie. Under hvert hovedtema er håndbøkene, som før, gruppert etter normaler, retningslinjer og veiledninger. Håndbøkene får oppdaterte kryssreferanser til de andre håndbøkene i samsvar med det nye nummereringssystemet.

Se håndboksidene (www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker) for mer informasjon om det nye nummereringssystemet og dokument-speil som viser oversikt over nye og gamle nummer.

Det faglige innholdet er uendret. Det er kun håndboknummeret på forsiden og kryssreferanser som er endret. Nye håndboknummer influerer ikke på gyldigheten av separate kravdokumenter, som for eksempel rundskriv, som er tilknyttet håndbøkene med den gamle nummerserien.

Denne håndboken erstatter etter omnummereringen håndbok 264, Teknisk planlegging av veg- og gatebelysning, 2013.

Vegdirektoratet, juni 2014

Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning

Håndbøker i Statens vegvesen

Dette er en håndbok i Statens vegvesens håndbokserie. Vegdirektoratet har ansvaret for utarbeidelse og ajourføring av hånd-bøkene.

Denne håndboka finnes kun digitalt (PDF) på Statens vegvesens nettsider, www.vegvesen.no.

Statens vegvesens håndbøker utgis på to nivåer:

Nivå 1: ● **Oransje** eller ● **grønn** fargekode på omslaget – omfatter *normal* (oransje farge) og *retningslinje* (grønn farge) godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.

Nivå 2: ● **Blå** fargekode på omslaget – omfatter *veiledning* godkjent av den avdeling som har fått fullmakt til dette i Vegdirektoratet.

Teknisk planlegging av veg-og tunnelbelysning
Nr. V124 i Statens vegvesens håndbokserie

Forside: Siv.ark. Knut Selberg

ISBN: 978-82-7207-665-7

Forord

Denne veiledningen omhandler teknisk planlegging av veg-, gate- og tunnelbelysning. Trafikksikkerhet er den viktigste grunnen til at belysning settes opp. Dette gjelder spesielt veger hvor det ferdes gående og syklende langs kjørebanen, veger med store trafikkmengder, i vegtunneler og veger med fartsgrense 100 km/t.

Krav til belysning på nye veger, og utformingskrav til belysningsanleggene, er gitt i håndbok N100 Veg- og gateutforming. Krav til tunnelbelysning er gitt i håndbok N500 Vegtunneler. Håndbok R310 Trafikksikkerhetsutstyr definerer material- og funksjonskrav til trafikkutstyr.

I denne veilederen er tekst, figurer og tabeller som finnes som krav i vegnormalene angitt med grå bakgrunn for å skille kravene fra veiledningen. Vegnormalene har to nivå av krav: skal og bør. Hvem som har myndighet til å fravike de ulike kravene er beskrevet i vegnormalene.

Vegdirektoratet

Lars Erik Hauer

14.10.2013

Innhold

1	Veg- og gatebelysning – behov og virkning	7
1.1	Formål	7
1.2	Effekter av vegbelysning	7
1.3	Vegbelysningens nytte og kvalitet	9
2	Belysningsklasser	13
2.1	Vegdekker	13
2.2	Generelle krav for belysningsklasser	15
2.3	Belysningsklasser for veger, gater og områder	16
2.3.1	Overgangssoner	17
2.4	Belysningsklasser for gang- og sykkelveger	18
2.5	Blending	19
2.5.1	Ubehagsblending (blendingsklasser)	19
2.5.2	Avskjermingsklasser	20
2.5.3	Blending fra andre belysningsanlegg	21
3	Etablering av vegbelysningsanlegg	23
3.1	Krav om belysning	23
3.2	Belysning av eksisterende veg	24
3.3	Valg av belysningsklasse	25
3.4	Belysning av områder og kryss	26
3.4.1	Vegkryss	26
3.4.2	Ferjeleier	27
3.4.3	Parkeringsplasser	27
3.4.4	Rasteplasser	27
3.5	Belysning av sideveger, avkjørsler og busslommer når hovedvegen er belyst	28
3.5.1	Sideveger og avkjørsler	28
3.5.2	Busslommer	28
3.6	Belysning av sideveger, avkjørsler og busslommer når hovedvegen er ubelyst	28
3.6.1	Sideveger	28
3.6.2	Avkjørsler	29
3.6.3	Busslommer	29
3.7	Miljøgater	29
3.8	Belysning av gang- og sykkelveger	29
3.9	Belysning av gangfelt	30
3.9.1	Intensivbelysning	30
3.9.2	Forsterket belysning	32
3.9.3	Drift og vedlikehold	32

4	Utforming av vegbelysningsanlegg	33
4.1	Lysberegninger	34
4.1.1	Luminansberegninger	35
4.1.2	Beregning av belysningsstyrke	36
4.2	Lysmålinger	37
4.2.1	Måleforhold	37
4.2.2	Måling av belysningsstyrke	38
4.2.3	Måling av luminans	39
4.3	Master og fundamenter	39
4.3.1	Master	39
4.3.2	Krav til ettergivenhet	40
4.3.3	Masteplassering	40
4.3.4	Lyspunkthøyde	44
4.4	Armaturer	46
4.4.1	Krav til armaturer	46
4.4.2	Forkoblingsutstyr	47
4.5	Lyskilder	48
4.6	Levetid	51
4.7	Gruppeskiftintervall og vedlikeholdsfaktor	52
5	Elektrotekniske krav	53
5.1	Kraftforsyning og fordelingsnett	53
5.2	Systemspenning	54
5.3	Energimåling	54
5.4	Fordeling	54
5.5	Veglyskabler	56
5.6	Jordingsanlegg	56
5.7	Oppføringskabel	57
5.8	Stolpeinnsats	57
5.9	Fotocelle	57
5.10	Selektivitet	57
6	Styring av belysningsanlegg	59
6.1	Sentral eller lokal styring?	59
6.2	Tekniske løsninger	60
6.3	Krav til styring av vegbelysningsanlegg	61
7	Rehabilitering av belysningsanlegg	63
8	Energibruk	65
8.1	Energieffektive lyskilder	65
8.2	Energieffektive armaturer	66
8.3	LED	67

9	Tunnelbelysning	69
9.1	Krav om belysning i tunneler	69
9.2	Krav til belysningen i tunneler	70
9.3	Monotoni, trøtthet, epilepsi, tunnelangst	77
9.4	Symmetrisk lys, motlys eller medlys	77
9.5	Lyskilder og armaturer	79
9.6	Nødbelysning	81
9.7	Drift og vedlikehold	83
9.8	Lysberegninger og lysmålinger	84
	Litteratur, referanser, standarder m.v.	85
	Vedlegg:	
	Vedlegg 1: Terminologi	87
	Vedlegg 2: Dokumentasjon	91
	Vedlegg 3: Samsvarserklæring	94
	Vedlegg 4: Eksempel på lysberegning av intensivbelyst gangfelt	97
	Vedlegg 5: Standard utforming av fordelingsskap	113
	Vedlegg 6: Teknologi for lysstyring	120

1 Veg- og gatebelysning - behov og virkning

1.1 Formål

Veg- og gatebelysning har ett hovedformål: trafiksikkerhet. Det settes opp belysning for at det skal bli færre ulykker som skyldes vanskelige synsforhold på den mørke tiden av døgnet. Framfor alt ønsker man å beskytte fotgjengere og syklister, som ofte påføres store personska-der ved ulykker. Erfaringer og statistiske undersøkelser viser at god belysning reduserer faren for slike ulykker vesentlig. Samtidig skal veg- og gatebelysningen ikke forbruke mer energi enn nødvendig. Derfor skal behovet for belysning først bedømmes ut fra ulykkesrisikoen. Derne- st vurderer man hvilke tekniske løsninger som tilfredsstiller belysningsbehovet med lavest mulig energiforbruk – til en akseptabel kostnad.

1.2 Effekter av vegbelysning

For motorkjøretøy er ulykkesrisikoen i mørket ca. 1,5 – 2 ganger så høy som i dagslys. Risiko- økningen i mørke er størst for de alvorlige ulykkene. Den er også større for unge førere enn for andre aldersgrupper og den er større for fotgjengere enn for personer som ferdes med mot- orkjøretøy. Risikoøkningen i mørke er særlig stor for fotgjengere som krysser vegen på ube- lyst eller dårlig belyst veg i regnvær. Det gjelder også fotgjengere som krysser i dårlig belyste gangfelt.

Trafiksikkerhetshåndboka angir vegbelysningens virkning på ulike ulykkestyper på ulike typer veger.

Tabell 1.1: Vegbelysningens virkninger på ulykker i mørke.

Kilde: TØI Trafikksikkerhetshåndboka 2009 (Engelsk utgave)

Alvorlighet	Type ulykke	Beste estimat (%)	95 % konfidens-intervall (%)
Alle typer veger sett under ett			
Dødsulykker	Alle typer	-60	(-62, -57)
Personskade			
	Alle typer	-23 -14 ¹⁾	(-34, -11) (-23, -4) ¹⁾
Materielle skader	Alle typer	-16	(-23, -10)
Veger utenfor tettbygd strøk			
Dødsulykker	Alle typer	-87	(-98, -34)
Personskader	Alle typer	-26 -14 ¹⁾	(-51, +10) (-57, +71) ¹⁾
Materielle skader	Alle typer	-27	(-62, +40)
Personskader	Kryssulykker	-22	(-28, -15)
Materielle skader	Kryssulykker	-30	(-39, -20)
Veger i tettbygd strøk			
Dødsulykker	Alle typer	-43	(-61, -15)
Personskader	Alle typer	-29	(-34, -23)
Materielle skader	Alle typer	-14	(-20, -8)
Dødsulykker	Fotgjengerulykker	-78	(-88, -62)
Personskader	Fotgjengerulykker	-50	(-57, -43)
Personskader	Kryssulykker	-40	(-51, -27)
Materielle skader	Kryssulykker	-32	(-47, -13)
Motorveger			
Personskader	Alle typer	-13 -4 ¹⁾	(-31, +8) (-32, +35) ¹⁾
Uspesifisert	Påkjøring bakfra	-20	(-36, 0)
Uspesifisert	Utforkjøring	+44	(-2, +110)
Uspesifisert	Kryssulykker	-41	(-64, -5)

1) Kontrollert for publikasjonsskjevhet

Vegbelysning innvirker også på andre faktorer, som for eksempel framkommelighet, trivsel, trygghetsfølelse, kriminalitet og estetikk. I nytte-/kostnadsberegninger, tar man imidlertid som regel bare med ulykkeskostnadene. Nyten veies mot kostnadene til investeringer, drift og vedlikehold.

Basert på en rekke rapporter angir Trafikksikkerhetshåndboka også virkningen på ulykker i mørke av å øke belysningsnivået på strekninger med dårlig belysning, se tabell 1.2.

Tabell 1.2: Virkningen på ulykker i mørke av å øke belysningsnivået.

Kilde TØI: Trafikksikkerhetshåndboka 2009 (Engelsk utgave)

Alvorlighet	Tiltak	Beste estimat (%)	95 % konfidensintervall (%)
Personskader	Dobling av nivået	-8	(-20, +6)
Materielle skader	Dobling av nivået	-1	(-4, +3)
Dødsulykker	5-dobling av nivået	-50	(-79, +15)

1.3 Vegbelysningens nytte og kvalitet

Belysningen skal hjelpe førerne til å takle:

- posisjonelle oppgaver (holde riktig kurs og riktig sideveis plassering)
- navigasjonelle oppgaver (finne fram til bestemmelsesstedet)
- situasjonelle oppgaver (som oppstår uventet)

De posisjonelle oppgavene er grunnleggende. Det er viktig at føreren ser vegkantene og vegens videre forløp. Vegoppmerking, kantreflekser, ledelys eller vegbelysning kan bidra til dette. Dersom de posisjonelle oppgavene er for krevende, blir også de navigasjonelle og situasjonelle oppgavene vanskelige å takle.

De navigasjonelle oppgavene blir enklere dersom skilting og kryssutforming er godt synlig.

De situasjonelle oppgavene blir enklere hvis hele vegområdet er belyst, slik at andre kjøretøy, fotgjengere eller hindringer i kjørebanelen blir synlige. Foranliggende konfliktområder må være synlige i god nok tid.

Vegoppmerking, kantreflekser, ledelys og vegbelysning er tiltak som må vurderes i sammenheng og ut i fra hvilke synsoppgaver som er mest kritiske med tanke på trafikksikkerheten.

Noen forhold er særlig viktige for at belysningen skal få god ulykkesreducerende virkning:

Luminansnivå og luminansjevnhhet

På veger hvor det ferdes fotgjengere og syklister er det behov for god og jevn belysning. Spesielt ved vått vegdekke og mye møtende trafikk vil god vegbelysning hjelpe bilførerne til å oppdage myke trafikanter i tide. Behovet er spesielt stort på steder hvor fotgjengere krysser vegen. Dette omtales nærmere i kapittel 3.9.

Eldre mennesker trenger mer lys enn yngre for å få en god synsopplevelse. Evnen til å tilpasse seg skiftende lysnivåer avtar også med alderen.

Ved et vegbelysningsanlegg vil vegens faktiske luminansnivå variere med skiftende vær- og føreforhold. Luminansnivået vil også være avhengig av om vegdekket er mørkt eller lyst. Det vil derfor være gunstig å kunne regulere og tilpasse belysningen til disse skiftende forholdene.

Belysning i vegens sideområder

En av hensiktene med vegbelysning er å lage en lys vegoverflate som objekter vil synes godt imot. Det settes også krav til belysningen på hver side av vegen, i en bredde på mellom en halv kjørebanebredde og 5 m (tabell 2.3). Grunnen er at objekter i vegkanten, spesielt der vegen går i kurve, vil sees med vegens sideområde som bakgrunn. Det samme gjelder øvre del av høye objekter i vegbanen. Når vegens sideområde er belyst, vil det også være lettere å oppdage for eksempel mennesker og dyr som er på veg ut i kjørebanen.

Kontraster

For at bilføreren skal kunne oppdage en hindring i kjørebanen, må hindringens luminans være forskjellig fra bakgrunnens. Kontrasten uttrykkes som forskjellen mellom hindringens og bakgrunnens luminans dividert på bakgrunns luminansen.

Bakgrunnens luminans har stor betydning for hvor lyst objektet trenger å være for å bli sett. Dersom bakgrunnen er svært lys, er det lettere å oppdage en fotgjenger eller hindring som er mørk (negativ kontrast). Dette er det vanlige prinsippet for vegbelysning.

Dersom bakgrunnen er mørk, er det lettest å oppdage en fotgjenger som er lyst kledd eller godt opplyst (positiv kontrast). Det er derfor vanskelig å sikre en god kontrast mellom ulikt kledde fotgjengere og en bakgrunn som også har variabel og uforutsigbar belysning. Lys fra møtende kjøretøy vil også påvirke kontrasten.

Fordi det er vanskelig å sikre gode kontraster som synliggjør fotgjengere og syklist, er det nødvendig å ha et høyt lysnivå der hvor det ofte er konflikt mellom ulike trafikantgrupper.

Ved intensivbelysning av gangfelt ønsker man å oppnå en positiv kontrast, se kapittel 3.9.1.

Lysfarge

Fargen på vegbelysningen angis ved lysets spektralfordeling, eller ved lysets evne til å gjengi farger. Hvis fargegjengivelsen er god, er det som regel lettere å se fotgjengere og hindringer i vegen. Hvitt lys har vanligvis best fargegjengivelse. Dette omtales nærmere i kapittel 4.5.

Blending

Vegbelysningsanlegg som er utformet etter gjeldende krav gir lite blending. Men blending fra andre lyskilder langs vegen, og direkte eller reflektert lys fra møtende trafikk, kan være et problem for trafiksikkerheten. Hvis belysningsnivået på vegen økes, vil virkningen av blendingen bli redusert. Blending er nærmere omtalt i kapittel 2.5.

Vegdekker

Et mørkt vegdekke gir dårligere synsbetingelser under kjøring i mørke enn et lyst dekke. Mørke dekker krever høyere belysningsstyrke for å oppnå samme luminansnivå som lyse dekker. Tette, glatte og speilende vegdekker kan gi mye blinding og dermed dårligere trafikksikkerhet enn mer åpne og grove dekker. Vegdekker er nærmere omtalt i kapittel 2.1.

Visuell føring

Vegbelysningen vil bidra til å synliggjøre vegens videre forløp, noe som kan gi bedre trafikksikkerhet.

Ledelys langs vegkanten vil også gi bedre optisk leding i mørket. Selv om ledelysene kan føre til økt fart, vil de redusere faren for utforkjørings- og møteulykker. Ledelysene bidrar imidlertid lite til å synliggjøre myke trafikanter, slik vanlig vegbelysning gjør. En fartsøkning vil derfor føre til høyere ulykkesrisiko for fotgjengere og syklister. På veger med gang- og sykkeltrafikk bør vi derfor ikke bruke ledelys.

2 Belysningsklasser

Den belysningstekniske kvaliteten i et vegbelysningsanlegg beskrives ved hjelp av belysningsklasser, se kapittel 2.2. Til hver belysningsklasse settes det krav til følgende egenskaper:

- belysningsnivå:
 - gjennomsnittlig luminans fra kjørebane (L_m)
 - gjennomsnittlig belysningsstyrke (E_m)
- belysningens jevnhet:
 - total jevnhet på tørt (U_o) og vått vegdekke (U_{ov})
 - langsgående jevnhet på tørt vegdekke (U_l)
- synsnedsettende blanding (TI)
- belysning av omgivelsene (SR)
 - forholdet mellom belysningsstyrken utenfor og på kjørebane

Følgende faktorer er også avgjørende for belysningsanleggets kvalitet:

- lyskilde (type, effekt, fargetemperatur, fargegjengivelsesindeks og brenntid)
- armatur og forkoplingsutstyr (lysfordeling, virkningsgrad)
- geometri (vegbredde, masteavstand, lyspunktthøyde og lyspunktets avstand fra kantlinja)
- vegdekke (refleksjonsegenskaper)

2.1 Vegdekker

Vegdekkets refleksjonsegenskaper har direkte betydning for både luminansnivå og jevnhet. Det må derfor tas hensyn til dette ved dimensjonering av vegbelysning.

Tørre vegdekker deles inn i to dekkeklasser C1 og C2, der C1 er et lyst dekke tilsvarende betong og C2 er et normalt mørkt asfaltdekke.

For å gi tilstrekkelig lys i perioder med vått vegdekke, er det gitt et tilleggskrav for beregning av totaljevnheten på vått vegdekke. Når det er fuktig eller vått på vegbanen, vil en generelt få høyere gjennomsnittlig luminans. Jevnheten på langs vil være ganske god, men den totale jevnheten blir dårlig fordi speiling fører til at områder på tvers av vegen i forhold til armaturen vil reflektere lite lys i retning av trafikanten.

Våte vegdekker deles inn i fire dekkeklasser etter speilingsgrad: W1 er minst speilende og W4 er mest speilende. Den speilende vannfilmen er avhengig av dekkets struktur og strukturens dybde, fordi dette bestemmer hvordan dekket dreneres.

Refleksjonsegenskapene beskrives av den gjennomsnittlige luminanskoeffisient Q_0 , speilingsfaktor S1 og fotometriske data for hver dekkeklasse (r-tabell). Disse er definert og beskrevet av CIE, den internasjonale belysningskommisjonen, i publikasjonene: CIE 47: 1979 Road lighting for wet conditions og CIE 66: 1984 Road surfaces and lighting.

Vegdekkets refleksjon kan også beskrives ved luminanskoeffisienten i duffus belysning Q_d , som er beskrevet i CIE 144: 2001 Road surface and road marking reflection characteristics i tillegg til Q_0 .

Q_d er også en gjennomsnittlig luminanskoeffisient, men beregnet med mindre vekt på speilende belysning og derfor med en lavere verdi enn Q_0 .

Q_d har de fordeler framfor Q_0 at verdien kan bestemmes med håndholdte måleapparater og at verdien av ofte er et bedre uttrykk for vegdekkets refleksjon.

Tabell 2.1: Dekkeklasser med faktorer for refleksjonsegenskaper

Dekkeklasse	Visuelt inntrykk	S1 grenser	S1 standard	Q_0 normal	Q_0 tørr
C1	Tørt, lyst	$\leq 0,4$	0,24	0,1	
C2	Tørt, mørkt	$\geq 0,4$	0,97	0,07	
W3	Vått	-			0,097 ¹⁾
W4	Vått	-			0,104 ¹⁾

1) Ved beregning av luminans benyttes r-tabell for vått dekke skalert med faktoren $Q_0 \text{ normal}/Q_0 \text{ tørr}$

- Ved luminansberegninger skal dekkeklasse C2 benyttes.
- Når et vegdekke er vesentlig lysere enn disse verdiene tilsier, kan dekkeklasse C1 (for eksempel betong) eventuelt de reelle verdiene for S1 og Q_0 , benyttes til å skalere refleksjonstabellen (r-tabellen) for klasse C2. Det forutsettes da at vegen også i framtiden får et vegdekke med minst like gode refleksjonsegenskaper. En beregning med klasse C2 bør utføres for sammenligning.

Trafikk med sommerdekk har en tendens til å komprimere vegdekket slik at en større andel av steinene blir dekket av bitumen. Strukturen blir da grunnere og mer speilende. Piggdekk øker derimot strukturdybden og blottlegger lysere steinpartikler som bryter vannfilmen, noe som lysteknisk sett er gunstig.

Det har vist seg at det er vanskelig å finne noen tydelig sammenheng mellom et vegdekkets egenskaper i tørr tilstand og dets W-klasse. De fleste vegdekker er mer eller mindre speilende i våt tilstand.

For å beskrive vegdekket i våt tilstand brukes dekkeklasse W4.

Når det benyttes vegdekker som er mindre speilende i våt tilstand enn tilsvarende W4, er jevnheten U_{ov} (se tabell 2.3) høyere enn det som fremgår av beregningen.

2.2 Generelle krav for belysningsklasser

Det er utarbeidet ulike belysningsklasser for forskjellige veger, gater og områder. Disse er beskrevet i NS-EN 13201-2 Vegbelysning-Del 2: Ytelseskrav. Ulike dimensjoneringsklasser for veger og gater er beskrevet i håndbok N100 Veg- og gateutforming

For norske forhold gjelder følgende belysningsklasser:

MEW: For veger og gater med fartsgrense 40 km/t og høyere

CE: For veger og gater med fartsgrense 30 km/t samt for områder med korte synsstander (for eksempel kryss) eller andre faktorer som gjør det umulig å benytte MEW-klasse

S: For gang- og sykkelveger

Ved dimensjonering av belysningen skal man foreta beregninger som dokumenterer at kravene i den aktuelle belysningsklassen er oppfylt.

Kravene til luminans og belysningsstyrke er gitt til opprettholdt nivå over anleggets levetid. Anlegget må derfor (over)dimensjoneres slik at kravene er tilfredsstilt selv etter at designet/ installert nivå er redusert med en vedlikeholdsfaktor som gir rom for lystilbakegang i lyskilde og armatur og lystilbakegang på grunn av tilsmussing. Vedlikeholdsfaktoren som inngår i lysberegningene bør ikke settes høyere enn 0,80, men den kan settes lavere dersom valgte belysningsutstyr og vedlikeholdsstandard tilsier det, se kapittel 4.7.

Vedlikeholdsfaktoren som inngår i lysberegningene bør ikke settes høyere enn 0,80.

Håndbok 100 Veg- og gateutforming

Det kan tas hensyn til at lysfluksen og lystilbakegangen for noen lyskilder er svært temperaturavhengig, og at fotometridata er angitt for en bestemt temperatur, vanligvis 25 °C. LED-baserte armaturer gir gjerne høyere lysfluks og lengre levetid ved temperaturer lavere enn 25 °C, mens andre lyskilder gjerne gir lavere lysfluks ved lavere temperatur enn 25 °C. Det kan i noen tilfeller, for eksempel i tunneler tas hensyn til dette ved dimensjoneringen av anlegget. I andre tilfeller kan dette tas hensyn til når anlegget dimmes.

Tabell 2.2: Belysningsklasser med tilsvarende lysnivåer

Gjennomsnittlig luminans i cd/m ²		2	1,5	1	0,75	0,5			
Klasser	CE0	MEW1 CE1	MEW2 CE2	MEW3 CE3 S1	MEW4 CE4 S2	MEW5 CE5 S3	S4	S5	S6
Gjennomsnittlig belysningsstyrke i lux	50	30	20	15	10	7,5	5	3	2

2.3 Belysningsklasser for veger, gater og områder

Håndbok N100 Veg- og gateutforming

Der vegbelysning etableres skal belysningsklassene i MEW-serien brukes på veger og gater med fartsgrense 40 km/t eller høyere, se tabell 2.3.

Til hver MEW-klasse er det satt krav til gjennomsnittlig luminans (L_m), total jevnhet (U_o), langsgående jevnhet (U_l), synsnedsettende blending (TI), total jevnhet på vått dekke (U_{ov}) og belysning av omgivelsene (SR).

Tabell 2.3: Belysningsklasser i MEW-serien for veger og gater med fartsgrense 40 km/t eller høyere

Klasse	Kjørebanens luminans				Syns- nedsettende blending	Belysning av omgivelsene
	Tørr tilstand			Våt tilstand	Tørr tilstand	
	Lm i cd/m ² (minimum opprettholdt nivå)	U_o (minimum)	U_l (minimum)	U_{ov} (minimum)	TI i % (maksimum)	SR ¹⁾ (minimum)
MEW1	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW2	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,50
MEW4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,50
MEW5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,50

¹⁾ Dette kriteriet benyttes bare der hvor det ikke er noe tilstøtende trafikkareal med egne krav (f. eks. fortau)

Kjørebanens luminans er resultatet av belysningen av vegen, vegdekkets refleksjonsegenskaper og observasjonsretningen. Observasjonsbetingelsene er beskrevet i kapittel 4.1 og gjelder vegstrekninger med sikt lengde 60 m – 180 m. Gjennomsnittlig luminans (L_m) gjenspeiler det generelle luminansnivået på vegen foran føreren. Ved så lave lysnivå som i vegbelysning forbedres synsforholdene med økende luminans, fordi kontrastfølsomheten og synsskarpheten øker og blendingen blir mindre.

Total jevnhet (U_o) er et mål på variasjonen i luminans og indikerer hvor godt veibanen fungerer som en bakgrunn for vegoppmerking, gjenstander og andre trafikanter.

Langsgående jevnhet (U_l) er et mål på synligheten av gjentatte mønster av lyse og mørke felt på veien. Kravet er mest relevant for lange uavbrutte og belyste vegstrekninger. Det er ikke påvist noen direkte sammenheng mellom langsgående jevnhet og trafiksikkerhet, men dårlig langsgående jevnhet over en lang strekning oppleves av mange førere som ubehagelig og slitsomt.

Terskeløkningen (TI) indikerer at selv om veibelysningen forbedrer de visuelle forholdene kan den også gi synsnedsettende blending i en grad som avhenger av type armatur, lampe og geometrisk situasjon.

Belysning av kjørebane alene er utilstrekkelig for å synliggjøre vegens nærmeste omgivelser og trafikanter ved vegkanten. Kravene til belysning av omgivelsene (SR) gjelder bare der det ikke er trafikkarealer ved siden av vegen som har egne belysningskrav (for eksempel fortau).

Belysningsklassene i CE-serien skal brukes i konfliktområder og for gater/veger med fartsgrense 30 km/t, se tabell 2.4.

Håndbok N100 Veg- og gateutforming

Øvrige krav:

- Det kan vurderes å gå opp en belysningsklasse i følgende områder:
 - i konfliktområder, som gangfelt og viktige og kompliserte kryss
 - på strekninger med vanskelige trafikkforhold
 - på strekninger med mange myke trafikanter eller forstyrrende lys fra omgivelsene
- Det bør ikke være større forskjell enn to relevante belysningsklasser mellom tilstøtende områder
- Belysningen bør dimmes i tidsrom hvor det er mindre belysningsbehov (for eksempel sent på natten), med mindre levetidskostnadsanalyser (LCC-analyser) viser at det ikke er lønnsomt å installere et dimbart anlegg.

Eksempler på konfliktområder kan være komplekse kryss, rundkjøringer, områder med kø, ferjekaier og bomstasjoner. Dette er områder der luminansberegninger ikke kan gjennomføres i henhold til retningslinjene, dvs. der hvor observasjonsavstanden er kortere enn 60 m og hvor det er mange relevante observasjonsretninger.

Til hver CE-klasse er det satt krav til gjennomsnittlig belysningsstyrke (E_m) og belysningsstyrkens jevnhet (U_o).

Tabell 2.4: Belysningsklasser i CE-serien for konfliktområder og veger eller gater med fartsgrense 30 km/t

Klasse	Horisontal belysningsstyrke	
	E_m i lux (minimum opprettholdt)	U_o (minimum)
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

Blendingsbegrensning for CE-serien ivaretas ved å velge armaturtyper i henhold til avskjermingsklassene G1 – G6, se kapittel 2.5.2.

2.3.1 Overgangssoner

Et lysanlegg skal ikke startes eller avsluttes på trafikkmessig farlige punkter som for eksempel like før vegkryss, gangfelt, skarp sving, bakketopp, tunnel e.l.

Håndbok N100 Veg-
og gateutforming

Det skal benyttes overgangssoner for klasse MEW1, MEW2, MEW3 og for tilsvarende CE-klasser ved avslutning mot ubelyst veg. Overgangssonen bør ha et luminansnivå på ca. 0,50 cd/m² og en utstrekning på 80-200 m avhengig av fartsgrensen.

Der det beregnede luminansnivået er høyere enn 1,00 cd/m², skal det være overgangssoner ved avslutning mot ubelyst veg. Overgangssonen bør ha et luminansnivå på ca. 0,50 cd/m². Lyspunktthøyde, masteavstand og armaturens avskjerming bør beholdes uforandret.

Tabell 2.5 angir overgangssonens lengde ved ulike fartsgrenser. Overgangssonen måles fra et punkt som ligger en halv lyspunktavstand etter siste lyspunkt med fullgod belysning.

Tabell 2.5: Overgangssonens minste lengde

Fartsgrense	Overgangssonens minste lengde
50 km/t	80 m
60 km/t	100 m
70 km/t	120 m
80 km/t	140 m
90 km/t	160 m
100 km/t	200 m

2.4 Belysningsklasser for gang- og sykkelveger

Belysningsklassene i S-serien brukes for fortau, gang- og sykkelveger og andre områder som ligger separat eller langs en kjørebane, samt for gangveger, parkeringsplasser og skolegårder. Belysningsstyrken beregnes horisontalt.

Håndbok N100 Veg-
og gateutforming

Til hver S-klasse skal gjennomsnittlig belysningsstyrke (E_m) og minimum belysningsstyrke (E_{min}) være i henhold til tabell 2.6.

Tabell 2.6: Belysningsklasser i S-serien for gang- og sykkelveger

Klasse	Horisontal belysningsstyrke	
	E_m i lux (minimum opprettholdt)	E_{min} i lux (opprettholdt)
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

For alle belysningssituasjoner skal det utføres beregninger i henhold til NS-EN 13201-3 Vegbelysning-Del 3: Beregning av ytelse.

HåndbokN100 Veg-
og gateutforming

2.5 Blending

Det finnes to typer blending: Ubehagsblending og synsnedsettende blending.

Vegbelysningen skal ha en slik utforming at den ikke blander trafikantene, og det må utføres blendingskontroll for enhver belysningssituasjon. På gjennomgående veger og i enkle konfliktområder på en gjennomgående veg skal blendingskontrollen utføres ved beregning av TI i samsvar med EN 13201 – 3. Kontrollmåling av TI utføres i samsvar med EN 13201 – 4. Se krav til maksimum TI i tabell 2.3. I konfliktområder hvor det ikke er mulig å beregne TI og på gang- og sykkelveger benyttes andre mål for blending.

Ved valg av armatur, lyskilde og plassering av lyspunktene må man også ta hensyn til vegens omgivelser og naboer. Det bør unngås å lyse opp områder som ikke bør belyses. Det er også viktig å unngå atmosfærisk spredning av lyset.

2.5.1 Ubehagsblending (blendingsklasser)

Ubehagsblending gir en subjektiv følelse av ubehag, og kan virke trettende for trafikantene.

Lyspunkt klassifiseres i blendingsklasser på grunnlag av lysstyrke og størrelse. Det settes krav til blendingsklasse ved bruk av belysningsklasser i S-serien.

Tabell 2.7: Blendingsklasser D0 – D6

Blendingsklasse	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Blendingstall (maksimum i cd/m ²)	-	7 000	5 500	4 000	2 000	1 000	500

Armaturblendingstallet er $I \times A^{-0.5}$, enheten er cd/m², der

I er den maksimale lysstyrken (cd) i en hvilken som helst retning i en vinkel lik 85° fra loddlinjen
 A er det synlige arealet (m²) av den lysende delen av armaturen i samme retning, alternativt horisontalt

Når det finnes en lysintensitetstabell for armaturen, kan man beregne maksimal lysstyrke ut fra denne.

I åpne boligområder og langs gang- og sykkelveger bør det brukes armaturer i klasse D6. Der det er sammenhengende fasader, gågater og lignende kan det benyttes armaturer i klasse D5.

Det gjøres oppmerksom på at denne klassifiseringen ikke alltid er god nok til å hindre blending fra LED-armaturer, fordi LED-armaturene kan ha lav nok lysstyrke ved vertikalvinkel 85° samtidig som lysstyrken er for høy ved andre vertikalvinkler.

2.5.2 Avskjermingsklasser

Synsnedsettende blending oppstår når en lyskilde sender lys direkte i øynene på trafikanten. Lyset spres i øynene og legger seg over det skarpe bildet på netthinnen. Dette gjør at kontrasten i bildet reduseres.

Beregning av synsnedsettende blending uttrykkes som en terskeløkning (TI) angitt i prosent.

Alternativt kan det i CE-serien angis krav til avskjermingsklasser (G1 – G6) for å begrense den synsnedsettende blendingen.

Tabell 2.8: Avskjermingsklasser G1 – G6

Klasse	Maksimal lysstyrke i cd/klm			Andre krav
	Ved 70° ¹⁾	Ved 80° ¹⁾	Ved 90° ¹⁾	
G1		200	50	Ingen
G2		150	30	Ingen
G3		100	20	Ingen
G4	500	100	10	Lysstyrke over 95° ¹⁾ skal være null
G5	360	100	10	Lysstyrke over 95° ¹⁾ skal være null
G6	350	100	0	Lysstyrke over 90° ¹⁾ skal være null

¹⁾ Hvilken som helst retning som gir den spesifiserte vinkelen ut fra loddlinjen, når armaturen er montert og klar til bruk.

G1, G2, og G3 tilsvarer begrepene delvis avskjerming (semi cut-off) og avskjerming (cut-off) og gjelder for armaturer med dypttrukken skjerm. Disse avskjermingsklassene sikrer ikke mot blending fra armaturene og bør ikke benyttes på veger med biltrafikk.

G4 og G5 gjelder for armaturer med flat skjerm montert med en svak helling, der rørformede lyskilder som regel fører til mindre kraftig avskjerming (G4) enn ellipsoideformede lyskilder (G5).

G6 tilsvarer armaturer med flat skjerm montert slik at den følger kjørebanelens helning.

Tabell 2.8 benyttes også til å begrense strølys til vegens omgivelser og til atmosfæren.

2.5.3 Blending fra andre belysningsanlegg

Lyskastere på bygg og anleggsområder, belyste idrettsanlegg og lysreklamer kan gi syns- nedsettende blending. Det samme gjelder sterkt opplyste bensinstasjoner og kiosker langs vegen.

Slik blending kan beskrives direkte av sløringsluminansen L_v (cd/m²) fra sidelysanlegget. Maksimal tillatt sløringsluminans er gitt i tabell 2.9 nedenfor.

Tabell 2.9: Maksimal tillatt sløringsluminans L_v (cd/m²) fra sidelysanlegg

	Ubelyst veg	Belyst veg			
		MEW4	MEW3	MEW2	MEW1
En enkelt blendingskilde	0,025	0,04	0,06	0,09	0,12
Flere blendingskilder	0,05	0,04	0,14	0,18	0,20

Sløringsluminansen L_v kan bestemmes etter formelen

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

der E_{bl} er vertikal belysningsstyrke i observasjonspunktet
 Θ er vinkelen, i grader, mellom synsaksen og innfallsretningen for det blendende lyset

Ved bestemmelse av L_v må således vertikal belysningsstyrke og innfallsvinkel Θ måles. Observasjonsstedet legges der hvor blendingen er størst.

Blending fra sidelysanlegg kan også beregnes i lysberegningsprogram.

3 Etablering av vegbelysningsanlegg

Veg- og gatebelysning bør anlegges når innsparte ulykkeskostnader oppveier kostnadene til anlegg og drift. I den forbindelse må det også vurderes virkninger av alternative trafiksikkerhetstiltak – eller tiltak som utføres samtidig med belysningen.

Veg- og gatebelysning for andre formål enn trafiksikkerhet, for eksempel hensyn til allmenn trygghet, trivsel og miljø, er ikke en prioritert oppgave. Det er derfor ikke utarbeidet generelle behovskriterier for dette.

Statens vegvesen skal normalt forvalte og ha ansvaret for drift og vedlikehold av vegbelysningsanleggene langs sine veger.

3.1 Krav om belysning

For nye veger er kravene om belysning for de ulike dimensjoneringsklassene vist i tabell 3.1

Håndbok N100 Veg- og gateutforming

Dimensjoneringsklasser er gitt i håndbok N100 Veg- og gateutforming. Belysning av tunneler er omtalt i kapittel 9 og i håndbok N500 Vegtunneler.

Tabell 3.1: Krav til belysning på nye veger

Dimensjoneringsklasse	ÅDT ¹ (kjt/døgn)	Fartsgrense (km/t)	Vegbredde (m)	Antall felt	Krav om belysning
H1	0-12 000	60	7,5 / 8,5	2	Vegen bør belyses dersom ÅDT > 1500
H2	0-4 000	80	8,5	2	Ikke krav om belysning
H3	0-4 000	90	8,5	2	Ikke krav om belysning
H4	4 000-6 000	80	10	2	Ikke krav om belysning
H5	6 000-12 000	90	12,5	2	Vegen bør belyses
H6	>12 000	60	16	4	Vegen bør belyses
H7	>12 000	80	20	4	Vegen bør belyses
H8	12 000-20 000	100	20	4	Vegen skal belyses
H9	>20 000	100	23	4	Vegen skal belyses
Hø1	0-1 500	80	6,5	2	Ikke krav om belysning
Hø2	1 500-4 000	80	7,5	2	Ikke krav om belysning
Sa1	<1 500	50	6	2	Vegen bør belyses
Sa2	>1 500	50	6	2	Vegen bør belyses
Sa3	<1 500	80	6,5	2	Ikke krav om belysning
A1		30	3,5 / 5	2	Vegen bør belyses
A2		50	7	2	Ikke krav om belysning
A3		50	4	1	Ikke krav om belysning

¹ Angir trafikkmengden i prognoseåret (vanligvis 20 år etter forventet åpningsår)

Håndbok N100 Veg- og gateutforming

Alle veger med fartsgrense 100 km/t skal belyses.

I tillegg skal følgende steder belyses for å redusere ulykkesrisikoen i mørket:

- gangfelt
- kryssende gang- og sykkelveger
- fysisk kanaliserte kryss i hovedvegen
- rundkjøringer
- manuelle bomstasjoner
- ferjeleier
- etablerte viltkryssinger i plan med vegen, for eksempel åpninger i et viltgjerde
- gangtunneler (unntatt der det er lite ferdsel og store kostnader for framføring av strøm)
- korte strekninger (< 500 m) mellom belyste strekninger, for å få sammenheng i belysningen

Følgende veger bør belyses:

- veger med parallellført gang- og sykkelveg
- gang- og sykkelveger som ikke følger hovedvegen
- planskilte eller oppmerkede kanaliserte kryss med stor kompleksitet
- strekninger med mye kryssende vilt
- bruer med lengde ≥ 100 m uten fysisk skille mot gang- og sykkeltrafikk

Veger og gater i tettbygd strøk skal normalt ha belysning av hensyn til fotgjengere og syklister. I boligområder med liten trafikk er det hensynet til sosiale funksjoner, trivsel, tilgjengelighet og allmenn sikkerhet som er viktigst.

3.2 Belysning av eksisterende veg

Mange eksisterende veger trenger belysning på grunn av ulykker eller fordi det ferdes gående og syklende langs vegen. Ulykkesrisikoen i mørket skal legges til grunn for en beslutning om at vegbelysning skal settes opp.

I tillegg til kravene i kapittel 3.1, bør følgende strekninger vurderes belyst:

- veger med fartsgrense ≤ 60 km/t og ÅDT $\geq 1\,500$
- veger med fartsgrense ≥ 70 km/t og ÅDT $\geq 8\,000$
- veger med gang- og sykkeltrafikk hvor det ikke er gang- og sykkelveg

3.3 Valg av belysningsklasse

Belysningsklasse skal velges i henhold til tabell 3.

Håndbok N100 Veg-
og gateutforming

Tabell 3.2: Valg av belysningsklasse

ÅDT	< 1500	1 500 – 4 000	>4000
Veger med midtdeler/-rekkverk		MEW3	MEW3
Veger / gater uten midtdeler-/ rekkverk og med fartsgrense ≥ 40 km/t	MEW4	MEW3	MEW2
Veger /gater med fartsgrense 30 km/t	CE4	CE3	CE2

Ved valg av belysningsklasse gjelder generelt følgende krav:

- Man bør gå opp en belysningsklasse i følgende områder:
 - i konfliktområder, som gangfelt eller viktige/kompliserte kryss
 - på strekninger med vanskelige trafikkforhold
 - på strekninger med mange myke trafikanter eller forstyrrende lys fra omgivelsene
- Det skal ikke være større forskjell enn to relevante belysningsklasser mellom tilstøtende områder. Eksempel: En gang- og sykkelveg langs en kjøreveg må ha tilstrekkelig lys i forhold til den mye sterkere belysningen på kjørevegen.
- På strekninger med flere tunneler tett etter hverandre må det vurderes å tilpasse vegens luminansnivå om natten til luminansnivået i tunnelene.
- Man skal vurdere om belysningen kan nedreguleres i tidsrom hvor det er mindre belysningsbehov (for eksempel sent på natten). Dette er nærmere omtalt i kapittel 6. Dersom det velges å ikke installere et regulerbart anlegg, skal dette begrunnes ut fra en LCC-analyse.

Motorveger og veger med midtrekkverk har normalt et enklere trafikkmiljø enn veger uten midtdeler. Derfor angir tabell 3.2 en lavere belysningsklasse for disse vegene. Det er imidlertid grunn til å advare mot å velge et for lavt lysnivå eller nedregulere belysningen på veger med smal midtdeler og mye møtende trafikk i de mørke timene. På slike veger må man ofte kjøre med nærlys hvis man skal unngå å blende møtende trafikk, men med utilstrekkelig vegbelysning vil mange føle behov for å kjøre med fjernlys.

På veger med brede midtdelere kan man redusere blendingen fra møtende trafikk ved å legge en voll med minimumshøyde på 1,3 m over vegbanen, se håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområde. Man kan også vurdere beplantning eller en skjerming i midtrabatten for å hindre blending.

Det kan være vanskelig og kostbart å oppnå tilfredsstillende total jevnhet på våt kjørebane (U_{ov}) og langsgående jevnhet (U_l) samtidig. Ved lave fartsgrenser bør jevnhet på våt kjørebane prioriteres. På veger med fartsgrense 80 km/t eller høyere, og lite eller ingen gang- eller sykkeltrafikk, kan en legge mer vekt på langsgående jevnhet.

3.4 Belysning av områder og kryss

Det skal velges belysning fra CE-klassene i kryss med egne svingefelt, rundkjøringer, ferjeleier, bomstasjoner og eventuelt andre områder der det er nødvendig med belysning. CE-klassene kan også brukes for atkomstveger.

Håndbok N100 Veg- og gateutforming

Belysningsklassene vist i tabell 3.3 skal benyttes for områder og kryss.

Tabell 3.3: Valg av belysningsklasser CE for områder og kryss som skal belyses

Belysningsklasse	Vegkryss og rundkjøringer ¹⁾	Atkomstveger	Ferjeleier	Bomstasjoner, kontrollplasser m.v.	Bussterminaler, parkeringsplasser, torg, lommer m.m.	Gangtunneler
CE0			Oppstillingsplass med billettsalg	Manuelt betjeningsområde		Dag ²⁾
CE1	MEW1 for hovedveg		Ferjeleie/ kaiområde	Automatisk betjeningsområde		
CE2	MEW2 for hovedveg				Bussterminaler ³⁾	
CE3	MEW3 for hovedveg		Oppstillingsplass og kjøreområde	Oppstillingsplass og inn- og utkjøringsareal		
CE4	MEW4 for hovedveg	Som alternativ MEW4		Kjettingplasser	Parkeringsplasser ⁴⁾ Åpne plasser/torg ⁵⁾	
CE5		Som alternativ MEW5			Rasteplasser Busslommer ubelyst veg	
Blendingsklasse						D6
Avskjæringsklasse	I belyste områder skal anlegget tilfredstille G4. Ved overgang til ubelyste vegområder, og der lyset kan forstyrre sjø- eller lufttrafikk, skal anlegget tilfredstille G6.					

1) Vegkryss skal ha samme belysningsnivå som hovedvegen, men for viktige og kompliserte kryss bør man gå opp en belysningsklasse.

2) Gjelder kun lange tunneler hvor dagslyset ikke slipper tilstrekkelig inn, og hvor det er mange gående og syklende.

3) CE1 kan velges.

4) CE3 kan velges ved stor trafikk i mørket eller ved store krav til sikkerhet. CE5 kan velges der det er mindre behov for belysning.

5) CE5 kan velges der omgivelsenes belysningsnivå er lavt.

3.4.1 Vegkryss

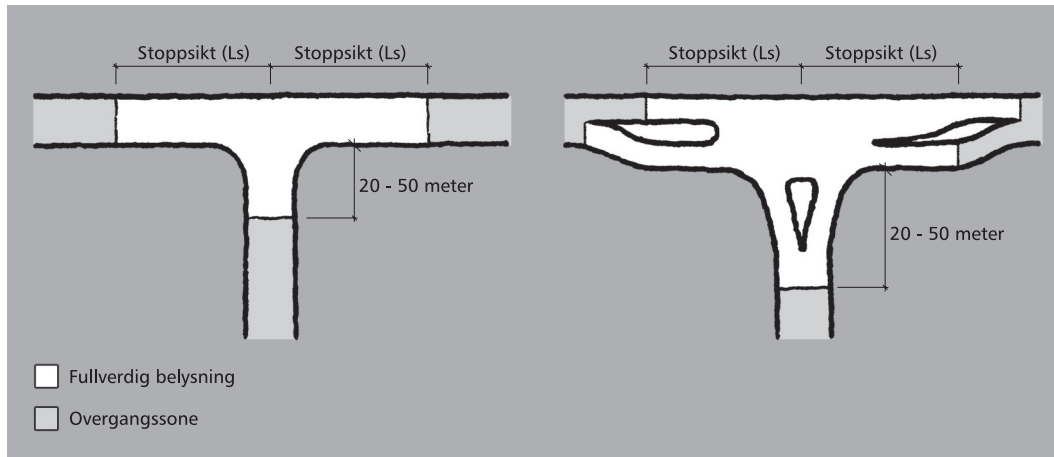
Håndbok N100 Veg- og gateutforming

Vegkryss skal være fullverdig belyst i en avstand som tilsvarer stoppsikt (målt fra midten av krysset). I kanaliserte vegkryss skal den fullverdige belysningen i innkjøringsfeltene minst strekke seg til enden av kanaliseringen.

Ved kanaliserte kryss på ubelyst veg skal det være overgangssoner når luminansnivået i krysset er over 1,00 cd/m².

Overgangssoner er omtalt i kapittel 2.3.1.

Sammenhengen mellom MEW-klasser og CE-klasser er vist i tabell 2.2.



Figur 3.1: Belysning av kryssområder

3.4.2 Ferjeleier

Hvis vegen brukes som oppstillingsplass ved ferjeleier, bør belysningen strekkes så langt som det vanligvis står ventende biler.

Belysningen kan slås av eller dempes utenom driftstiden når dette ikke innebærer fare for utforkjøring. Langtidsparkeringsplasser bør alltid være belyst av hensyn til faren for tyveri og hærverk.

3.4.3 Parkeringsplasser

Blendende armaturer bør unngås. Blendingsklasse D6 anbefales.

3.4.4 Rasteplasser

Belysning bør konsentreres rundt bord, oppstillingsplasser og toalett. Armaturene skal tilfredsstillende blendingsklasse D6.

3.5 Belysning av sideveger, avkjørsler og busslommer når hovedvegen er belyst

3.5.1 Sideveger og avkjørsler

Belysningen som brukes på avkjørselen eller i sidevegen må ikke være sterkere enn belysningen på hovedvegen, men de kan ha en annen lysfarge for ikke å forstyrre den visuelle føringen av vegen. Første lysmast bør plasseres minst 10 m fra kantlinjen på hovedvegen.

Større avkjørsler bør betraktes som vegkryss ved planlegging av vegbelysning.

3.5.2 Busslommer

På belyste veger vil det sjelden være behov for separat belysning av busslommer. Eventuelt kan det settes opp et ekstra lyspunkt ved holdeplassen, og fortrinnsvis slik at det kaster lys inn i leskuret hvis slikt finnes.

Ved tilrettelagt kryssing ved busslommer kan det være aktuelt å forsterke belysningen uten å endre farge på belysningen.

3.6 Belysning av sideveger, avkjørsler og busslommer når hovedvegen er ubelyst

Hvis sideveger, avkjørsler og busslommer belyses langs en ubelyst hovedveg, er det viktig at disse sidelysanleggene ikke reduserer synsbetingelsene for trafikantene på hovedvegen. Et lavt luminansnivå på hovedvegen vil kunne gi fotgjengere som krysser i nærheten en falsk trygghetsfølelse. Det er derfor viktig å trekke lyspunktene unna hovedvegen slik at den blir minst mulig belyst. Hvis belysning likevel vurderes som nødvendig, må dette vurderes opp mot å belyse en kortere strekning av hovedvegen.

Håndbok N100 Veg- og gateutforming

Følgende punkter skal oppfylles:

- Belysningsklasse CE5 benyttes. Sterkere belysning kan føre til økt ulykkesrisiko på hovedvegen.
- Belysningen må ikke være så sterk eller slik rettet at den virker blendende eller synsnedsettende for trafikantene på hovedvegen. Armatur nærmest hovedvegen skal tilfredsstille avskjermingsklasse C6 eller blendingsklasse D6.
- Det må unngås at områder der gående ferdes på hovedvegen blir liggende i et mørkere område enn det belyste området.

3.6.1 Sideveger

Håndbok N100 Veg- og gateutforming

Sideveger bør normalt ikke belyses helt fram mot ubelyst hovedveg. Hvis det likevel er behov for belysning, skal:

- denne ha en overgangssone i belysningsklasse MEW5, eventuelt kan krysset på hovedvegen belyses.
- første lyspunkt plasseres minimum 15 m fra kantlinjen på hovedvegen

Lyspunktet nærmest hovedvegen skal tilfredsstille avskjermingsklasse G6 eller blendingsklasse D6.

3.6.2 Avkjørsler

Avkjørsler på ubelyst veg skal normalt ikke belyses særskilt.

Når spesielle hensyn tilsier at en avkjørsel belyses, skal:

- lysarmaturen plasseres slik at kravene til maksimal blending fra sidelysanlegg tilfredsstilles
- første lyspunkt plasseres minimum 15 m fra kantlinjen på hovedvegen

Håndbok N100 Veg- og gateutforming

Lyspunktet nærmest hovedvegen bør tilfredsstille avskjermingsklasse G6 eller blendingsklasse D6.

Det er viktig at trafikantene ikke får feil informasjon om vegens linjeføring. I kurver bør en derfor være spesielt varsom med å belyse avkjørsler.

3.6.3 Busslommer

Generelt bør busslommer på ubelyst veg ikke belyses. Hvis det likevel velges å belyse busslommer benyttes belysningsklasse CE5. Lyspunktet skal tilfredsstille avskjermingsklasse G6 eller blendingsklasse D6

Videre bør lyspunkthøyden være lav. Eventuelt kan det benyttes hærverkssikre armaturer i leskur.

3.7 Miljøgater

I miljøgater bør belysningsutstyrets estetiske kvaliteter tillegges stor vekt. Dette er omtalt i håndbok V125 Veg- og gatelys. Gatebelysningens bidrag til det visuelle gatebildet kan også gi bedre trafikksikkerhet. Belysningen kan brukes bevisst for å påvirke trafikantene til mer hen-synsfull og trafikksikker atferd.

3.8 Belysning av gang- og sykkelveger

Det er viktig å belyse gang- og sykkelvegene for at gående og syklende skal kunne bruke disse også når det er mørkt.

Når gang- og sykkelvegen går parallelt med hovedvegen, skal hovedvegen belyses i samsvar med tabell 3.2. Samtidig skal det påses at gang- og sykkelvegen får tilstrekkelig belysning i samsvar med tabell 2.6, klasse S4 ved liten og middels gang- og sykkeltrafikk og klasse S2 ved stor gang- og sykkeltrafikk og i sentrumsområder. Det tas på den måten hensyn til at bilistene naturlig fokuserer mot det best belyste området.

Belysning av gang- og sykkelveger skal utformes etter følgende krav:

- Belysningsnivået på gang- og sykkelvegen skal ikke ligge mer enn to belysningsklasser lavere enn hovedvegen.
- Ved liten og middels gang- og sykkeltrafikk benyttes belysningsklasse S4.
- Ved stor gang- og sykkeltrafikk og i sentrumsområder benyttes belysningsklasse S2.
- Underganger belyses etter belysningsklasse CE.
- For å unngå ubehagsblending av fotgjengere ved lave lyspunkthøyder skal armaturens blendingstall tilfredsstille blendingsklasse D6.

Håndbok N100 Veg- og gateutforming

3.9 Belysning av gangfelt

Håndbok N100 Veg- og gateutforming

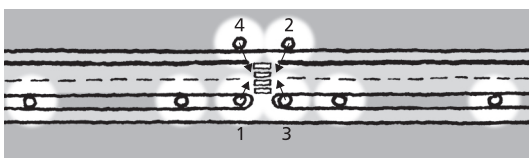
Gangfelt bør belyses etter ett av de to prinsippene intensivbelysning eller forsterket belysning.

Vi har to prinsipper for belysning av gangfelt: Intensivbelysning og forsterket belysning. Det kan dessuten i noen tilfeller være aktuelt å ha forsterket belysning som et supplement til intensivbelysning.

Dårlig belyste gangfelt har meget høy ulykkesrisiko og gangfelt må derfor vurderes individuelt med hensyn til valg av belysningsløsning. Det er likevel en fordel at gangfeltene har lik utførelse og er gjenkjennelige når trafikantene passerer flere gangfelt etter hverandre på en rute eller i et område. Det bør derfor gjerne gjøres et valg mellom intensivbelysning og forsterket belysning hvor man unngår å veksle for mye mellom de to prinsippene.

3.9.1 Intensivbelysning

Intensivbelysning er hovedprinsippet for belysning av gangfelt. Det betyr en endring i vår praksis.



Figur 3.2: Prinsippskisse for intensivbelysning av gangfelt

Ved intensivbelysning skal gangfeltet og kryssende/ventende fotgjengere belyses intensivt med hvitt lys, og det gis anbefalinger for minimum vertikal og minimum horisontal belysningsstyrke (lux), se kapittel 3.9.2.

Intensivbelysning er godt egnet til å synliggjøre gangfeltet og fotgjengerne for førerne. Gangfeltet framheves særlig godt hvis vegen/gata for øvrig har gul natriumhøytrykk (NaH) belysning. Intensivbelysning er også særlig godt egnet der hvor bakgrunnen er mørk, slik den ofte er ved bakketopp og i kurve.

Intensivbelysning er ikke så godt egnet der mange fotgjengere krysser utenfor gangfeltet, fordi området "bak" gangfeltet (i begge kjøreretninger) kan bli relativt mørkt. For å bøte på dette kan belysningen på bakenforliggende vegstrekning forsterkes med flere master eller ved å bytte til nye og mer effektive armaturer. Ledegjerder bør også vurderes. Intensivbelysning er heller ikke så godt egnet i sentrumsgater med mange gangfelt ved kryss. Det kan bli vanskelig å plassere mastene riktig, og det kan dessuten bli uryddig med hyppig veksling mellom gult og hvitt lys. I slike tilfeller kan det være bedre å ha forsterket hvit belysning (med god fargegjengivelse) i hele krysset/strekningen.

Utforming av intensivbelysning

- Det skal benyttes hvitt lys med god fargegjengivelse, $R_a > 65$ og fargetemperatur maksimum 4500 K.
- Minste vertikale belysningsstyrke (det mørkeste punktet) i et 2 m høyt plan midt i gangfeltet, på tvers av vegen, skal være minst 20 lux i kjørefelt som går mot gangfeltet og minst 10 lux i kjørefelt i motsatt retning.
- Minste horisontale belysningsstyrke i gangfeltet skal være minst 80 lux.
- Et område på hver side av gangfeltet, der fotgjengerne kommer gående eller blir stående å vente, skal også være godt belyst. På høyre side i kjøreretningen skal minste vertikale belysningsstyrke i et 2 m høyt plan i 3 m forlengelse av gangfeltet være minst 10 lux.
- På tilstøtende vegstrekning før og etter gangfeltet skal gjennomsnittlig luminansnivå på kjørebanelen være minst 1,00 cd/m².

Erfaringene viser at gangfeltet og fotgjengerne blir for lite synlig dersom utførelsen er halvgod. Det må kjøres lysberegninger som dokumenterer at kravene til vertikal og horisontal belysningsstyrke blir oppfylt, og erfaringsmessig vil følgende utførelse gi tilfredsstillende resultat på tofelts veger:

- Lyspunkthøyde 5 - 6 m.
- Masteplassering 2 – 4 m foran gangfeltet og 1,5 m – 2,5 m ut fra vegkanten. Eventuelt kan det benyttes utliggerarm for å kompensere for annen masteplassering, for eksempel i bak kant av bredt fortau. For en veg med to kjøreretninger plasseres to master diagonalt over for hverandre, vist som mast 1 og 2 i figur 3.2. Hvis vegen er bred eller det blir stor avstand mellom lyspunktene 1 og 2, kan det være behov for to master i tillegg, vist som mast 3 og 4 i figur 3.2. Hvis gangfeltet ligger på et sted hvor kjøreretningene er atskilt med trafikkøy i midten, kan lysmastene alternativt plasseres på øya dersom denne ikke er spesielt utsatt for påkjørsel. Når bredden på øya er mer enn tre meter kan det være tilstrekkelig å intensivbelyse gangfeltet i kjøreretningen. Minste vertikale belysningsstyrke på øya skal da være minst 10 lux.
- Det benyttes spesialarmaturer med asymmetrisk lysfordeling og lyskilde som gir hvitt lys. 250 W metallhalogen med kvartsglassbrenner bør ikke benyttes fordi den har for rask lys-tilbakegang.

Lysberegning

Det opprettes et vertikalplan midt i gangfeltet på tvers av vegen og dette deles inn i to beregningsfelt. For den aktuelle kjøreretningen skal det ene beregningsfeltet dekke kjørefeltet/-feltene som går mot gangfeltet og det andre beregningsfeltet skal dekke kjørefeltet/-feltene i motsatt retning. Hvert beregningsfelt skal være 2 m høyt og ha 5 beregningspunkter i høyden. I bredden skal hvert beregningsfelt ha minst 6 beregningspunkter for hvert kjørefelt. Beregningspunktene skal være jevnt fordelt i et rutemønster hvor de ytterst punktene skal ligge en halv rutebredde fra kanten.

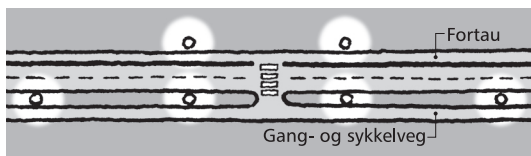
For å beregne belysningsstyrken i vegens sideområder ved enden av gangfeltet brukes et beregningsfelt som er en 3 m lang direkte forlengelse av vertikalplanet gjennom gangfeltet. Dette beregningsfeltet skal ha 6 punkter i bredden og 5 punkter i høyden.

Beregningene skal utføres for hver kjøreretning når vegen er tovegskjørt.

Skisse for beregningsfelt og eksempel på utskrift fra en lysberegning er vist i vedlegg 4.

3.9.2 Forsterket belysning

Forsterket belysning benyttes der hvor intensivbelysning ikke er så godt egnet, f.eks. i sentrumsgater hvor gangfeltene ligger tett, fotgjengerne krysser "over alt" eller kryssene har kompliserte trafikkforhold med blandet trafikk.



Figur 3.3: Prinsippskisse for forsterket belysning

Gangfeltet og området foran og bak gangfeltet belyses slik at vegen får et høyt og jevnt luminansnivå. Hensikten med god bakgrunnsbelysning er å unngå å få mørk fotgjenger mot mørk bakgrunn.

Utforming av forsterket belysning

- Belysningen i gangfeltet og området fra minst 50 m foran til minst 50 m etter gangfeltet skal tilfredsstille belysningsklasse MEW1 ($2,00 \text{ cd/m}^2$) slik at kjørebanelen danner en lys bakgrunn som fotgjengerne kan sees imot.
- De nærmeste lysmastene plasseres i en avstand fra gangfeltet minst lik lyspunkthøyden, slik at fotgjengerne blir relativt mørke og kan sees i kontrast mot en lysere bakgrunn.
- Belysningen i gangfeltområdet bør være tosidig for å sikre et høyt og jevnt luminansnivå. På smale veger og smale gater med sammenhengende fasader på begge sider av vegen kan ensidig plassering av master vurderes.
- Belysningen i gangfeltområdet skal ikke slås av i mørke eller nedreguleres.
- På strekningen ved gangfeltet kan det være aktuelt å benytte hvitt lys med høy fargeegenskapsindeks ($R_a > 65$) for å bedre synsforholdene og markere gangfeltet.
- Hvis man velger forsterket belysning og det er andre elementer enn vegen som danner en stor del av den bakgrunnen som fotgjengerne skal sees imot, må man vurdere å belyse disse elementene (f.eks. støyskjerm, hekk eller trerekke). Det kan i slike tilfeller være et bedre alternativ å intensivbelyse gangfeltet.
- Det kan noen ganger være greit å benytte forsterket belysning ved gangfeltene på sidevegene selv om gangfeltene i hovedvegen har intensivbelysning.

3.9.3 Drift og vedlikehold

Drift og vedlikehold av belysning innenfor 50 m avstand fra gangfeltet bør intensiveres. Dette kan gjøres ved at belysningen sjekkes en gang hver uke i tidsrommet august – april, eller ved gruppeskift av lamper med et intervall som er kort nok til å motvirke lampeutfall. Feil som oppdages på belysningen innenfor 50 m avstand fra gangfeltet må utbedres innen 24 timer.

Vegetasjon som skaper skygger i armaturenes funksjonsområde må fjernes årlig.

4 Utforming av vegbelysningsanlegg

Ved prosjektering av veg- og gatebelysningsanlegg skal det foretas en samlet vurdering av tekniske krav, lokale vedtak og bestemmelser, samt funksjonelle, estetiske og økonomiske forhold. Det vises også til håndbok V125 Veg- og gatelys.

Den som skal prosjektere vegbelysningsanlegg skal ha dokumenterbar lystechnisk kompetanse som autorisert belysningsplanlegger for utendørsbelysning eller tilsvarende.

Før prosjekteringen av et belysningsanlegg igangsettes skal det gjennomføres en risikovurdering i henhold til REN blad nr. 4508.

Ved prosjektering av et veglysanlegg, skal minst følgende oppgaver utføres:

- Utarbeide belysningsplan basert på blant annet tilgjengelig kartgrunnlag og veggeometri.
- Vurdere estetikk og funksjonalitet ved linjeføring, lysfordeling, master og armaturer.
- Utføre lysberegninger i henhold til NS-EN 13201-3 Vegbelysning – Del 3: Beregning av ytelse.
- Utarbeide beregninger i FEBDOK med norsk database eller et annet program hvor kildefilen kan kontrolleres i FEBDOK.
- Beregne levetidskostnad (LCC) for alternative løsninger.

Alt arbeid som utføres på norske veger, og alt materiell og utstyr som brukes, skal være i samsvar med gjeldende lover og forskrifter, samt gjeldende norske normer.

Viktige lover, forskrifter, regler og normer:

- Lov om tilsyn med elektriske anlegg og elektrisk utstyr (Eltilsynsloven).
- Forskrift om elektriske forsyningsanlegg (FEF) for belysningsanlegg i dagen.
- Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg med veiledning (FEL) for belysningsanlegg i tunnel, og belysningsanlegg i dagen som er knyttet til felles inntak med tunnelanlegget. Det forutsettes her at kabelfremføring til stolper er ført i grøft.
- Forskrift om elektroforetak og kvalifikasjonskrav for arbeid knyttet til elektriske anlegg og elektrisk utstyr.
- Norsk elektroteknisk norm: Elektriske lavspenningsinstallasjoner (NEK 400). Brukes ved dimensjonering av nye elektriske anlegg og ved større ombygginger av eksisterende anlegg.
- Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg med veiledning (FSE).
- Forskrift om elektrisk utstyr (FEU).
- Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (internkontrollforskriften).

Ved mindre utbedringer av eksisterende anlegg, benyttes de forskrifter anlegget ble bygget etter. Ombygging og utvidelse skal følge ny forskrift, se FEF § 2-15 og 2-16.

Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter pålegger oss å utarbeide dokumentasjon som skal kunne framlegges for myndighetene. Etilsynsloven og Forskrift om elektriske forsyningsanlegg (FEF) forteller hvordan dette skal gjøres for el-anlegg. En oversikt over dokumentasjon som bør foreligge over belysningsanlegget er vist i vedlegg 2.

Kompetansekrav for elektrisk arbeid er regulert av Forskrift om elektroforetak og kvalifikasjonskrav for arbeid på elektriske anlegg og utstyr. Det betyr at bare foretak som oppfyller kompetansekravene og er registrert hos Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap i rett faglig virkeområde (lavspennings forsyningsanlegg/ledningsanlegg) kan prosjektere, bygge samt drifte og vedlikeholde veg- og gatebelysningsanlegg. Montasje av trekkerør og kabellegging i grøft samt etablering av jordingsanlegg er pr. definisjon elektroarbeid og kan bare utføres av registrert elektroinstallatør (elektroentreprenør). Elektroinstallatøren er utførende og ansvarlig for at arbeidet er forskriftsmessig utført, men han kan benytte maskinentreprenører eller andre som sine underleverandører til f.eks. grøftegraving. Prosjekterende og utførende skal begge utstede samsvarserklæring for sine arbeidere, se vedlegg 3.

4.1 Lysberegninger

Lysberegninger skal gjennomføres i henhold til NS-EN 13201-3 Vegbelysning-Del 3: Beregning av ytelse. De viktigste prinsipper for beregningsgrunnlaget er gjengitt nedenfor.

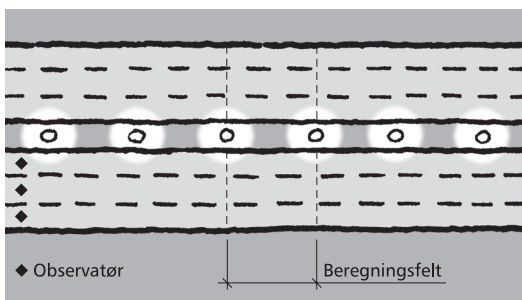
Det skal gjennomføres lysberegninger for å dokumentere at anlegget oppfyller kravene til lys-teknisk kvalitet. For veger benyttes luminansberegninger, der resultatene beregnes for én observatør i hvert kjørefelt, plassert på vegen utenfor beregningsfeltet, se figur 4.1- figur 4.6. For gang- og sykkelveger, kryss og områder der det er mange mulige observatørposisjoner, benyttes beregning av belysningsstyrke. For veger med krappe kurver må masteavstanden vurderes spesielt.

Alle beregninger skal kunne kontrollberegnes i Relux. Alle resultater skal dokumenteres med to desimaler.

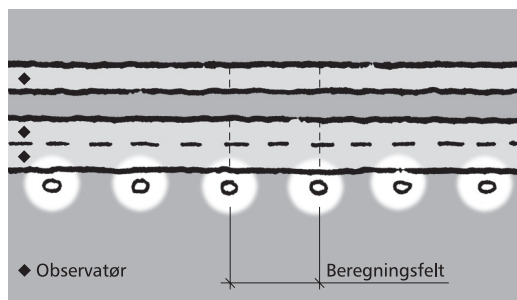
Felles for alle beregninger er at hver lyskilde regnes som en punktkilde for lyset, og det tas ikke hensyn til hvordan lyset reflekteres fra omgivelsene eller om det er elementer som skygger. Vegoverflaten regnes som flat med jevne refleksjonsegenskaper over hele arealet.

For å gjennomføre beregningene, trengs fotometriske data for lysdistribusjonen fra armaturen. Disse dataene finnes i en intensitetstabell (I-tabell). Dersom armaturene har en annen innstilling av lyskilde eller reflektor enn det som er standard innstilling, må dette tas hensyn til i lysberegningene.

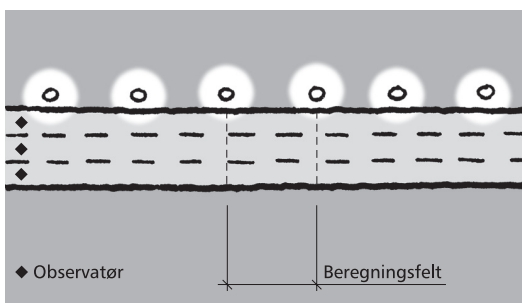
Observatørposisjoner ved luminansberegninger for ulike veger er vist i figur 4.1 - figur 4.6.



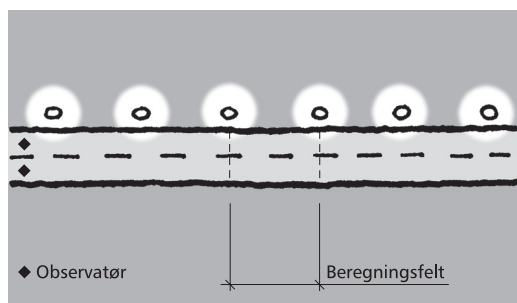
Figur 4.1:
6-felts veg med midtrabatt, 2 beregningsfelt



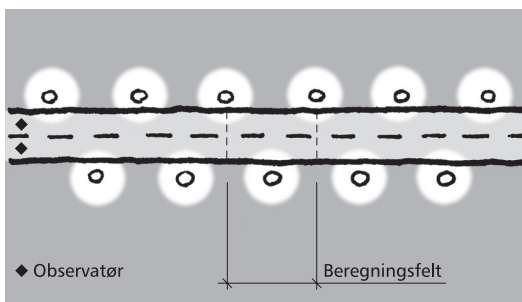
Figur 4.2: 3-felts veg med midtrabatt, ensidig armaturrekke, 2 beregningsfelt



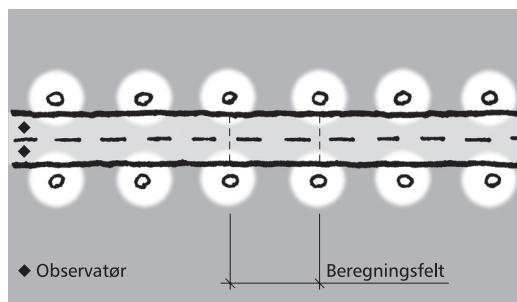
Figur 4.3: 3-felts veg, ensidig armaturrekke



Figur 4.4: 2-felts veg, ensidig armaturrekke



Figur 4.5: 2-felts veg, 2 armaturrekker



Figur 4.6: 2-felts veg, 2 armaturrekker i siksakk

4.1.1 Luminansberegninger

Luminansberegninger gjennomføres ved dimensjonering av belysning på veger og i gater.

Beregningsfelt for luminans

I lengderetning strekker beregningsfeltet seg fra én armatur til neste i rekken. Hvis det er flere armaturrekker, brukes den rekken som har størst armaturavstand. Beregningsfeltets bredde begrenses av kjørebanelens kantlinjer. Hvis vegen har to kjørebaneler, vil hver kjørebane ha sitt eget beregningsfelt.

Beregningspunktene fordeles som en matrise i beregningsfeltet der det er jevn avstand mellom punktene, og første og siste punkt plasseres en halv punktavstand fra kanten av beregningsfeltet. Punktavstanden i lengderetningen er forskjellig fra avstanden i bredden.

For luminansberegninger må en i tillegg ha fotometriske data for vegoverflatens refleksjonsegenskaper (r-tabell).

Antall beregningspunkter i lengderetning skal være 10 ved armaturavstand 30 m eller mindre. For større armaturavstand fordeles punktene slik at punktavstanden blir 3 m eller mindre. Antall beregningspunkter i bredden skal være 3 for hvert kjørefelt. Ved beregning av luminans på vegens skulder, brukes samme antall beregningspunkter som for ett kjørefelt.

Observatørposisjon

Ved beregning av gjennomsnittlig luminansnivå (L_m), total jevnhet (U_o) og langsgående jevnhet (U_l) skal observatørens øye være 1,5 m over vegbanen og 60 m foran beregningsfeltet. Ved beregning av synsnedsettende blending (TI) skal observatørens øye være 1,5 m over vegbanen og i en avstand foran beregningsfeltet i meter, beregnet etter formelen:
 $2,75 \times (\text{lyspunkthøyde} - 1,5)$

Det skal være én observatør i midten av hvert kjørefelt. For L_m , U_o og TI brukes hele beregningsfeltet. For U_l brukes beregningspunktene midt i hvert kjørefelt.

For L_m , U_o og U_l gjelder laveste beregningsverdi. For TI gjelder høyeste verdi.

4.1.2 Beregning av belysningsstyrke

Belysningsstyrke beregnes på horisontale eller vertikale flater.

Horisontal belysningsstyrke

Horisontal belysningsstyrke skal beregnes ved blant annet dimensjonering av belysning i vegkryss, på gang- og sykkelveger og på områder/plasser. Slike beregninger brukes også som underlag ved kontrollmåling av nye belysningsanlegg på veg.

Beregningsfeltet er som for luminansberegninger. Det samme gjelder kravene til beregningspunktene, bortsett fra at antall beregningspunkter i bredden skal være minst 3 og avstanden mellom punktene skal være 1,5 m eller mindre. De samme kravene gjelder ved beregning av omgivelsenes lysforhold (SR).

Når avstanden mellom armaturene er ujevn, kan det kanskje bli umulig å koble avstanden mellom beregningspunktene til armaturavstanden. Da er regelen at avstanden mellom punktene ikke skal overskride 1,5 m i bredden eller lengderetningen.

Vertikal belysningsstyrke

Vertikal belysningsstyrke skal beregnes ved blant annet dimensjonering av intensivbelysning i gangfelt.

Et vertikalplan plasseres midt i gangfelt på tvers av vegen og deles inn i to beregningsfelt, ett for kjørefeltene som går mot gangfeltet og ett for kjørefeltene i motsatt retning. Hvert område skal være 2 m høyt og ha 5 beregningspunkter i høyden. I bredden skal hvert område ha minst 6 beregningspunkter for ett kjørefelt og 11 punkter for 2 kjørefelt.

For å beregne den vertikale belysningsstyrken i vegens sideområder (ved enden av gangfeltet), brukes et beregningsfelt som er en 3 m lang direkte forlengelse av gangfeltet. Dette området har 4 punkter i bredden og 5 i høyden.

Beregningspunktene skal være jevnt fordelt i et rutemønster hvor de ytterste punktene skal ligge en halv rutebredde fra kanten.

4.2 Lysmålinger

Måling av vegbelysningsanlegg er beskrevet i NS-EN 13201-4 Vegbelysning-Del 4: Metoder for måling av belysningens ytelse. Innholdet i dette kapitlet er basert på denne.

Når man måler for å sammenligne med kalkulerte verdier, må målingene gjennomføres så nøyaktig at sammenligningen blir reell. Hvis målingene bare skal brukes for å vurdere tilstanden til et anlegg, holder det med et mer begrenset sett med målinger. I andre tilfeller vil det være tilstrekkelig med punktmålinger. Det er imidlertid viktig at målingene gjennomføres på samme måte hver gang.

4.2.1 Måleforhold

Stabilisering av lampene etter tenning

De fleste lamper trenger litt tid på å stabilisere seg. Anlegget bør derfor slås på minst en halv time før målingene starter. Ta gjerne kontrollmålinger med noen minutters mellomrom for å finne ut om lampene har stabilisert seg. For å sikre at stabiliteten opprettholdes under måleperioden, bør det gjennomføres flere kontrollmålinger i 1–3 målepunkter før, under og etter måleperioden.

Klimatiske forhold

- Høye eller lave temperaturer kan påvirke både lamper og måleinstrumenter.
- Kondens på måleinstrumentets overflate eller elektriske kretser kan påvirke nøyaktigheten.
- Kraftig vind kan få armaturene til å bevege seg i toppen av masten, eller få måleapparatet til å vibrere. Vinden kan også påvirke temperaturforholdene for sensitive lamper.
- Fuktighet på vegbanen kan påvirke luminansen herfra. Atmosfærens evne til å overføre lys kan variere. Dette påvirker lysmengden som når fram til den overflaten som skal måles (eller lyset som reflekteres fra overflaten ved luminansmålinger).

Fremmedlys og hindringer for lyset

Der man har direkte eller reflektert lys fra omgivelsene, i tillegg til vegbelysningen, må man korrigere for dette bidraget. Direkte eller reflektert lys kan for eksempel være fra butikkvinduer, lysreklame, trafikksignaler, lys på kjøretøyer eller snø i vegkanten.

For å få riktige verdier, kan det gjennomføres to sett med målinger: med veglyset av og på. Differansen utgjør veglysets bidrag.

Måleområdet bør være fritt for hindringer som kaster skygger (som for eksempel trær, busker, parkerte kjøretøyer eller gatemøbler).

Målinger gjort fra et kjøretøy i bevegelse

Kravene til observatørposisjon og lokalisering av målepunkter kan bli vanskelig å tilfredsstille når det måles fra et kjøretøy i bevegelse. For å oppnå mest mulig pålitelige måleresultater, bør følgende punkter vurderes:

- For hvert målepunkt må lysmålerens plassering beskrives. Angi høyde og plassering sidevegs og på langs (koordinatsystem/GPS-koordinat) i forhold til et fastpunkt, for eksempel kantlinjen.
- Effekten av for eksempel skygge fra bilen, lysrefleksjon og elektronisk støy fra bilen kan påvirke måleinstrumentet.
- Måleutstyr skal tilfredsstille kriteriene for måling av belysningsstyrke eller luminans.
- Metodene som er brukt bør beskrives, og usikkerhetsmomentene må vektlegges.

4.2.2 Måling av belysningsstyrke

Kontrollmålinger av nye belysningsanlegg gjennomføres slik:

- Lysberegningene utføres med vedlikeholdsfaktor 1,0 og med den geometrien som gjelder for måleområdet.
- Anlegget bør ha vært i drift i minst 100 timer, slik at lampene har fått tilstrekkelig innbrenningstid.
- Anlegget ute i terrenget må stemme med den teoretiske modellen. Spesielt må følgende kontrolleres:
 - o masteavstand
 - o avstand fra kantlinje til mast
 - o kjørebanebredden
 - o at armaturen er montert i riktig høyde over vegen, vinkelrett på senterlinjen og med riktig armlengde
 - o at armaturen har riktig helling og reflektorinnstilling
- Måleinstrumentet må ha en ytelse tilpasset formålet med målingene. Det vises til CIE 53: 1982 Methods of Characterizing the Performance of Radiometers and Photometers og CIE 69: 1987 Methods of Characterizing Illuminance meters and Luminance meters – Performance, Characteristics and Specifications.
- Måleinstrumentet skal være kalibrert.
- Måleområdet bør være tilnærmet horisontalt.
- Alle beregningenes målepunkter på vegbanen skal markeres.
- Den elektriske spenningen i en av mastene måles og registreres ved måleperiodens start og slutt.
- Temperaturen 1 m over vegbanen måles ved måleperiodens start og slutt.
- Personen som bærer måleinstrumentet må ikke skygge for lyset.
- Måleinstrumentet skal plasseres horisontalt på vegen, og ikke høyere enn 20 cm over vegbanen.

Hvis det ikke er mulig å gjennomføre målinger i alle målepunktene, kan antall punkter reduseres, men nøyaktigheten vil da bli dårligere. Man kan finne maksimums- og minimumspunkt ved å søke seg fram.

4.2.3 Måling av luminans

- Luminansmålingene utføres for å måle de reelle luminansverdiene, ikke til å kontrollere de teoretisk beregnede luminansverdiene. (Til å kontrollere belysningsanlegget benyttes lux-målinger, se kapittel 4.2.2).
- Det bør benyttes et kalibrert luminansmeter som har en ytelse tilpasset formålet med målingene (CIE-publikasjon 53 og 69).
- Det tas utgangspunkt i rutenettet som er brukt i de teoretiske beregningene. Luminansmeteret plasseres i observatørens posisjon.
- Beregningsfeltet begynner 60 m fra observatøren. Dette betyr at for å unngå overlapp på måleområdene, må luminansmeteret kunne begrense vinkelen på målekjeglen til maksimum 2 minutter av buen i vertikalplanet og 20 minutter av buen i horisontalplanet.
- Som et alternativ kan det brukes et luminansmeter med en bredere målekjegle på en kortere avstand og i en lavere høyde. Det anbefales imidlertid at målekjeglen ikke overskrider 30 minutter, og at måleområdet på vegen ikke er større enn 0,5 m på tvers og 2,5 m på langs.
- For målinger av gjennomsnittlig luminans med bare én avlesning, skal måleapparatet ha en maske eller skjerm som gjør at bare lys fra det relevante måleområdet blir inkludert i målingen. Vinkelen på målelinjen skal være på $(89 \pm 0,5)^\circ$ fra normalen til vegoverflaten.
- Hvis luminansmeteret skal brukes til overvåking av luminansnivået, har man ikke like strenge krav til måleområdets avgrensning. Det er heller ikke nødvendig med absolutt kalibrering av instrumentet, men man må ta hensyn til at luminansmeteret svekkes gjennom levetiden.

4.3 Master og fundamenter

For klassifisering og krav til materialer og montering, vises generelt til håndbok R310 Trafikksikkerhetsutstyr – Funksjons- og materialkrav, Del 5 Oppsettingsutstyr. For utforming av sideter-reng vises det til håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområde.

Fundamenter og master skal monteres etter produsentenes montasjeanvisninger. Ved bruk av ettergivende master der det benyttes fundamenter fra annen produsent enn masteprodusenten, må det avklares hvem som skal ta totalansvaret for funksjonen. Fundament og mast skal være tilpasset hverandre og dokumentet med samsvarserklæring.

Ettergivende lysmaster som skal benyttes må stå på Vegdirektoratets liste over godkjente master. Listen finnes på nettadressen: <http://www.vegvesen.no/Fag/Teknologi/Rekkverk+og+master/Lysmaster>.

For å komme på denne listen skal Vegdirektoratet ha tilgang til testrapporten. Alle tester som skal til for å CE-merke produktet er nødvendig for at produktet kan tas i bruk.

4.3.1 Master

Mastene skal tilpasses det miljøet de monteres i, og være i henhold til overordnede belysningsplaner hvor disse finnes. Lyspunkthøyden skal være mest mulig konstant og i samsvar med lysberegningene. Avvik på inntil 2,5 % av mastehøyden er akseptabelt. Ved større varierende høyder kan teleskopmaster benyttes. Ved bruk av store lyspunkthøyder bør nedfellbare master (eventuelt senkbare mastetopper) benyttes. Master/stolper skal kontrolleres regelmessig (inngå i IK-elektro) for skader forårsaket av påkjørsler samt korrosjon eller råte.

4.3.2 Krav til ettergivenhet

Ettergivende lysmaster klassifiseres i:

- HE-master (høyt energiabsorberende master)
- NE-master (ikke energiabsorberende master)

Mastene er testet etter NS-EN 12767 Ettergivende konstruksjoner for vegutstyr – Krav og prøvingsmetoder.

Teorien er at HE-master skal kunne fange opp en personbil med en kort, men myk retardasjon. Masten vil deformeres ved påkjørselen. Bilen vil som regel tilnærmet stanses helt eller få meget betydelig fartsreduksjon. Det skal ikke monteres skilt eller annet utstyr på HE-master.

NE-master knekker lett ved en påkjørsel. Bilen vil fortsette, men med noe redusert fart. Skadene på bilen blir normalt små. NE-master har normalt en svekket konstruksjon eller et avskjæringsledd nederst på masten. Avskjæringsleddet/svekkelsen må ligge åpent hele året (ikke dekket av snø/is) for at funksjonen skal være ivarettatt. Montering av mer enn ett skilt (i størrelse MS) eller annet utstyr på en NE-mast må avklares med leverandør.

Ettergivende master skal brukes i tilfeller hvor:

- masten er plassert innenfor sikkerhetssonen, fartsgrensen er 50 km/t eller høyere og masten ikke er sikret med rekkverk
- masten er plassert innenfor rekkverkets arbeidsbredde (se håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområde)

Det er likevel ikke nødvendig å benytte ettergivende mast i bygater hvis masten står helt inntil en husvegg, mur eller annen stiv innretning.

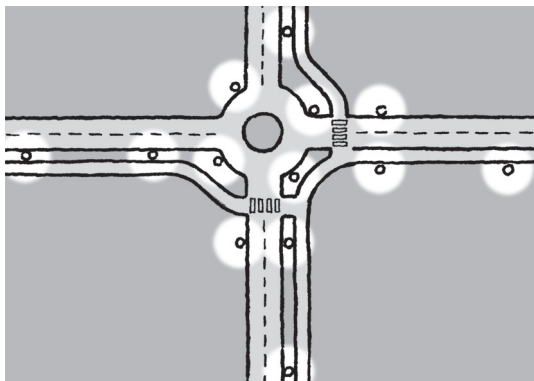
4.3.3 Masteplassering

Det er tre hovedprinsipper for plassering av master langs veg:

- ensidig
- tosidig (parallelt, sikksakk)
- i midten

Det bør velges en løsning hvor én rad master løser oppgaven. Mastene bør plasseres inn mot stigende sideterreng. For å framheve den optiske føringen (perlerad) både i dagslys og mørke, bør mastene stå på samme side av vegen over lengre strekninger, uavhengig av inner-/ytterkurve.

Mastene bør ikke plasseres der det er mest sannsynlig at et kjøretøy kjører av vegen i en kurve eller i et vegkryss. Master plassert for eksempel ved utkjøringen fra en rundkjøring er spesielt utsatt.



Figur 4.7: Eksempel på belysning av rundkjøring

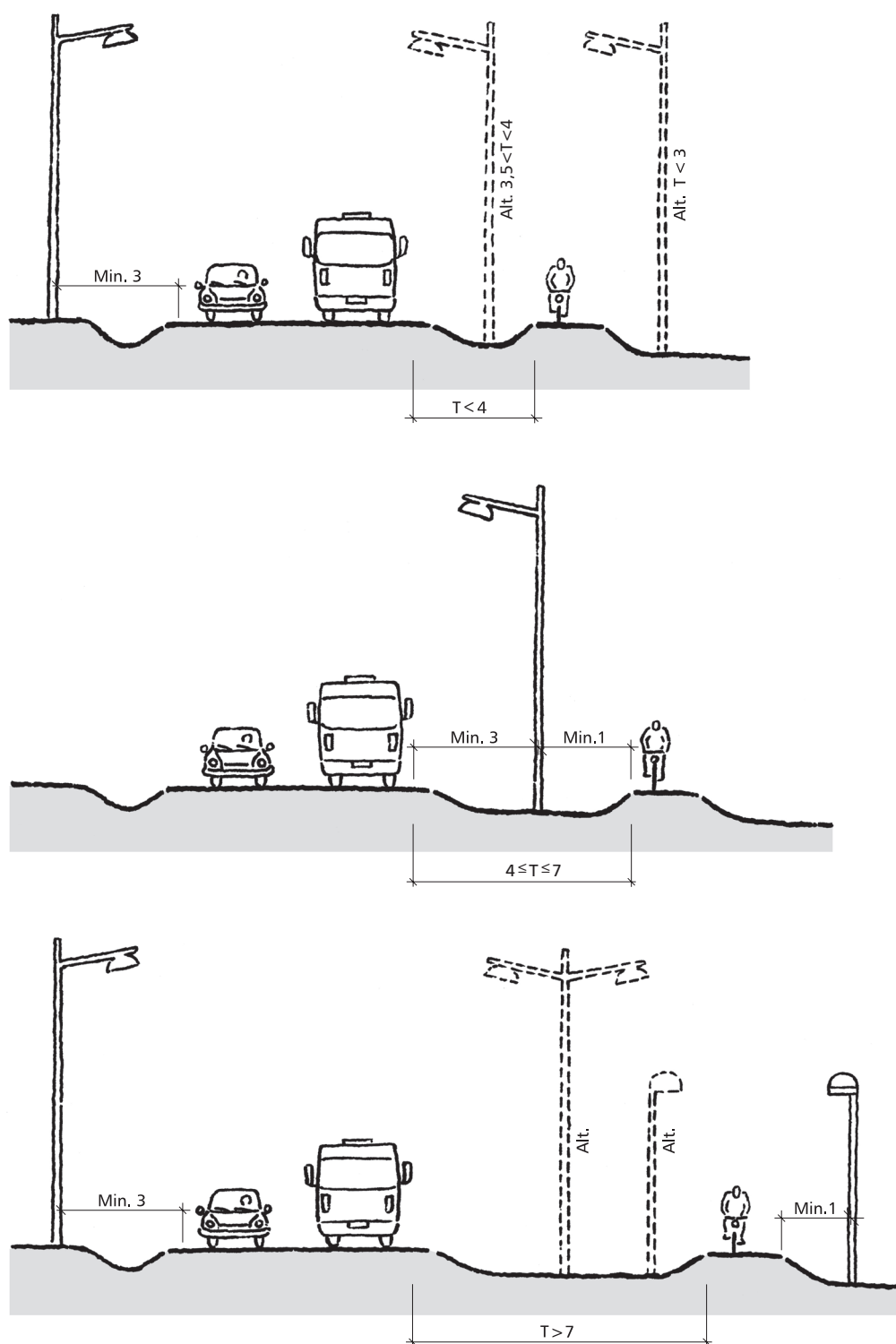
Ved belysning av rundkjøringen i figur 4.7 er mastene som omkranser rundkjøringen plassert nærmest innkjøringen for å redusere faren for påkjørsel. Gangfeltene har 2-sidig belysning. Belysningen på gjennomgående veger er beholdt på samme side.

Avstand til veg og valg av side

Ettergivende master bør plasseres minimum 3 m fra kantlinja. Ikke-ettergivende master skal plasseres utenfor sikkerhetssonen og slik at de ikke representerer noen stor fare for alvorlig personskafe ved påkjørsel. Alternativt kan de beskyttes med rekkverk, men de må da plasseres utenfor rekkverkets arbeidsbredde. Se håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområde.

På 3-felts veg med midtrekkverk bør mastene plasseres på den siden som har to kjørefelt av hensyn til drift og vedlikehold.

På veger med høy trafikk bør driftskostnadene (kostnader ved arbeidsvarsling/stengning) tas med i vurderingen av masteplassering.



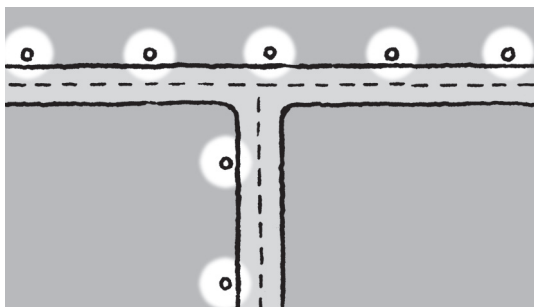
Figur 4.8: Plassering av master i forhold til hovedveg og gang- og sykkelveg avhengig av trafikdelerens (T) bredde. T regnes fra hvit kantlinje (mål i meter)

Masteplassering i forhold til parallellført gang- og sykkelveg:

- Hvis mastene skal plasseres mellom hovedvegen og gang- og sykkelvegen, bør det være minst 4 m mellom den hvite kantlinja på hovedvegen og asfaltkanten på gang- og sykkelvegen for å få akseptabel plassering og gunstig belysning på begge vegene.
- Hvis avstanden er mindre enn 4 m, bør mastene plasseres på den siden av hovedvegen hvor det ikke er gang- og sykkelveg. Plassering på utsiden av gang- og sykkelvegen bør unngås, da dette gir lavere luminansnivå på hovedvegen enn på gang- og sykkelvegen.
- Hvis avstanden er større enn 7 m, må det anlegges separat belysning for gang- og sykkelvegen.
- Generelt bør mastene plasseres i minst 1 m avstand fra asfaltkanten på gang- og sykkelvegen. Avstanden skal ikke være mindre enn 0,5 m.

Kryss

I T-kryss er det viktig at det er lys bakgrunn på motsatt side av sidevegens innkjøring. Det bør derfor plasseres en mast rett overfor sidevegen.



Figur 4.9: Eksempel på belysning av T-kryss

Ved belysning av T-krysset i figur 4.9 gir masten i forlengelsen av sidevegen god oversikt over krysset for dem som kommer fra denne vegen. Mastene i sidevegen er plassert slik at de gir best belysning for de som svinger av.

Lysmaster bør ikke plasseres på trafikkøyer av hensyn til fare for påkjørsel. Et unntak er rundkjøringer. Her kan det settes opp en mast med 3 til 4 armaturer i sentraløya. I de rundkjøringene der det ferdes gående og syklende, bør mastene plasseres i ytterkant av rundkjøringen. Dette vil gjøre at disse trafikantene blir mer synlige. Samtidig må man sørge for at sentraløya er godt synlig.

Siktsoner

Enkeltmaster kan plasseres innenfor siktsonen.

Bomstasjoner, tollstasjoner, kontrollplasser m.v.

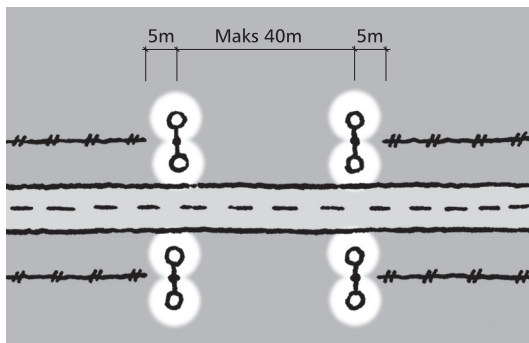
Masteplassering bør ta hensyn til at store kjøretøyer kan lage skygger for de som skal bevege seg rundt kjøretøyene.

Bussterminaler

Mastene plasseres slik at bussene ikke lager forstyrrende skygger for passasjerene.

Viltkryssinger

Det bør plasseres minst to master på hver side av vegen før kryssingsstedet, og hver mast bør ha to armaturer: én armatur rettet mot vegen og én mot terrenget.



Figur 4.10: Masteplassering ved viltkryssinger

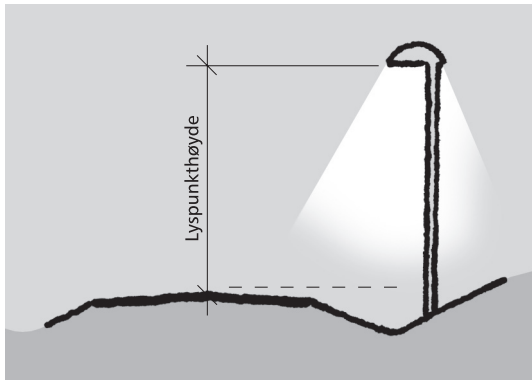
Ved viltkryssinger bør master plasseres som på figur 4.10, for å få opplyst områdene på begge sider av vegen ved kryssingsstedet. Dersom avstanden mellom mastene er større enn ca. 40 m, suppleres det med en mast i mellom.

4.3.4 Lyspunkthøyde

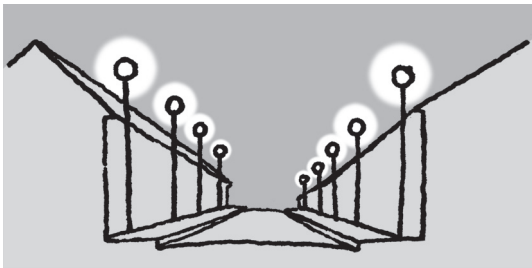
Armaturenes monteringshøyde over vegen tilpasses omgivelsene. Det anbefales følgende lyspunkthøyder:

Tabell 4.1: Anbefalt lyspunkthøyde

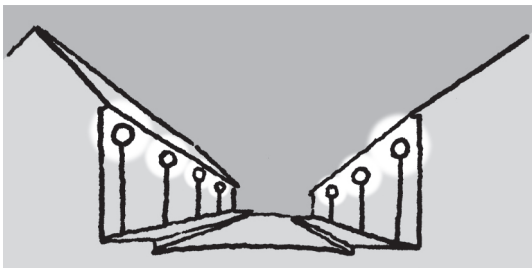
Vegtype	Lyspunkthøyde
Store kryssområder	Inntil 20 m
Motorveger	10 – 14 m
Hovedveger	8 – 12 m
Lokal-/sideveger	6 – 9 m
Plasser/terminaler	6 – 10 m
Gang- og sykkelveger (hvis de er separat belyst)	4 – 6 m



Figur 4.11: Lyspunkthøyde



Figur 4.12: Lysstolper som er høyere enn gesimslinjen er alltid vesentlig mer synlig enn lysstolper som er lavere



Figur 4.13: Lysstolper som er lavere enn gesimslinjen gir et rolig og mer visuelt tilfredsstillende inntrykk

4.4 Armaturer

Armaturene skal blant annet velges ut fra:

- lystekniske egenskaper
- høy virkningsgrad
- lav blending
- kapslingsklasse
- estetisk utforming (tilpassing til mast og miljøet omkring)
- funksjonell montasje og drift
- evnen til å motstå ytre påkjenninger (produsenten må kunne dokumentere levetiden)

4.4.1 Krav til armaturer

- Armaturen skal tilfredsstillе FEU.
- Armaturene skal også tilfredsstillе kravene i NEK EN 60598-1 Lysarmaturer – Del 1: Generelle krav og prøver og NEK EN 60598-2-3 Lysarmaturer – Del 2-3: Spesielle krav til armaturer for veg- og gatebelysning.
- Armaturen skal tåle de ytre påvirkninger som kan forventes på installasjonsstedet (for eksempel hæververk i underganger) i henhold til NEK 400, tabell 51A. Det bør benyttes armaturhus av metall eller annet materiale med gode korrosjons- og varmeavlednings-egenskaper.
- Armaturer skal minst tilfredsstillе IP 65 for lampehus (optikk) og IP 44 for forkoblingsutstyret. Det kan gjøres unntak for eldre anlegg hvor det er snakk om komplettering med tilsvarende armatur.
- Armaturene skal være prøvet ved 25 °C, men det kan vurderes å legge til grunn alternative temperaturer i en evaluering av levetider og lysfluks.
- Optikk og forkoblingsutstyr skal være atskilt. Forkoblingsutstyret skal lett kunne skiftes.
- Det skal være montert strekkavlaster. Denne bør være en del av armaturhuset og ikke festes på elektroblokken. Strekkavlasteren skal være dimensjonert i henhold til oppføringskabel (se kapittel 5.7).
- Det bør velges løsninger som kan gjøre armaturen spenningsløs ved lampeskift.
- Plan avskjerming bør velges, men andre avskjermingsløsninger kan vurderes, spesielt i tettbygd strøk.
- Plan eller svakt buet avskjerming skal være utført i herdet glass. Med herdet glass mener vi glass som er varmebehandlet slik at det har en styrke som er 4-5 ganger sterkere enn vanlig glass. Ved bruk av metallhalogenlamper må armaturens skjerm være i herdet glass, hvis ikke lampen er spesiallaget for montering i åpen armatur (bruk av spesiallamper gir lavere lysutbytte). Se NEK EN 62035 Utladningslamper – Sikkerhetsspesifikasjoner.
- Armaturer i klasse 2 (dobbelisolerte) bør benyttes hvis teknisk mulig. For armaturer i anlegg med luftstrekking må dette vurderes nærmere da behovet for jording for avledning av overspenning og atmosfæriske forhold er større enn ved jordkabelanlegg. Forkoblingsutstyret skal relevant beskyttelse mot overspenning, minimum i henhold til EN 60598 (2,5 kV).
- Armaturen skal være fasekompensert med $\cos\phi \geq 0,9$ og være utstyrt med utkoplingsautomatikk (cut-off) for å unngå blinkende lys når lampene nesten er utbrent. Det er også viktig at $\cos\phi$ ikke reduseres ved dimming av lyset. Dette kan være utfordring ved bruk av LED.
- Armaturen skal være merket med symboler. Symbolene brukes til å identifisere lampetype og lampestørrelse, og skal være synlige fra bakken. Se tabell 4.2.

- Toppstykke med kort arm skal monteres på mastetoppen hvis vegen stiger eller faller i lengderetning med 3 % eller mer. Armaturen skal vris slik at den blir parallell med vegen. Da blir blendingen redusert og langsgående jevnhet blir bedret.
- Når armaturene er montert på mast, bør dens helningsvinkel være mellom 0 og 10 grader. Enkelte armaturer har vinklet skjerm og optikk oppover. Skjermens og optikkens totale helningsvinkel bør da ikke være større enn 10 grader.

Tabell 4.2: Merkesymboler for lamper til å feste på armaturene.

	35 W	50 W	70 W	80 W	100 W	125 W	150 W	250 W	400 W
Kvikksølv-damplampe									
Metallhalogen									
Høytrykknatrium Ellipsoideform									
Høytrykknatrium Rørform									
Symboler merket med E, viser lamper med eksternt tennapparat									

Kvikksølvdamplamper fases ut 2015.

Det gjøres oppmerksom på at rød markering minst 30 mm i diameter også har betydning som nødlysarmatur iht. NEK400-560.9.15. Dette kan forveksles i tunnel.

Anbefalingene som er gitt i kapittel 9.5 for LED-armaturer for tunnelbelysning, gjelder også for LED-armaturer for vegbelysning.

4.4.2 Forkoblingsutstyr

Bruk av elektronisk forkoblingsutstyr gir lampene ideelle spenningsforhold som forlenger levetiden betydelig, gir lavere startstrøm for anleggene og reduserer tapet i reaktoren med noen prosent. Det har vist seg at kondensatorens virkning avtar etter noen år slik at strømforbruket øker. De bør derfor skiftes samtidig med hvert andre lampeskift. Dette problemet unngås ved bruk av elektronisk forkoblingsutstyr.

Elektronisk forkoblingsutstyr finnes i tre hovedvarianter: dynamisk (for dimming), trinning og statisk.

Elektronisk forkoblingsutstyr skal velges hvis slikt utstyr finnes for den aktuelle lampestørrelsen. Dersom elektronisk forkoblingsutstyr finnes skal det baseres på kommunikasjon med åpne protokoller, for eksempel bruk av 1 – 10 V som styresignal.

Fra 2017 blir det ikke lenger tillatt å produsere magnetisk forkoblingsutstyr med dårlig effektivitet, og det kan etter hvert bli vanskelig å få erstatningsprodukter til gamle anlegg. Dette er også en viktig begrunnelse for å benytte elektronisk forkoblingsutstyr på nye installasjoner.

4.5 Lyskilder

Som lyskilde til vegbelysning står valget i dag mellom natriumhøytrykklamper, metallhalogenlamper med keramisk brenner og lysdioder (LED).

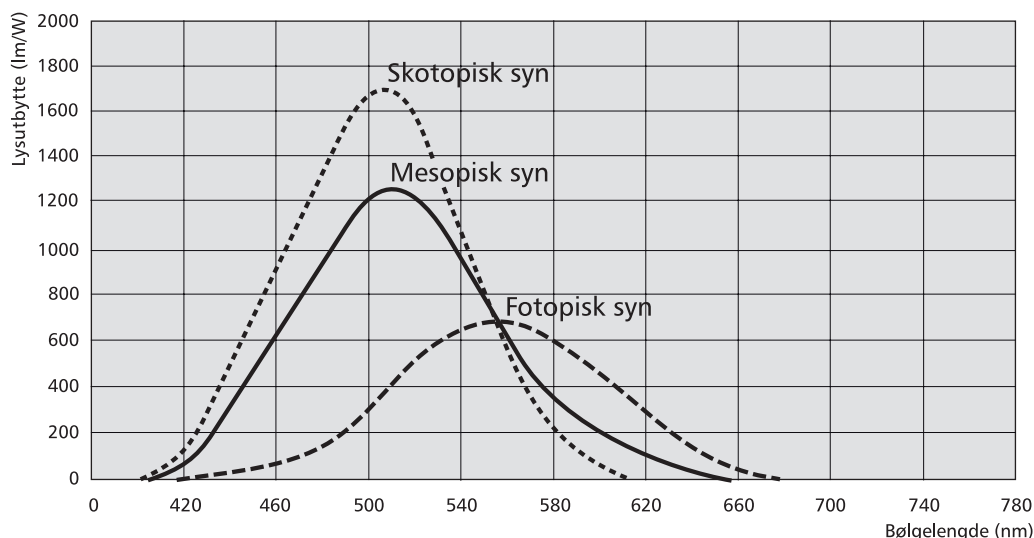
Natriumhøytrykklamper har i mange år vært dominerende på grunn av høyt lysutbytte og lang levetid. Etter hvert har metallhalogenlamper kommet mer i bruk på grunn av bedre fargegjengivelsesevne. Disse har kortere levetid enn natriumhøytrykklampene, men levetiden har etter hvert økt kraftig.

Om få år vil markedet endre seg som følge av EU-forordning 245/2009 som setter nye krav til lyskilder og forkoblingsutstyr. Lyskilder med for lav virkningsgrad (lumen/watt) eller for høyt innhold av miljøfarlige stoffer fases ut. Produksjon og markedsføring av visse typer lamper blir forbudt. Glødelamper er på rask vei ut. Noen typer natriumhøytrykklamper (75-105W) fases ut i 2012. Lyskilder med for høyt kvikksølvinnhold fases ut i 2015. Natriumlavtrykk fases ut i 2016. Noen metallhalogen lamper fases ut i 2017.

Det antas at LED vil bli mer benyttet til vegbelysning etter hvert som kvaliteten øker, prisene går ned og andre lyskilder fases ut. LED har lang levetid og god fargegjengivelse. Lysutbyttet [lumen/watt] er i 2012 omtrent som for natrium høytrykk og metallhalogen, men det har i årene 2005 – 2011 økt med ca. 7 % per år. LED-armaturer lar seg lett dimme, og strømbesparelsen er større ved dimming av LED enn ved dimming av andre aktuelle lyskilder. Kvaliteten på ulike LED-armaturer er imidlertid svært forskjellig, og det er viktig å verifisere de dataene som blir oppgitt.

Dagslyset sender ut energi fra hele fargespektret, mens de fleste kunstige lyskilder bare sender ut lys i deler av spektret. Kunstig lys har derfor varierende evne til å gjengi riktige farger på de objektene som belyses. I vegtrafikken er det lettere å se fotgjengere og syklistene i lys som har god fargegjengivelse. Metallhalogenlamper med keramisk brenner og hvit LED egner seg derfor bedre i bytrafikken enn natriumhøytrykklamper. I trafikksituasjoner hvor god fargegjengivelse er viktig bør vi tilstrebe $R_a > 65$. Produsentene oppgir gjerne både lysets totale fargegjengivelsesindeks R_a og fargetemperaturen T_c , som måles i grader Kelvin (K). LED leveres vanligvis med høy fargetemperatur, og lysutbyttet er gjerne høyest ved fargetemperatur rundt 6000 K. Ved så høy fargetemperatur oppleves imidlertid lyset som unaturlig kaldt og fargetemperatur over 4500 K bør derfor ikke benyttes til vegbelysning. Til tunneler kan det vurderes å benytte belysning med noe høyere fargetemperatur, se kapittel 9.

Den spektrale lysfordelingen fra metallhalogen og hvit LED er bedre tilpasset øynenes følsomhet enn lyset fra natriumhøytrykklampene ved de lave lysnivåene vi har i vegbelysning. Øynenes maksimale følsomhet og beste synsevne forskyver seg fra den gule delen av fargespektret mot den blå delen av spektret når lysnivået endrer seg fra dagslys til nattlys (Purkinjes fenomen). Figur 4.14 viser kurver for øynenes spektrale følsomhet ved dagslys (fotopisk syn), nattlys (skotopisk syn) og kunstig belysning slik som vegbelysning (mesopisk syn).



Figur 4.14: Øynenes spektrale følsomhet ved dagslys (fotopisk syn), nattlys (skotopisk syn) og kunstig belysning (mesopisk syn)

Metallhalogenlampene og hvit LED har et lysspektrum som er bedre tilpasset det mesopiske synet enn natriumhøytryklampene. Fordelen med metallhalogen og LED framfor natriumhøytrykk øker med avtagende luminans og med økende avstand fra synsakse til objekt. Det betyr at fordelene er særlig stor når det gjelder å oppdage fotgjengere, dyr, kjøretøy eller andre hindringer i vegkanten eller på veg inn mot vegkanten.

Alle fotometriske størrelser er foreløpig basert på fotopisk fotometri. Det arbeides internasjonalt for en overgang til mesopisk fotometri, men dette er komplisert og det vil ta tid å få til en praktisk anvendelse av den kunnskapen man har om mesopiske synsforhold. I mesopisk fotometri vil hvite bredspektrede lyskilder, som metallhalogen og hvit LED, bli angitt med høyere lysutbytte (lumen/Watt) enn i dag og komme mer fordelaktig ut som lyskilder til veg- og gatebelysning. Natriumhøytrykk (NaH) derimot, som sender ut lys som ligger i den gule, oransje og røde delen av spektret vil bli angitt med lavere lysutbytte enn i dag. I visse situasjoner, som omtalt ovenfor, vil hvitt lys være særlig fordelaktig, men denne fordelene skal foreløpig omsettes i bedre trafiksikkerhet.

Valg av lyskilde må avhenge av stedlige forhold og hvilke krav som stilles til belysningsanlegget, slik som vist i tabell 4.3.

Tabell 4.3: Anvendelsesområde for ulike lyskilder

Lyskilde	Anvendelsesområde
Metallhalogen	Vegbelysning i tettsteder med mye gang- og sykkeltrafikk, miljøgater, gang- og sykkelveger, torg eller parker
Natriumhøytrykk	Vegbelysning utenfor tettbygd strøk og i mindre ømfintlige områder i tettsted, gang- og sykkelveger
Natriumlavtrykk	Benyttes ikke i nye belysningsanlegg pga dårlig fargegengivelse
Kompaktlysrør	Gang- og sykkelveger, torg og parker
Lysrør	Gang- og sykkelveger, torg og parker, og på spesielt vanskelig tilgjengelige steder
LED	Vegbelysning, gangfelt, gang- og sykkelveger, torg og parker

Det er stor forskjell på lyskildenes kvalitet. Enkeltskift er dyrt, og det er derfor avgjørende for driftsutgiftene at en velger lyskilder som har lite utfall og langsom lystilbakegang.

Krav til lyskilder:

- Lyskilder skal oppfylle sikkerhetskrav til temperatur i NEK EN 62035 Utladningslamper (unntatt lysrør) – Sikkerhetsspesifikasjoner.
- Lyskilder skal tåle vibrasjon og mindre rystelser som forekommer ved normale driftsforhold uten forringelse av kvalitet.
- Lyskilder skal ha fargetemperatur $T_c \geq 2\,000\text{ K}$ og fargegengivelsesindeks $R_a \geq 20$.
- For anlegg i tettbygde strøk, og med stort innslag av syklist og fotgjenger, skal en legge ekstra vekt på å oppnå gode synsforhold. For slike anlegg bør det velges lyskilder med $T_c > 2\,800\text{ K}$ og $R_a > 65$. Selv om dette vil gi noe økte driftskostnader, vil synsopplevelsen bedres og trafikk sikkerheten øke.
- Natriumhøytrykk lamper skal ha minst 24 000 timer brenntid (L_{80}).
- Metallhalogen med keramisk brenner skal ha minst 12 000 timer brenntid (L_{80}).
- For andre lampetyper settes det krav om levetid i henhold til hva som er mulig.
- Metallhalogen med kvartsglassbrenner bør unngås fordi den har en svært rask lystilbakegang. Etter som 250 W metallhalogen bare leveres med kvartsbrenner, bør det benyttes 150 W metallhalogen med keramisk brenner eller andre lyskilder med hvitt lys.
- Det skal framlegges dokumentasjon og diagram som viser:
 - servicelevetid (L_{80}).
 - fargetemperatur (T_c)
 - fargegengivelse (R_a)

Tabell 4.4: Tekniske data for aktuelle lyskilder

Lyskilde Benevnning	Natrium- høytrykk	Metall- halogen m/keramisk brenner	Cosmo Polis	LED	Lysrør	Induk- sjons- lamper
Internasjonal betegnelse, ILCOS	ST, SE	MD	MT		FD	FDI
Eks. på produktbetegnelse	NAV, SON	HCI, CDO, CPO	CPO		T8, TL-D	QL
Effekt (W)	50 - 1000	35 - 400	45 - 140	0,1 - 5	10 - 70	55 - 165
Lysytelse (klm)	3,5 - 130	3,6 - 93	4,3 - 16,5		0,7 - 6,2	3,5 - 12
Lysutbytte (lm/W)	70 - 140	85 - 108	95 - 118	40 - 110 ¹⁾	60 - 96	63 - 80
Fargetemperatur	2000	3000 - 4200	2800	3000 - 6500	2700 - 8800	2700 - 4000
Fargegjengivelses- indeks (R _a)	20 - 25	80 - 98	60 - 70	50 - 90	60 - 90	>80
Levetid, L ₈₀ (1000 timer)	14 - 24	12 - 20	12 - 18	50 - 100	13 - 80	>60

1) Lysutbyttet for LED endres raskt i henhold til teknologisk utvikling.

4.6 Levetid

Komponenter for veglys har varierende levetid. For utstyr som har kortere levetid enn 30 år, skal man ta med kostnader ved utskifting når man beregner driftskostnadene.

Dimensjonerende levetider for belysningsutstyr er vist i tabell 4.5.

Tabell 4.5: Levetider for belysningsutstyr

Master og fordelingsskap		30 år
Kabler		40 år
EX hengeledninger		30 år
Styringsautomatikk og elektroniske deler		20 år
Kondensatorer i armaturer med magnetiske reaktorer ¹⁾		8 år
Lyskilde, L ₈₀	Natriumhøytrykk	24 000 timer
	Metallhalogen med keramisk brenner	12 000 timer
	LED	50 000 timer
	Andre lyskilder har annen levetid som må oppgis fra leverandør	

1) Det har vist seg at kondensatorens virkning avtar etter noen år, slik at strømforbruket øker. Den bør derfor skiftes ved hvert andre lampeskiift.

De oppgitte levetidene skal benyttes i LCC beregninger dersom ikke andre levetider er garantert av leverandøren.

4.7 Gruppeskiftintervall og vedlikeholdsfaktor

Tabell 4.6 viser hvilket gruppeskiftintervall som anbefales for å unngå mer enn henholdsvis 5 % lampeutfall og 10 % lampeutfall. Anbefalingen er basert på data fra to lyskildeprodusenter. I de tre kolonnene lengst til høyre vises anbefalt vedlikeholdsfaktor for armaturer med ulike lyskilder og ulike forurensningsnivåer. I vedlikeholdsfaktoren er både lyskildenes lystilbakegang ved 5 % - 10 % utfall og armaturens tilsmussing i løpet av ett år inkludert. Forskjellen i lystilbakegang ved 5 % utfall og 10 % utfall er svært liten for de lyskildene som benyttes til vegbelysning. En gjennomsnittsverdi for dette er derfor benyttet i beregningen av vedlikeholdsfaktoren.

Tabell 4.6: Gruppeskiftintervall for lyskilder ved henholdsvis 5 % utfall og 10 % utfall, og tilhørende vedlikeholdsfaktor for armaturer, relatert til områdets forurensningsnivå.

Lyskildetype	Effekt	Gruppeskift (timer)		Vedlikeholdsfaktor		
		5% Utfall	10% Utfall	Sone 1	Sone 2	Sone 3
Natrium høytrykk damp Lampe	50W	14000	17000	0,80	0,75	0,70
	70W	16000	20000	0,80	0,75	0,70
	100W	17000	21000	0,80	0,75	0,70
	150W	17000	21000	0,80	0,80	0,75
	250W	17000	21000	0,80	0,80	0,75
	400W	16000	21000	0,80	0,80	0,75
Metallhalogen keramisk	50W	7000	10000	0,65	0,60	0,55
	70W	7000	9000	0,75	0,70	0,60
	100W	10000	12000	0,80	0,75	0,65
	150W	10000	12000	0,80	0,75	0,65
	250W	7000	9000	0,80	0,75	0,70
Philips Cosmopolis	60W/728	20000	22000	0,80	0,75	0,65
	60W/840	10000	12000	0,80	0,75	0,65
	90W/728	16000	20000	0,75	0,70	0,65
	90W/840	11000	12000	0,80	0,80	0,70
	140W/728	12000	16000	0,80	0,75	0,65
	140W/840	11000	12000	0,85	0,80	0,70
LED ¹⁾	-	-	-	0,90	0,85	0,80

Sone 1: Områder med svært lite røyk- og støvmengder. Landlige omgivelser.

Sone 2: Områder med middels røyk- og støvmengder. Tettsteder, bynære strøk, hovedveger med stor trafikk.

Sone 3: Områder med høye røyk- og støvmengder. Større byer, områder med stor trafikk tetthet.

1) Det er kun mulig å benytte vedlikeholdsfaktorer som angitt i tabellen, dersom armaturene er utstyrt med forkoblingsutstyr som endrer pådraget til diodene over tid og sørger for at lysytelsen er konstant. Forkoblingsutstyret bør også kunne detektere og kompensere for eventuelle defekte dioder. Armaturenes effektforbruk og energiforbruk gjennom lysanleggets dimensjonerte levetid skal dokumenteres.

For armaturer uten slik funksjonalitet skal relevante faktorer for lystilbakegang og utfall av dioder legges inn som forutsetninger ved utregning av vedlikeholdsfaktorene. Det skal legges inn faktorer tilpasset slutten av lysanleggets dimensjonerte levetid. Vedlikeholdsfaktoren skal regnes ut i henhold til CIE 154:2003 The Maintenance of Outdoor Lighting Systems, med faktor LMF angitt som i tabell 4.6. Underlag som viser diodenes lystilbakegang og utfall over tid skal vedlegges utregningene, og være tilpasset diodenes driftsstrøm for det spesifikke lysanlegget.

Det bør stilles krav til dokumentasjon av utfall og lystilbakegang for tilbudte lyskilder. Tallene i tabellen oppdateres jevnlig, og oppdaterte verdier fra produsentene bør benyttes.

5 Elektrotekniske krav

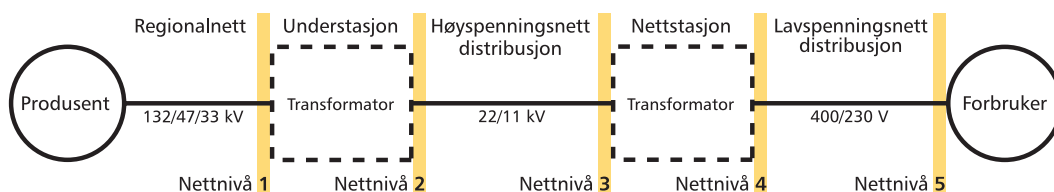
Vi har et meget omfattende regelverk som regulerer håndtering av elektriske anlegg i form av forskrifter og normer. Det stilles krav til formell kompetanse, materiell og utstyr, utførelse samt arbeidsprosedyrer.

Den som skal prosjektere, utføre og vedlikeholde elektriske anlegg må være registrert hos Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap i det aktuelle virkeområdet.

5.1 Kraftforsyning og fordelingsnett

For å redusere energikostnadene, kan det være aktuelt å kjøpe kraften på et høyere nivå enn nivå 4 og 5 som har vært vanligst til nå. Energiloven åpner for dette.

Besparelsen ved å være tilknyttet på et høyere spenningsnivå kan imidlertid endre seg over tid, fordi nettselskapet har anledning til å endre tariffene. Sluttbruker må betale alt fra og med målepunktet.



Figur 5.1: Ulike nettnivåer

Kraftforsyning og måling på nettnivå 3

Levering og måling skjer i nettstasjonen på høyspenningssiden av transformatoren.

Energiloven sier at de som skal bygge og drive elektriske anlegg med spenning over 1000 volt, må ha anleggskonsesjon. En slik konsesjon tildeles det selskapet som skal stå for bygging og drift av elektriske anlegg. Det er altså drifter, og ikke eier, som skal ha konsesjonen (forutsatt at drifter og eier er to forskjellige selskaper). Krav til søknad om anleggskonsesjon er beskrevet i energilovsforskriften (FOR 1990-12-07 nr. 959). Kravene er nærmere forklart i NVE's veileder i utforming av konsesjonssøknader (Publikasjon nr. 21, 1991).

Hvis Statens vegvesen har bekostet en nettstasjon, kan det være en fordel at Vegvesenet er eier.

Kraftforsyning og måling på nettnivå 4

Levering og måling skjer i nettstasjonen på lavspenningssiden av transformatoren.

Kraftforsyning og måling på nettnivå 5

Levering og måling skjer i fordelingsskapet på lavspenningssiden i abonnentens fordeling.

5.2 Systemspenning

For nye anlegg skal systemspenning være 400 V TN-C-S eller TN-S, med bruk av 4- eller 5-leder fra nettstasjon fram til første fordeling, og med videreføring herfra som et rent 5-ledersystem.

Hvor 400 V ikke er tilgjengelig fra nettleverandør, skal det monteres en 230/400 V trafo med atskilte viklinger i fordelingen slik at det blir mulig å etablere et TN-S-anlegg. Trafo skal ikke «gå i tomgang» når lysanlegget ikke er i bruk. Alternativt kan man for anlegg inntil fem master utlate trafo, men legge til rette for skifte av systemspenning. Det betyr at det ikke skal være behov for bytte av kabler siden.

5.3 Energimåling

Alle anlegg skal energimåles. Foruten bruk av tradisjonelle målere er det blitt tillatt å avregne energi ved hjelp av godkjente registre for veglysanlegg. Målerne bør kunne fjernavleses med toveiskommunikasjon.

Lysanlegget bør forsynes fra nærliggende tunnelanlegg der dette er mulig for å unngå ekstra målepunkt.

Hvis Vegvesenet bekoster nettstasjoner med mellomliggende høyspenningsnett, skal energien summasjonsmåles dersom nettselskapet aksepterer dette. For bestående umålte anlegg kan målingen skje ved registrering av innkoplingstiden og installert effekt.

Anlegg med større forbruk enn 100 MWh skal timemåles, se § 3-3 i Forskrift om måling, avregning og samordnet opptreden ved kraftomsetning og fakturering av nettenester, FOR 1999-03-11 nr. 301.

5.4 Fordeling

Krav til plassering, oppbygging og innhold i strømfordeling:

- Fordelingsskap skal plasseres med tanke på rasjonell og sikker drift, og det skal være mulig å parkere like ved. Det må ved plassering av skap og parkeringsplass påses at de ikke utgjør noen fare for alvorlige trafikkulykker. Skapdør bør vende bort fra vegen, og skapet må merkes med snømarkør. Fri høyde fra terreng til underkant av dør skal være minst 40 cm. En skisse for standard utførelse av fordelingsskap er vist i vedlegg 5.
- Fordelingsskap skal være utført med minimum IP 55, ha trykkutjevningssnippe, formkrav 2B og være bygget etter NEK 439.
- Reserveplass for en hensiktsmessig utvidelse av fordelingene skal være minst 30 % og gjelder innenfor hver gruppe/hvert felt, samt i ledningskanaler internt i fordelinger. Elektrisk kapasitet skal også ha 30 % reserve.
- Man må ta hensyn til automatikkleverandørens krav til skapet og innholdet i det.
- Alle kabler skal føres inn/ut i bunn av fordelingen via sokkel/fundament.
- Skap skal merkes utvendig med skilt som angir id-nummer, spenningsnivå og eventuelt kompetansenivå for å ha tilgang til innholdet (BA1, BA4 eller BA5 i henhold til NEK 400, tabell 51A).
- Kabler og fordelingskomponenter skal merkes i henhold til forskriftene og normene. Det anbefales å benytte Statsbygg sitt tverrfaglige merkesystem, TFM.

- Jordfeilbrytere skal monteres i IT-anlegg. For TN-anlegg vurderes behovet for jordfeilbryter i risikovurderingen. Det beste er én for hver mast (kombinert belastningsvern og jordfeilbryter), alternativt én for hver kurs. Jordfeilbrytere må:
 - velges ut fra anleggets normale lekkasjestrømmer og de styresignaler som vil opptre
 - være tidsforsinket og støtstrømsikker opptil 5 kA
 - ikke ha større utløserstrøm enn den dimensjonerende jordfeilstrømmen oppgitt av netteier
 - det skal fortrinnsvis velges jordfeilbrytere med selvtest
- Termostatstyrt varmeelement monteres.
- Måler monteres.
- Fordelingsskapene skal være utstyrt med vendere med stillingene AV – PÅ – AUTO.
- Automatiske og manuelle funksjoner som bør kunne betjenes er:
 - tenning
 - regulering
 - slukking
 - omkopling til lokal funksjon
- Lokal fotocelle i fordelingene skal ivareta tenning og slukking hvis sentral styring faller ut.
- I tillegg kan følgende automatiske funksjoner medtas i forbindelse med prosjektering av anleggene:
 - logging (tilstand og historikk)
 - alarmer til styringssystemet

Utvidete funksjoner i et moderne veglysanlegg på høytrafikkert veg kan være:

- logging av effekt via måler eller timeteller
- rapportering av levetid
- alarm for kursutfall
- alarm for jordfeil
- regulering av lysnivå
- hendelser
- omlegging av veg
- drifts- og vedlikeholdsfunksjoner
- frakopling for service og vedlikehold

Tabell 5.1: Teststandard og testverdier for utstyr montert i utendørs skap

Miljøforhold	Teststandard	Testverdier
Kulde	IEC 60068-2-1, test Ad	-40°C, 16 timer
Varme	IEC 60068-2-2, test Bd	+70 °C, 16 timer
Temperaturforandring	IEC 60068-2-14, test Nb	-5 °C - +55 °C Rate: 1 °C/min. t ₁ =2 timer, 3 sykluser
Relativ luftfuktighet	IEC 60068-2-30, test Db	40°C, 4 sykluser
Vibrasjon	IEC 60068-2-6, test Fc	Frekvensbånd: 1-10 Hz Akselerasjon: 10 G Antall sveip: 100 i hver av x-,y- og z-retningene Frekvensbånd: 10-150 Hz Akselerasjon: 1 G Antall sveip: 20 i hver av x-,y- og z-retningene

Vern, trafoer, forkoplingsutstyr og koplingsbokser etc. skal ikke plasseres under bakkenivå i kummer.

5.5 Veglyskabler

Kabler bør legges i trekkør. Reservetrekkør bør også legges (minimum DV 50 mm). Montasje av kabler og rør er elektroarbeid og skal utføres av elektrofagfolk.

Kablene skal til enhver tid være endeforseglet (smukk og ikke tape) i byggeperioden. Ved tilkobling i mast skal kabelen påsettes kabelskritt (krympeskritt med lim) for å hindre fuktinntrengning. Det skal være gjort tiltak som hindrer fuktighet fra grunnen i å stige opp innvendig i mast.

Jordkabel i grøft skal være av type PFSP eller tilsvarende med rett antall ledere og fargemerkning iht. CENELEC HD 308S2. Den skal oppfylle kravene i EN50265, HD603-3J, IEC60332-1, NEK591 og LVD. Bruk av jordleder (gul/grønn) som nøytraleider ved å endre merking i ender av kabelen og bruk av separat jordleder aksepteres ikke. Minimum tverrsnitt 4 x 25 Al/10 eller 4 x 16/16. Ved oppføring i mast føres kabelen i sløyfe til stolpeinnsatsen i masteluke.

Ved bruk av luftstrekk benyttes isolerte selvbærende hengeledninger type EX med minimum tverrsnitt 4 x 25 Al. Det kan benyttes 4-leder hvis anlegget bygges dobbeltisolert. Ved alle koplingspunkt skal N- og jordlederen merkes med henholdsvis blå og gul/grønn farge, eller N og PE. Merkingen skal utføres med krympestrømpe eller merkeskilt som stripses til lederne.

Luftledninger i stålstolper er ikke tillatt.

Nytt kabelsystem (TXXS-RL med avgreining i bakken) for vegbelysning er under utprøving og vil kunne bli tatt i bruk dersom resultatene av testene er tilfredsstillende. Kabel av type TFXP levert med 5 ledere kan også benyttes. Den skal oppfylle kravene i EN50265, HD603-5J, IEC60332-1, NEK591 og LVD.

5.6 Jordingsanlegg

Jordingsanlegg skal sikre at maksimalt 50 V berøringsspenning ikke overstiges. Blank jordledning, minimum KHF 25 Cu, skal legges i alle grøfter parallelt med veglyskabelen.

I grøft ved mastefot skal det lages en avgreining med dobbel C-press med PN 25 gul/grønn ledning som føres isolert opp i mast og tilkoples jordingsklemmen i koplingsluken. Veglyskabelens jordledning tilknyttes den samme klemmen.

Utjevningsforbindelsen skal legges glatt gjennom anlegget og avgreines med dobbel C-press inn på jordingsskruen i hver mast. Hovedutjevningsforbindelse skal ikke legges i sløyfe opp i fundamentene. Påsetting av C press er elektroarbeid og skal utføres av elektrofagfolk.

Anlegg med luftledninger bør om mulig bygges dobbeltisolert. Det monteres avledere (5 kA) i fordelingene for å beskytte mot atmosfæriske overspenninger i fordelingsnettet.

Hvis anlegget ikke er dobbeltisolert og det benyttes master av ledende materiale, må det høyst sannsynlig bygges jordingsanlegg ved hver mast. Kravet til maksimum berøringsspenning og utkoplingstid vil være avgjørende.

5.7 Oppføringskabel

Kabel i mast fra stolpeinnsats og jordklemme til armatur bør være mangetrådet med tverrsnitt $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ med eller uten jordleder etter behov, og oppfylle følgende normer: EN50265, HD603-3J, IEC60332-1, NEK591 og LVD.

5.8 Stolpeinnsats

Stolpeinnsatsen skal være en dobbeltisolert boks i IP 65, med en flerpolet automatsikring, eventuelt også med jordfeilbryter.

5.9 Fotocelle

Fotocelle med kapslingsklasse minimum IP 65 skal ha 4 - 20 mA utgangssignal for direkte tilkobling til styresystem. Krav til måleområder:

- Vegbelysning: 0 – 100 lux
- Tunnelbelysning Skumringstrinn: 0 – 2000 lux
- Tunnelbelysning Dagtrinn 1 og 2: 0 – 15000 lux

Samlet nøyaktighet skal være maksimalt $\pm 3 \%$ av skala.

Fotoceller skal være cosinuskorrigert, samt ha innebygget termostatstyrt varmeelement.

Temperaturområde – 40 til + 50°C.

Fotoceller for vegbelysning monteres vertikalt (helst nordvendt) og slik at uønsket innstråling unngås, f.eks. fra billys.

Fotoceller for tunnelbelysning monteres vertikalt på lysstolpe i en avstand lik stoppsikten fra tunnelportal og rettes mot portalen, slik at den gjenspeiler adaptasjonsluminansen ved kjøring i retning mot tunnelen.

Innkopling av vegbelysningen bør skje på et belysningsnivå som er litt høyere enn det som skal gjelde for vegbanen, og utkopling bør skje ved et belysningsnivå som er likt eller litt lavere. Når det velges fotoceller med et lite måleområde (0 - 100 lux) vil det være mulig å få til akseptable innstillinger. Det anbefales at lysanlegget tenner og slukker ved ca. 20 lux. Styresystemet skal ivareta en forsinkelsesfunksjon som hindrer lyset i å slukke kort tid etter tenning.

5.10 Selektivitet

Overlast/kortslutning i en mast eller armatur skal ikke føre til utkopling av hele kursen. Sikringsstørrelse og karakteristikk skal velges så man har selektivitet mellom vern i mast og vern i fordeling ved kortslutning på sekundærklemmene på vernet i mast. Det skal også være selektivitet mellom kursvern og forankoblet hovedvern.

For på en enkel måte å kunne dokumentere selektivitetskravene skal alle vern som er med i kretsen være av samme fabrikat.

6 Styring av belysningsanlegg

Med styring av belysningsanlegg menes at man ved hjelp av styresignaler kan

- tenne og slukke
- endre belysningsnivået trinnvis
- endre belysningsnivået trinnløst (dimming)

Med regulering menes styring med tilbakemelding om ny tilstand.

Styringen kan være tidsstyrt, for eksempel etter astronomisk ur, eller kontrollert av fotocelle eller luminansmeter. Ved regulering kan det også være aktuelt å benytte styringsparametere som kjørebaneluminans og trafikk tetthet. Vegbelysningen kan da endres etter ett av to hovedprinsipper:

- 1) “Opprettholdt luminans”. Lysfluksen reguleres opp eller ned, avhengig av variasjoner i dagslys, omgivelseslys, værforhold eller vegdekkets lyshet, på en slik måte at luminansen fra kjørebaneluminans holdes konstant på det ønskede nivået. Dette innebærer også at man kan ta hensyn til lyskildens lystilbakegang.
- 2) “Behovstilpasset luminans”. Lysstyrken reguleres opp eller ned for å endre kjørebaneluminans etter behov, slik at den økes når trafikk tettheten, andel myke trafikanter eller tiden på døgnet tilsier at det er behov for høyere luminans.

Undersøkelser har vist at vegbelysningen ofte tennes for tidlig eller slukkes for seint, slik at lyset står på til tider hvor det ikke har noen nytte. Det kan derfor oppnås store besparelser med riktig kvalitet, installasjon, drift og vedlikehold av fotoceller til tenning og slukking.

Å regulere belysningsanlegget etter prinsippet “opprettholdt luminans” kan være svært energieffektivt i Norge, hvor vi har lange overgangsperioder mellom natt og dag og hvor vi har lange perioder med snø langs vegene og på vegene.

Anbefalinger for behovstilpasset luminans er gitt av den internasjonale belysningskommisjonen i CIE 115 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic. Der beskrives det hvordan vi kan redusere gjennomsnittlig luminans tilsvarende maksimalt to belysningsklasser til visse tider og på visse vegstrekninger med lav fart, lite biltrafikk, liten andel gang- og sykkeltrafikk, lite forstyrrende omgivelseslys og/eller god visuell ledning.

6.1 Sentral eller lokal styring?

For optimal drift tilpasset lokale lys- og trafikkforhold, vil det være riktig å basere styringen på lysmålinger og trafikkmengde i hvert område. Dette er også en viktig forutsetning for at belysningsanleggene i størst mulig grad skal kunne virke som autonome (selvregulerende) enheter. Anleggene kan styres av lokale målinger hvis kommunikasjonen mot sentrale systemer faller ut.

Det bør legges til rette for at anlegg på hovedveger og i urbane strøk skal kunne overvåkes og eventuelt styres fra vegtrafikksentralene (VTS) eller fra en lokal driftssentral.

Den elektriske installasjonen skal ses på som én enhet når en planlegger styringen, slik at en kan utnytte felles system og styringskabler, eksempelvis for trafikktekniske installasjoner og tunnelstyring. Systemet skal kunne utvides uavhengig av leverandør.

6.2 Tekniske løsninger

Det finnes i hovedsak tre måter å styre vegbelysningsanlegg på:

- 1) Inn-/utkopling av veglyskursene ved hjelp av kontaktorstyring i fordelingen. Dette kan styres av klokke, fotocelle, luminansmeter, styresignal fra annen fordeling, sensor for trafikk tetthet, værstasjon eller en kombinasjon av disse.
- 2) Trinning av gassutladningslamper til ca. 50 % lysytelse (ca. 30 % energibesparelse) ved hjelp av konvensjonell reaktor med midtuttak. Dette kan gjøres med tids-programmering av reaktor/armatur. Armaturene tennes alltid med full effekt, og tids-rommet for trinning regnes som antall timer før og etter et tidspunkt som ligger midt mellom tenning og slukking. Løsningen krever ingen ekstra styreledninger.

En annen løsning vil være å legge en ekstra styrekabel. Ved å spenningsette denne kablen tilkoples reaktorens laveste ytelse på 50 %.

- 3) Dimming ved hjelp av elektronisk forkobling. Dette muliggjør situasjons- og øyeblikk-bestemte lysnivåer, noe som gir optimal behovstilpasning.

Natrium høytrykk lamper kan trinnes eller dimmes til ca 30 % lysfluks, metallhalogen til ca. 60 % lysfluks og LED til 0 % lysfluks.

Det er to hovedprinsipper for trinnløs regulering, analog teknikk med 1–10 V signal spenning og digitalteknikk. Digitalteknikken videreutvikles stadig. Spesielt interessant er adresserbare systemer. Her bruker man åpne kommunikasjons-protokoller basert på industristandard, for eksempel:

- DALI (Digital Addressable Lighting Interface, NEK EN 60929 punkt E), som er en BUS-basert, standardisert, adresserbar protokoll som brukes av de fleste produsenter av elektronisk forkoblingsutstyr i Europa. Det er et fleksibelt avansert system som har hatt stor betydning for belysningsbransjen de siste årene.
- LonWorks og EIB er to andre åpne protokollstandarder som underbygges av mange verdensomspennende firmaer.

Kommunikasjonen med armaturene kan foregå med signal-/fiberkabel, radio eller telefon. Mest aktuelt er imidlertid Power line – kommunikasjon via tilførselskabelen.

Elektronisk forkoblingsutstyr kan som nevnt avdekke lampeutfall i den enkelte armatur. Måling av lampestrøm vil i tillegg gi mulighet for å følge med i armaturens energiforbruk, samt innstilt nivå ved behovsstyrt lysregulering.

Mer informasjon om teknologi for styring av vegbelysning er gitt i vedlegg 6.

6.3 Krav til styring av vegbelysningsanlegg

- Bruk av fotoceller skal optimaliseres. Utstyrets kvalitet, plassering og vedlikehold vil være helt avgjørende for effekten.
- Det skal brukes utstyr med åpne kommunikasjonsprotokoller basert på industristandard.
- På grunn av skiftende vær-, føre- og dekkeforhold og belysningsanleggets tilstand, kan det reelle luminansnivået være høyere enn kravet tilsier. Et anlegg kan da dimmes slik at målt luminansnivå blir lik kravet til belysningsklassen.
- Et vegbelysningsanlegg kan trinnes eller dimmes i den perioden timetrafikken er betydelig lavere enn timetrafikken for øvrig i mørket og det samtidig er lite gang- og sykkeltrafikk. Tidsperioden kan fastsettes på bakgrunn av gjennomsnittlig trafikkmønster. Trinning eller dimming er særlig aktuelt når luminansnivået er over 1,00 cd/m². Ved dimming kan en tenke seg en periode med 25 % reduksjon før det blir 50 % reduksjon senere på kvelden/natten. Ved bruk av reaktor med midtuttak vil trinning 1 time før midtpunktet og 5,5 timer etter midtpunktet tilsvare trinning fra klokken 23:00 til klokken 05:30 med vintertid og fra klokken 00:00 til klokken 06:30 med sommertid.
- I trinnet eller dimmet tilstand skal følgende krav være oppfylt:
 - MEW4 for veger uten midtrekkverk
 - MEW5 for veger med midtrekkverk,
 - CE for boliggate med fartsgrense 30 km/t og plasser

7 Rehabilitering av belysningsanlegg

Eldre vegbelysningsanlegg på riksvegene er ofte bygget ut av kommuner, netteiere eller velforeninger. Anleggene er vanligvis umålte, og energikostnadene blir beregnet ut fra et bestemt antall brukstimer per år (4 000 – 4 100). Som oftest er belysningsanleggene bygget ut som en del av et større nett, slik at en utskillelse vil kreve en omfattende ombygging. Hvis utskillelse ikke kan for-svares, må drifts- og vedlikeholdsansvaret, samt kostnadsfordelingen avklares mellom partene.

Det er et hovedmål at anleggene skal energimåles, og i størst mulig grad skilles fra andre belysningsanlegg tilhørende kommuner, nettselskap og andre. Dette for å kunne kontrollere energibruken og avklare hvem som har ansvar for drift og vedlikehold.

Generelle krav for overtakelse/rehabilitering

Det legges følgende retningslinjer til grunn for rehabilitering og overtakelse av belysningsanlegg:

- Tidligere eier må beskrive og vise på tegning grensesnittet mellom vegeier og netteier for det elektriske anlegget.
- Tidligere eier må framskaffe tegninger som angir plassering av alle master, fordelingsskap, trekkekummer og kabeltrasé. Det som ikke vises på kartet skal måles inn med GPS og overleveres på SOSI-format, se vedlegg 2.
- Tidligere eier må framskaffe lysberegninger for eksisterende anlegg.
- Ved behov for rehabilitering må det gjøres en analyse for å se om det er lønnsomt å bygge videre på det gamle anlegget, eller om det bør bygges nytt.
- Nye belysningsanlegg skal følge kravene gitt i Statens vegvesens vegnormaler.

Hvis det ikke lenger er behov for belysningsanlegget

Før rehabilitering eller overtagelse finner sted, skal det alltid bedømmes om det er behov for belysningsanlegget i henhold til dagens retningslinjer.

Når det ikke er behov for belysningsanlegget, kan følgende alternativer være aktuelle i prioritert rekkefølge:

1. Belysningsanlegget fjernes av eier.
2. Annen part ønsker å opprettholde belysningsanlegget: Anlegget oppgraderes etter dagens krav av den annen part, som også forestår framtidig drift og vedlikehold.
3. Vegeier og annen part ønsker å opprettholde belysningsanlegget av andre enn rent sikkerhetsmessige grunner: Anlegget oppgraderes etter dagens krav. Kostnadene fordeles etter avtale. Framtidig drift og vedlikehold ivaretas av vegeier.

Hvis det fortsatt er behov for belysningsanlegget

Belysningsanlegg som tilfredsstiller dagens krav overtas vederlagsfritt av vegeier. Ved fellesføringer på tremaster overtas kun luftledninger, utliggere og armaturer. Vegeier inngår avtale med eierne av fellesføringen om hvem som har det driftsmessige ansvaret (FEF § 2-12). Kostnader for eventuell etablering av målearrangement bekostes av vegeier.

Ved overtagelse skal belysningsanlegget være i orden:

- rustne og bøyde stålmaster samt skadde tremaster skiftes ut
- master rettes opp

- armaturer skal være rengjort, ha riktig helling og være montert vinkelrett på vegens senterlinje
- vegetasjon ryddes

Når belysningsanlegget ikke tilfredsstiller dagens krav, legges følgende til grunn:

- Vegeier overtar ikke blanke luftledninger og kvikksølvdamplamper. Det vurderes om armaturene må skiftes ut i sin helhet på grunn av elde, avskjerming og energibruk. Dagens eier fjerner gamle ledninger og armaturer og setter opp nye armaturer som tilfredsstiller håndbokens krav. Alternativt må overtagelsen utsettes til vegeier kan prioritere en opprustning over sitt budsjett.
- Ved behov for supplering av master, bekoster vegeier disse.
- Ved behov for utskifting, oppretting og supplering av master i fellesføringsanlegg, fordeles kostnadene mellom partene i henhold til inngått avtale.
- Hvis tidligere belysningsanlegg har vært integrert med andre anlegg, må eiere av disse bekoste ny tilknytning av sine anlegg.
- Gjennomføringen er avhengig av partenes bevilgningstakt.

Hvis vegeier mener at nytt belysningsanlegg bør bygges med stålmaster og framføring av kabler i grøft, bekoster vegeier nytt belysningsanlegg i sin helhet under følgende forutsetninger:

- andre fellesføringsparter tar kostnader for ombygging av egne anlegg
- grøftekostnader fordeles i henhold til deltakelse
- parallellføring av masterekker (stål/tre) på veggrunn tillates ikke
- gjennomføringen er avhengig av partenes bevilgningstakt

Andre belysningsanlegg

Vegeier overtar normalt ikke enkle lyspunkter. Unntak kan være i spredt bebygde områder hvor det er satt opp lys ved busslommer, rasteplasser og lignende.

8 Energibruk

Energiforbruket til veg- og tunnelbelysning bør til enhver tid av døgnet ikke være høyere enn det som er nødvendig for å oppnå god trafiksikkerhet.

Utenfor tettbygd strøk skal vegbelysning som regel settes opp der hvor vegnormalene (håndbok N100 Veg - og gateutforming) krever det, eller der hvor trafiksikkerhetsmessig nytte er større enn levetidskostnadene. Det skal likevel alltid vurderes andre, mindre energikrevende tiltak som erstatning for eller supplement til vegbelysning. Dette kan for eksempel være: lysere vegdekke, bedre vegoppmerking og montering av kantreflekser eller LED-ledelys.

I tettbygde områder skal vegbelysning først og fremst bidra til at det ikke skjer trafikkulykker med myke trafikanter. Også her må det legges vekt på å finne energieffektive løsninger. Det må tas hensyn til at lys fra omgivelsene kan gi et betydelig bidrag. Ved lysberegning av et vegbelysningsanlegg bør derfor bidragene fra alle offentlige vegbelysningsarmaturer innenfor en avstand av to mastehøyder vurderes inkludert. I disse tilfellene er det viktig å koordinere lysstyringen.

Belysningsanleggenes energiforbruk blir i stor grad bestemt av gjeldende krav til belysningsnivå og jevnhet. Men det er også flere andre forhold som kan bidra til å redusere energiforbruket:

- energieffektive lyskilder
- energieffektive armaturer
- behovstilpasset styring av belysningsanlegget
- overvåking av belysningsanlegget

Styring og overvåking er omtalt i kapittel 6.

Ved tunneler er det også flere tiltak som kan gjøres både utenfor og inne i tunnelen for å redusere belysningsbehovet. Dette er omtalt i kapittel 9.

8.1 Energieffektive lyskilder

Utviklingen av mer energieffektive lyskilder har gjort store framskritt i de seinere årene. Det kommer stadig forbedringer når det gjelder lysutbytte og levetid.

I veg- og tunnelbelysningsanlegg har det vært vanlig å prioritere høyt lysutbytte og lang levetid, mens fargegjengivelse ikke har vært vektlagt like mye. Høytrykksnatriumlamper har derfor vært dominerende i vegbelysning og i innkjøringssonen i tunneler. Utviklingen av mer effektive metallhalogenlamper med keramisk brenner, og de siste årenes utvikling av LED-armaturer, har imidlertid gitt belysning som gjengir farger godt ($R_a > 65$).

Ved valg av type lyskilde må det gjøres en vurdering av belysningsanleggets lyskvalitet, energiforbruk og levetidskostnader. LED-armaturer har gjerne andre egenskaper enn armaturer med natrium høytrykk lyskilde. Det er derfor nødvendig å ta hele armaturen i betraktning.

Følgende fire faktorer må derfor vektlegges ved valg av lyskilde:

- armaturens lysutbytte (lm/W)
- armaturens levetidskostnader
- lyskildens fargegjengivelsesindeks (R_a)
- lyskildens fargetemperatur (T_c)

Til belysning på veger uten myke trafikanter skal lysutbytte og levetidskostnader prioriteres høyest. På veger med betydelig innslag av myke trafikanter skal fargegjengivelsesindeks og fargetemperatur prioriteres høyest.

8.2 Energieffektive armaturer

I tillegg til lyskilden har følgende faktorer betydning for armaturens energieffektivitet:

- forkoblingsutstyret
- reflektor/optikk
- avskjerming

Forkoblingsutstyret har størst betydning. Nye vegbelysningsanlegg bør ha elektronisk forkoblingsutstyr hvis slikt utstyr finnes for den aktuelle lampestørrelsen. Disse gir mindre energitap enn konvensjonelt utstyr. I tillegg vil kondensatorene som brukes sammen med magnetiske reaktorer, øke strømforbruket etter som de blir eldre. Noen typer elektronisk forkoblingsutstyr gir mulighet for å styre armaturens lysnivå etter behov, samtidig som det blir mulig å overvåke lyskildens tilstand.

Reflektorer og optikk har først og fremst betydning for armaturens lysspredning, men spiller også en rolle for den samlede virkningsgraden. Det er særlig viktig å være klar over dette når armaturer skal kunne brukes av ulike lyskilder. Armaturleverandøren bør i slike tilfeller oppgi virkningsgrader for alle aktuelle lyskilder.

Armaturens avskjerming er også kilde til lystap. Avskjerming i klart materiale som er plant eller svakt buet, gir minst tap.

Tabell 8.1 nedenfor angir veiledende minsteverdier for armaturers lysutbytte relatert til lyskildens effekt og fargegjengivelsesindeks.

Tabell 8.1: Anbefalte minsteverdier for armaturers lysutbytte

Nominell lyskilde effekt W	$R_a < 50$ lm/W	$R_a > 50$ lm/W
46 - 70	80	75
71 - 100	90	75
101 - 150	100	75
151 - 250	110	75

Det er hensiktsmessig at man forholder seg til armaturens lysutbytte i stedet for lyskildens lysutbytte. På denne måten inkluderes både effekttap og tap av lysfluks i armaturen. I tillegg er det en fordel hvis man kan ta hensyn til hvor effektiv armaturen er til å fordele lysfluksen over de arealene som skal belyses og unngå unødvendig belysning i andre retninger.

8.3 LED

Erfaringer etter forsøk med LED til veg- og tunnelbelysning i Statens vegvesen ble i 2010 oppsummert slik:

- De beste LED-armaturene har armaturlysutbytte omkring 90 lumen/Watt. Dette er omtrent på samme nivå som de beste armaturene med tradisjonelle lyskilder til veg- og tunnelbelysning (natriumhøytrykk, metallhalogen, lysrør, induksjonslamper).
- LED-armaturenes lysutbytte (lumen/Watt) øker raskt og de ventes å passere tradisjonelle lyskilders lysutbytte i løpet av kort tid.
- De fleste av dagens LED-armaturer har for dårlig lysfordeling, dvs. at de gir mye lys under armaturene og for lite lys ut til sidene, særlig i vegens lengderetning. Jevnhetskravene blir derfor ofte ikke tilfredsstillt med vanlig armaturavstand.
- De fleste LED-armaturene har for liten effekt til å tilfredsstille kravet til lysnivå på hovedveger og i bygater. De relativt få armaturene som har store nok lumenpakker er gjerne designmessig lite utviklet og de er svært dyre.
- LED-armaturene har ofte en stor reduksjon i $\cos\phi$ ved dimming. Det kan bety at man ikke får den strømreduksjonen som forventes.
- Den lysfluks og det lysutbytte som oppgis fra leverandøren refererer ofte til LED med farge temperatur omkring 6000 K. LED er gjerne mest effektiv ved denne høye fargetemperaturen, men lyset blir da mer blålig og kaldt enn vi ønsker. Vi ønsker gjerne en varmere farge ($T_c < 4500$ K), og vi må derfor be om å få presentert lysdata og lysberegninger for den fargetemperaturen vi ønsker å benytte.
- Det er av stor betydning for diodenes levetid at de ikke blir for varme. Produsenten må derfor ha et godt system for å lede bort den varmen som utvikles.
- Levetiden skal referere til en angitt omgivelsestemperatur. I kaldt norsk klima vil omgivelsestemperaturen være lavere enn den angitte, og vi bør derfor kunne forvente lengre levetid og høyere lysutbytte for LED, men ved beregning bør alltid levetid ved omgivelsestemperatur $T_a = 25^\circ\text{C}$ anvendes.
- Prisen på dagens LED-armaturer over 100W er relativt høy, opptil 3 - 4 ganger så høy som for dimbare NaH-armaturer.
- Erfaringene fra Vabakken tunnel i Porsgrunn viser at det allerede nå kan være strømbesparende og lønnsomt å benytte LED til tunnelbelysning, i første omgang til grunnbelysning natt og dag, med tilleggsbelysning med natriumhøytrykk eller metallhalogen i innkjøringssonen og overgangssonen.
- Det kan bli lønnsomt å kjøpe LED-armaturer til vegbelysning om et par år dersom utviklingen i pris og kvalitet går som forventet, og allerede med dagens beste LED-armaturer vil det være energibesparende dersom det velges et dimbart anlegg.
- Fremtidig vegbelysning må reguleres etter forholdene. LED-armaturene lar seg lettere slås av og på og reguleres ned og opp enn andre lyskilder til veg- og tunnelbelysning, og strømsparingen ved nedregulering blir større med LED enn med andre lyskilder. Til våre hovedveger trenger vi imidlertid armaturer med større lysfluks enn det dagens LED-armaturer har, særlig når anlegget skal være dimbart.

Hovedkonklusjoner:

- Til tunnelbelysning er allerede nå de beste LED-armaturene et brukbart alternativ til tradisjonell belysning, særlig til nattbelysning og til belysning i indre sone på dagtid. I håndbok N500 Vegtunneler er det krav om bruk av syrefast stål for armaturhus. Det må eventuelt søkes om fravik for å benytte aluminium.
- Til vegbelysning ligger tidspunktet for å ta i bruk LED i større omfang et par år fram i tid, i påvente av armaturer som gir mer lys og har bedre lysfordeling, lavere pris og mer forutsigbar levetid.
- Oppgitte data fra leverandøren på driftssikkerhet og levetid på alle komponenter bør verifiseres. Det er det svakeste leddet som bestemmer armaturens levetid.

9 Tunnelbelysning

Ulykkesfrekvensen (ulykker per mill. kjt. km) er gjennomsnittlig lavere i tunneler enn på veg i dagen, men konsekvensen av ulykker i tunneler er ofte mer alvorlige. Ulykkesfrekvensen ved tunnelinngangene (50 m utenfor – 50 m innenfor) er ca. tre ganger så høy som i midten av tunnelene og den er der høyere enn på veg i dagen. Risikoforhøyelsen ved tunnelinngangene/-utgangene har sammenheng med endringer i veggeometri, føreforhold og lysforhold.

Overgangen fra dagslys utenfor tunnelen til mørke inne i tunnelen er en stor utfordring for synssystemet, særlig for eldre førere. Dersom lysforholdene i innkjøringssonen er for dårlige, kan føreren oppleve at det blir helt mørkt i noen sekunder. I slike situasjoner har det skjedd alvorlige ulykker.

9.1 Krav om belysning i tunneler

Vegtunneler med lengde over 100 m skal ha belysning.

Håndbok N500
Vegtunneler

Behovet for belysning i tunneler under 100 m vurderes ut i fra hvor stor andel av tunnelinngangens areal som er gjennomlyst når vi ser mot tunnelen fra adaptasjonspunktet, dvs. arealet av den synlige delen av utgangen dividert med arealet av inngangen. Tunneler hvor gjennomlysets areal utgjør mindre enn 20 % av tunnelinngangens areal i synsfeltet bør belyses også på dagtid. Tunneler hvor gjennomlysets areal utgjør over 50 % av tunnelinngangen har ikke behov for lys om dagen. For tunneler hvor gjennomlysets areal utgjør mellom 20 % og 50 % av tunnelåpningen, vurderes behovet for belysning på dagtid ut i fra synbarhet av kritiske objekter (f.eks. fotgjengere eller andre kjøretøy) og ulykkesrisiko bl.a. som følge av lav sol og fare for blinding.

Tunneler som har gang- eller sykkeltrafikk skal belyses dersom lengden er over ca. 25 m.

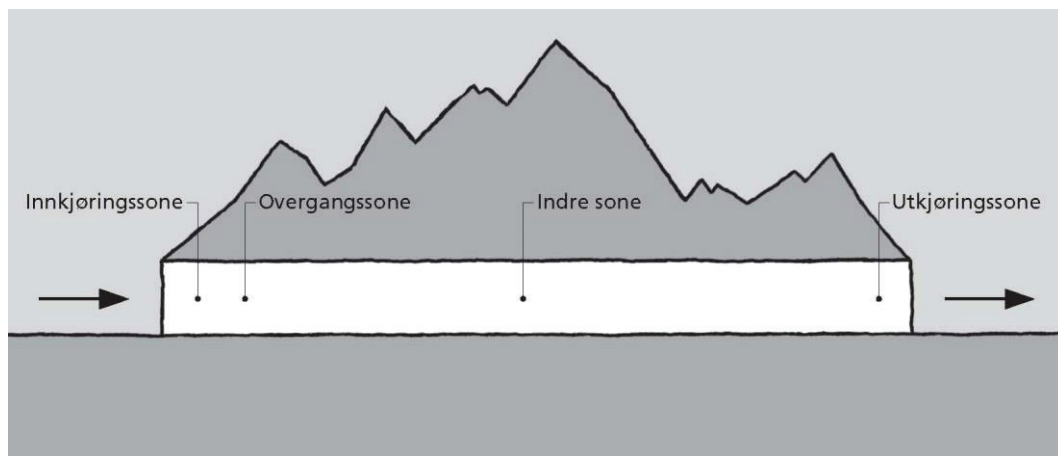
Håndbok N500
Vegtunneler

9.2 Krav til belysningen i tunneler

Den som skal prosjektere tunnelbelysningsanlegg bør ha dokumenterbar kompetanse som autorisert belysningsplanlegger for utendørs belysning eller tilsvarende.

Soneinndeling

Lysteknisk sett inndeles en tunnel i innkjøringssonen, overgangssonen, indre sone og utkjøringssonen, som illustrert i figur 9.1.



Figur 9.1: Tunnelsoner

Overgangen fra dagslys utenfor til mørke inne i tunnelen (adaptasjonsprosessen)

Menneskets synssystem trenger tid for å tilpasse seg (adaptere) fra dagslyset utenfor tunnelen til mørket inne i tunnelen. Full adaptasjon oppnås først etter en halv time, men mye er unnagjort i løpet av 15 - 20 sekunder. Jo større forskjell det er mellom dagslyset og mørket, desto lengre er adaptasjonstiden. Eldre mennesker har vesentlig lengre adaptasjonstid enn yngre. Dessuten trenger eldre også mye mer lys enn yngre selv etter at synet er adaptert. Eldre førere velger gjerne å kjøre i dagslys fordi de har problemer med mørkekjøring, og det er jo nettopp da de møter de største synsproblemene i tunnelene. Når vi vet at antallet og andelen eldre førere er økende, vet vi at vi har en stor utfordring i å gjøre adaptasjonsforholdene gode nok til å ivareta trafikksikkerheten i tunneler.

For å redusere behovet for høyt luminansnivå i innkjøringssonen, er det viktig å forsøke å minske luminansene i synsfeltet utenfor tunnelen. Dette kan både øke trafikksikkerheten og redusere energiforbruket og kostnadene til belysning.

Luminansene utenfor tunnelen kan reduseres ved:

- å legge tunnelinngangen slik at det blir lite himmellys i synsfeltet fram mot tunnelen
- å plante vintergrønne trær som skjærer for himmellyset
- å bygge et overbygg foran tunnelportalen som gradvis slipper inn mindre lys
- å legge mørk asfalt de siste 200 m før tunnelportalen
- å benytte mørk betong eller mørk stein til utvendige flater på portal og murer
- å plante grønn vegetasjon som dekker til lyst fjell

Luminansene inne i tunnelen kan økes ved

- å legge lys asfalt som reflekterer mer lys
- å sørge for lys overflate på tunnelveggene som reflekterer mye lys og er lett å holde ren
- å øke lysfluksen fra lysanlegget ved hjelp av mer installert effekt og/eller bedre renhold av armaturene
- å benytte motlys som øker andelen reflektert lys mot føreren

Synsforholdene i tunnelen kan også forbedres ved

- å sørge for lyse vegger, særlig der hvor veggen utgjør en betydelig del av synsfeltet inne i tunnelen
- å benytte ledelys på veggen i maks 1 m høyde over kjørebanelinjen
- å benytte armaturrekker, kontrastlinjer eller reflekser som optisk ledning
- å sørge for godt renhold av vegutstyr og vegger
- å sørge for å holde lufta i tunnelen rein slik at ikke støvpartikler i lufta gir lysspredning og sløringsluminans som visker ut kontrastene og skaper dårlige synsforhold

Definisjonen på adaptasjonsluminans

Luminansforholdene utenfor tunnelen i førerens synsfelt i en gitt avstand fra tunnelportalen er dimensjonerende for de luminansnivåene som kreves i innkjøringssonen og overgangssonen inne i tunnelen.

Adapsjonsluminansen som skal benyttes ved dimensjonering av tunnelbelysningen defineres som den midlere luminans i et synsfelt som utgjør 20 grader (2x10 grader) fra bilførerens øye, med synsretning mot et punkt 1,5 meter over kjørebanelinjen og i en avstand angitt i tabell 9.1.

Håndbok N500
Veggtunneler

Tabell 9.1: Avstand fra tunnelåpningen til målepunktet for adaptasjonsluminans

Fartsgrense (km/t)	Avstand (m)
50	45
60	60
70	80
80	100
90	130
100	160

Anbefalt metode for å beregne adaptasjonsluminans

Adaptasjonsluminansen L_{20} beregnes som midlere verdi av ulike målte luminanser i typiske arealer innenfor 20 graders feltet. For å fastslå adaptasjonsluminansen må man først evaluere portalens dimensjonerende forhold, sett i forhold til solposisjon, solhøyde og omkringliggende sesongvarierende forhold. Videre vil en kategorisering av synsfeltets oppdeling, i de forskjellige elementer som er tilstede, basert på refleksjonsegenskaper være nødvendig. Hver enkelt kategori bør i den videre prosessen måles og evalueres i forhold til tidspunkt/sesong for måling og dimensjonerende forhold for å kunne fastsette den totale dimensjonerende adaptasjonsluminansen. Denne evalueringen vil være forskjellig for alle portaler, avhengig av geometri og geografisk plassering. Som dokumentasjon for gjennomføring av denne prosessen skal det alltid utarbeides en målerapport som minimum skal inneholde:

- målt/beregnet luminans etter L_{20} metoden
- kategorisering av synsfeltets oppdeling i ulike typer flater
- behandle hver enkelt type flate for seg i forhold til antatt verste forhold
- kommentere eventuelle mulige tiltak eller variasjon i løpet av driftstiden

Som et hjelpemiddel, kan tabell 9.2 benyttes som en indikasjon for maksverdier for de forskjellige typer flater for norske tunnel.

Tabell 9.2: Typiske maksverdier for ulike typer flate, til bruk ved bestemmelse av adaptasjonsluminans

Geometri [kategori]	N [cd/m ²]	S [cd/m ²]	Ø [cd/m ²]	V [cd/m ²]
Asfalt	3000	5000	4000	4000
Himmel	8000	16000	12000	12000
Vertikal mur/fjell	3000	2000	2500	2500
Vintergrønt terreng	1500	1500	1500	1500
Ikke vintergrønt terreng	6000	6000	6000	6000
Portal	700	500	600	600

Forenklet metode for å anslå adaptasjonsluminansen

I en planleggingsfase eller tidlig byggefase vil en konkret måling gi liten nytte utover en analyse av de stedlige solforhold. Det kan i slike tilfeller være nyttig å gjøre et grovt overslag, for tidlig kostnadsoverslag eller prosjektering. For dette formålet kan tabell 9.3 benyttes. Tidligere beskrevet prosedyre for måling/evaluering bør gjennomføres for alle tunneler, men det kan av praktiske hensyn tillates å benytte forenklet metode for endelig fastsettelse av adaptasjonsluminans for tunneler med ÅDT (10), årsdøgntrafikk 10 år etter åpningsåret, mindre enn 5000 kjøretøy.

Tabell 9.3: Tabellverdier for forenklet metode for fastsettelse av dimensjonerende adaptasjonsluminans

Andel himmel %	Kjøreretning		
	N	S	Ø/V
0	3250	3900	3600
0 – 10	3600	4600	4100
10 – 30	4250	6000	5150

Det gjøres oppmerksom på at tabellen er utformet for å gi resulterende maksverdier, og den vil i de aller fleste tilfeller gi en verdi som overstiger verdi fra en måling/analyse som beskrevet foran. For denne forenklete tilnærmingen vil man i Norge med den store variasjonen vi har mellom sør og nord, ha vanskeligheter for å etablere tabellverdier som er dekkende for alle geografiske områder.

For benyttelse av tabell 9.3 må man oppfylle følgende kriterier (hvis man ikke oppfyller kriteriene vil man måtte benytte seg av avansert metode):

- ÅDT (10) < 5000
- himmelkomponent mindre enn 30 %
- beliggenhet sør for 67 breddegrad

Krav til adaptasjonsluminans

Av økonomiske årsaker skal det ikke regnes med adaptasjonsluminans høyere enn 8 000 cd/m². Det skal heller ikke regnes med lavere verdier enn 1 000 cd/m².

Håndbok N500
Vegtunneler

Samtidig skal gjennomsnittlig luminans i innkjøringssonen ikke være lavere enn 50 cd/m².

Krav til lengde på tunnelens ulike soner

Innkjøringssonens lengde skal være minst like lang som avstanden vist i tabell 9.1.

Håndbok N500
Vegtunneler

Overgangssonens lengde er angitt figur 9.2. Som beskrevet i teksten under figuren kan det tiltales at overgangskurven avsluttes/kuttes der hvor luminansen er tre ganger så høyt som indre sones midlere luminans.

Krav til vegdekkets luminans i innkjøringssonen og indre sone

Midlere luminans i innkjøringssonen og indre sone skal være minst så høy som vist i tabell 9.4. Beregnede midlere luminansverdier skal være driftsverdier (lik 75 % av ny verdi).

Håndbok N500
Vegtunneler

Kravene er relatert til årsgjennsnittet ti år etter åpningsåret, ÅDT(10), og fartsgrensen.

Tabell 9.4: Krav til midlere luminans i innkjøringssonens første halvdel om dagen og i indre sone, delvis angitt som prosent av adaptasjonsluminansen og delvis angitt som fast cd/m²

ÅDT (10)	<2 500	2 500–4 000		4 000–8 000		>8 000
Fartsgrense ¹⁾	-	50 km/t	80 km/t	50 km/t	80 km/t	-
Sone	-	50 km/t	80 km/t	50 km/t	80 km/t	-
Innkjøringssonens første halvdel	50 cd/m ²	1,5%	3,0%	2,5%	5,0%	5,0%
Indre sone dag	0,5 cd/m ²	2 cd/m ²	2 cd/m ²	2 cd/m ²	2 cd/m ²	4 cd/m ²
Indre sone natt	0,5 cd/m ²	1 cd/m ²	1 cd/m ²	1 cd/m ²	1 cd/m ²	2 cd/m ²

1) Dersom middelhastigheten er betydelig lavere enn fartsgrensen, legges middelhastigheten til grunn.

Kommentarer til tabell 9.4:

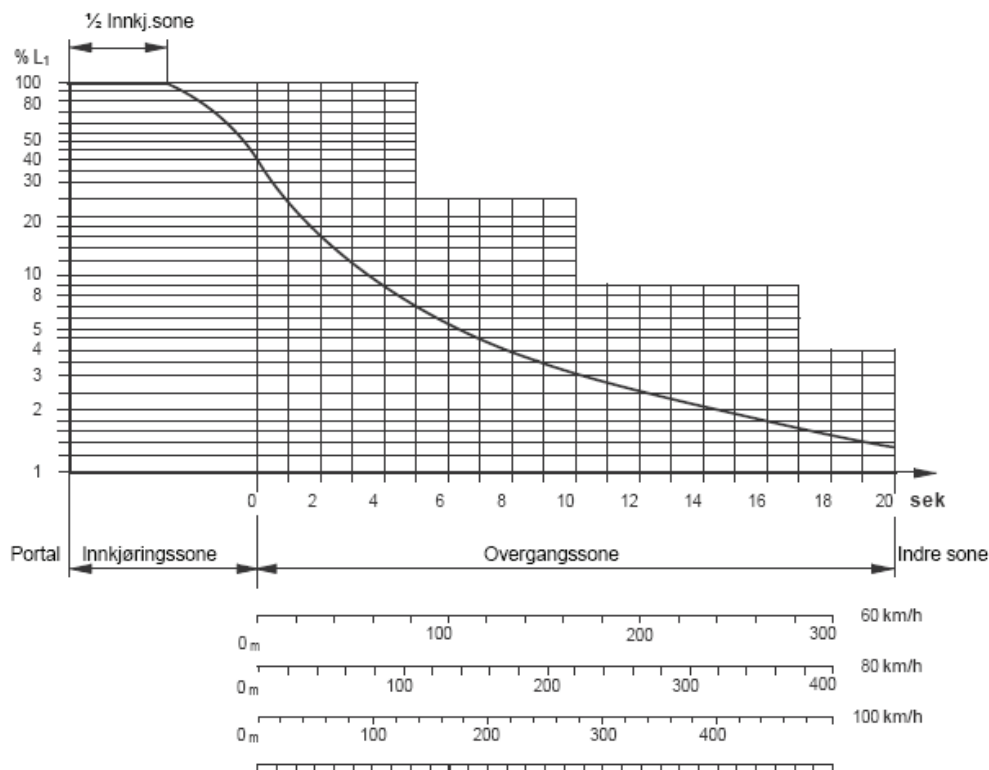
- Kravet til innkjøringssonens luminans ved andre fartsgrenser enn de som er angitt i tabellen finnes ved interpolering/ekstrapolering. Ved ÅDT > 8 000 og fartsgrense 90 km/t eller 100 km/t er kravet henholdsvis 5,8 % og 6,7 % av adaptasjonsluminansen.
- Ved ÅDT (10) < 2500 kjt. er luminanskravet, som vist i tabell 9.4, uavhengig av lysforholdene utenfor. Ved krevende innkjøringsforhold og høyt lysnivå utenfor tunnelen, adaptasjonsluminans < 3000 cd/m², kan det angitte luminansnivået for innkjøringssonen bli utilstrekkelig for å sikre tilfredsstillende synsforhold i innkjøringssonen. I slike tilfeller bør det vurderes å øke lysnivået i innkjøringssonen til 3 % av adaptasjonsluminansen dersom fartsgrensen er 80 km/t.
- I tunnelklasse D, E og F kan det være aktuelt å øke midlere luminans til 6 cd/m² om dagen og 3 cd/m² om natta dersom trafikkmiljøet er særlig krevende, f.eks. i tunneler med rampe-tilslutninger og sterkt belastede vekslingsstrekninger.
- I lange tunneler kan midlere luminans reduseres til 50 % av kravet i tabell 9.4 etter 60 sekunder kjøreavstand fra tunnelinngangen. Midlere luminans må likevel ikke være lavere enn 0,5 cd/m².
- Når det er mørkt ute skal belysningsnivået inne i en tunnel ikke være lavere enn belysningsnivået på tilstøtende belyst veg utenfor.
- I tunneler tillatt for gang- og sykkeltrafikk skal midlere luminans ikke være mindre enn 2 cd/m² i dagslys og 1 cd/m² i mørke.

Minimumskravet til luminans i overgangssonen ved dagslysforhold er vist i figur 9.2.

Krav til vegdekkets luminans i overgangssonen

Håndbok N500
Vegtunneler

Luminansreduksjonskurven for dagslysforhold, figur 9.2, viser hvilke luminansnivåer som minst skal være opprettholdt i overgangssonen som funksjon av nivåene i innkjøringssonen og indre sone (hentes fra tabell 9.4).



Figur 9.2: Luminansreduksjonskurve for dagslysforhold

Disse kravene gjelder for ÅDT (10) > 2 500 kjt pr døgn.

Kommentarer til figur 9.2:

- Over innkjøringssonens første halvdel skal midlere luminans L_1 være minst så høy som angitt i tabell 9.4.
- Over innkjøringssonens andre halvdel kan luminansnivået gradvis reduseres fra 100 % av L_1 til 40 % av L_1 .
- I overgangssonen reduseres luminansnivået gradvis fra 40 % av L_1 til indre sones luminansnivå.
- Overgangssonen kan avsluttes/kuttes der hvor kurven angir et luminansnivå som er tre ganger så høyt som indre sones midlere luminans, i de tilfeller hvor indre sones luminans er 2 cd/m^2 på dagtid. Når indre sones luminansnivå på dagtid er 4 cd/m^2 eller høyere avsluttes/kuttes overgangssonen der hvor kurven angir et luminansnivå som er to ganger høyere enn indre sones luminans.
- Det kan antas at dagslyset bidrar så mye til luminans i første del av innkjøringssonen at første armatur kan plasseres inntil 4 m innenfor tunnelåpningen. Ved bruk av motlysarmaturer kan første armatur plasseres inntil 8 m innenfor tunnelåpningen.

Tunnelveggenes nedre del fra bakken og opp til 2 m høyde bør ha en midlere luminans på minst 60 % av nærmeste kjørefelts midlere luminans. Lyse vegger vil redusere behovet for å belyse veggene for at kravet skal bli oppfylt (se for øvrig kapittel 9.8).

Håndbok N500
Vegtunneler**Krav til luminansjevnhet**

For overgangssoner og indre sone skal den totale luminansjevnheten være:

$$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{mid}} \geq 0,4$$

For overgangssoner og indre soner skal den langsgående luminansjevnhet være:

$$U_1 = \frac{L_{min}}{L_{max}} \geq 0,6$$

Kravet gjelder ikke for tunneler med ÅDT < 2500.

Det skal tilstrebes å oppfylle jevnhetskravene også på veggens nedre 2 m. På hvitmalt fjell eller ujevnt underlag er dette ikke mulig.

Synsnedsettende blending

Tunnelbelysningen skal utformes slik at den ikke blander trafikantene, og det må i lysberegningene utføres blendingskontroll basert på data for armaturenes lysfordeling og installasjonens geometri. Synsnedsettende blending uttrykkes som den prosentvise økningen i luminans som må til for å gjøre et objekt som så vidt er synlig uten blending synlig når blendingen fra armaturene er til stede. Dette betegnes som terskeløkningen, symboliseres med bokstavene TI (Threshold increment). I tunneler bør ikke TI være over 10 %. De første erfaringene med LED-armaturer er at de oppfattes å gi mer blending enn tradisjonelle tunnelarmaturer, selv om beregnet TI er lik. Ved bruk av LED-armaturer bør TI derfor ikke overskride 6 %. Beregningsmetoden er beskrevet i publikasjonene CIE 88-2004 og i CIE 31-1976.

Belysning av havarinisjer og snunisjer

Gjennomsnittlig belysningsstyrke på kjørearealet bør være 50 % høyere i havarinisjer og snunisjer enn på de gjennomgående kjørefeltene

Håndbok N500
Vegtunneler**Overgangssone til veg i dagen**

Når en belyst tunnel ligger på ubelyst veg, skal overgangssoner tilfredsstillende de regler som gjelder for veglys utenfor tunneler.

9.3 Monotoni, trøtthet, epilepsi, tunnelangst

Trøtthet i trafikken er et stort trafikksikkerhetsproblem. En norsk undersøkelse viste at 30 % av dødsulykkene på rett vegstrekning hadde sammenheng med trøtthet. I lange tunneler forsterkes problemet gjennom monotonien i lyd, lys og opplevelser, og uttalelser fra trafikantene tyder på at det rytmisk monotont pulserende lyset i form av lysende belter på tvers av tunnelrommet fører til trøtthet. Fenomenet er mest tydelig der hvor armaturene er plassert parvis med to og to armaturer tett etter hverandre. Langsgående luminans blir vesentlig bedre når armaturene er plassert en og en.

Flimring med frekvens mellom 4 Hz og 11 Hz og varighet over 20 sekunder bør unngås.

Håndbok N500
Vegtunneler

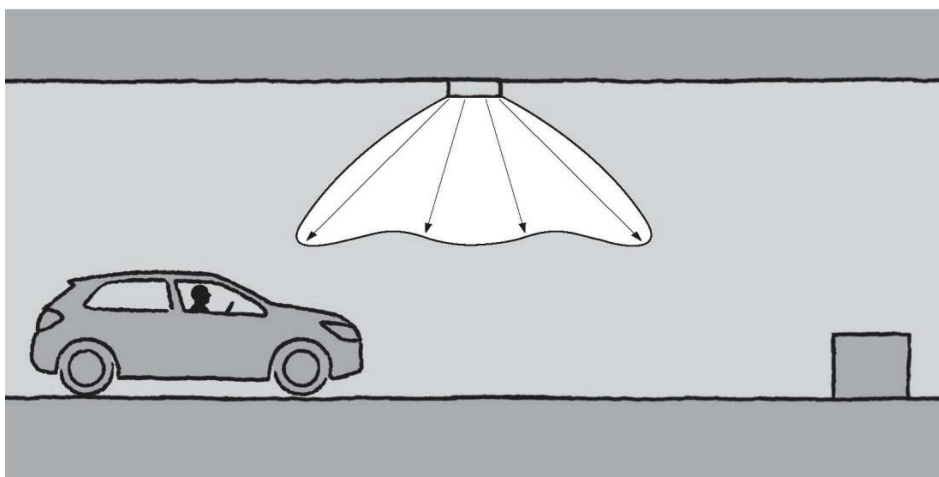
Flimrende lysblik med frekvens mellom 4 Hz og 11 Hz og varighet over 20 sekunder antas å kunne utløse epilepsianfall og derfor bør armaturplassering som gir slik flimmereffekt unngås. Problemet er størst ved bruk av skarpe lyskilder og mindre ved bruk av langsgående lysrør. Flimmerfrekvensen bestemmes fra kjørefart (m/sek) dividert med armaturenes senteravstand. Ved 80 km/t (= 22,2 m/s) oppstår den ugunstige frekvensen ved armaturavstand mellom 2,0 m og 5,5 m.

Oppmerksomhetsvekkende tiltak må risikovurderes.

9.4 Symmetrisk lys, motlys eller medlys

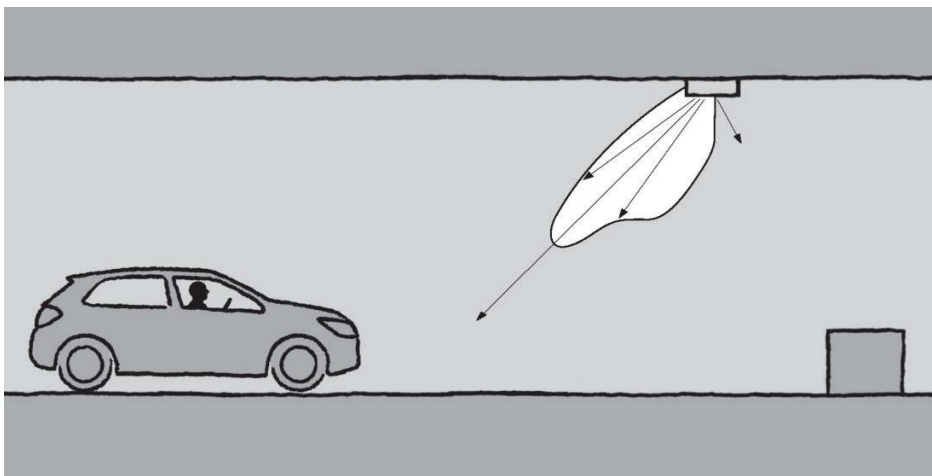
De to prinsippene for tunnelbelysning som blir mest benyttet er symmetrisk lys og motlys. Medlys benyttes nesten ikke.

Symmetrisk lys gir en blanding av positiv og negativ kontrast ved at armaturene fordeler lyset symmetrisk i vertikalplanet i tunnelens lengderetning (se figur 9.3). Slik belysning kan skape gode kontraster mellom flater med ulik refleksans eller flater med ulik orientering i tunnelrommet. Objekter på kjørebanelen vil i de fleste tilfeller sees i kontrast mot en bakgrunn som har ulik luminans.



Figur 9.3: Symmetrisk lys

Motlys skaper negativ kontrast. Motlyset øker luminansen på kjørebanelen ved at en større del av lyset fra armaturene reflekteres mot føreren. Samtidig reduseres luminansen på vertikale flater i førerens synsfelt ved at en mindre andel av lyset er rettet mot slike flater (se figur 9.4). I førerens synsbilde får objekter på kjørebanelen lavere luminans (bli mørkere) enn ved symmetrisk lys og vegdekket får høyere luminans (blir lysere) enn ved symmetrisk lys, særlig hvis det benyttes en asfalt som er speilende. Oftest betyr det at kontrastene blir større og objektene blir mer synlige. For at et belysningsanlegg skal oppfylle kravene til et motlysanlegg, må kontrastavsløringsfaktoren Q_c være minst 0,60.



Figur 9.4: Motlys

I tunneler med toveis trafikk benyttes vanligvis armaturer med symmetrisk lys i indre sone og som nattbelysning, og armaturer med motlys i innkjørings- og overgangssonen. Ved motlys vil kontrastene ved kjøring ut av tunnelen bli redusert, men det er ikke så farlig når objektene kan sees mot den lyse tunnelåpningen.

I envegskjørtede tunneler er også motlysprinsippet foretrukket fordi det er strømbesparende og kostnadsbesparende. Det er beregnet at man ved å benytte motlys i stedet for symmetrisk lys kan redusere strømforbruket med 30 % mens det påkrevde luminansnivået opprettholdes. I tillegg vil installasjonskostnadene også bli mindre fordi det ikke er behov for like mange armaturer som ved symmetrisk belysning.

Motlys kan imidlertid ha noen ulemper:

- Det kan være mindre effektivt ved tunnelinn ganger som slipper inn mye dagslys, fordi dagslyset vil belyse objektene og redusere kontrastene.
- Det kan være mindre effektivt i tunneler med mye trafikk eller mye tungtrafikk, på grunn av to forhold: Det ene er at billysene belyser objektene i synsfeltet og reduserer kontrastene. Det andre er at store kjøretøy skygger for lyset fra armaturene slik at bakenden på kjøretøyet danner en stor mørk flate og samtidig dekker for den lyse kjørebanelen som objektene egentlig skulle sees imot.
- Det kan gi for lite lys på tunnelveggene.
- Det kan gi mer blinding, særlig ved bruk av LED-armaturer.

9.5 Lyskilder og armaturer

Den tekniske utviklingen fører til at både lyskildene og armaturene blir mer og mer effektive. Utviklingen ventes å gå raskest for LED. Allerede nå er LED et aktuelt alternativ for nattbelysning i hele tunnelen og dagbelysning i indre sone. Etter hvert som lysutbyttet øker og prisene blir lavere kan man vente at LED overtar for andre lyskilder i innkjøringssonen også.

LED er egnet som lyskilde fordi

- levetiden er lang og vi unngår lampeskift, men vi må sette krav om at alle de andre komponentene i armaturen holder like lenge som lyskilden
- temperaturen i tunnelene er gjerne lavere enn standard omgivelsestemperatur (25°C), og det betyr lengre levetid på LED og driver og høyere lysutbytte
- LED kan dimmes med opprettholdelse av lyskvalitet og lysutbytte
- LED kan slukkes og tennes igjen uten ventetid
- lyset kan fordeles optimalt når armaturene etter hvert blir gode nok

I tunnelklasse C,D,E og F samt i tunneler med korrosivt miljø skal kabelbruer, armaturer, nødstasjoner, skilt, dører, rammer og håndtak leveres i syrefast stål.

Håndbok N500
Vegtunneler

Armaturene må ikke blende, men særlig i tunneler med ÅDT < 2500 kjt er det viktig at skjermflaten på armaturene er så synlige at de gir god visuell ledning.

Armaturene må være enkle å vedlikeholde og hensiktsmessige ved lampeskift. De må være lette å holde rene, og særlig må LED-armaturer være utformet slik at det er lett å vaske vekk skitt som kan tette kjøleribbene.

Elektrotekniske krav/hensyn som bør gjelde ved innkjøp av LED-armaturer:

- $\cos \phi$ 100 % drift > 0,95
- $\cos \phi$ 20 % drift > 0,75
- Overharmonisk (THD) 100 % drift < 8 %
- Overharmonisk (THD) 20 % drift < 20 %
- Bruk av hurtigsystem eller andre tiltak for å slippe stort antall koblingsbokser i en installasjon. Hvis ikke hurtigsystem benyttes skal det være minimum 6 mm² koblingsklemmer.
- Armaturer som skal benyttes som sikkerhetsbelysning skal tilfredsstille NEK-EN-60598-2-22, se ellers kap 9.6 for detaljer.
- Maks inrush må tas hensyn til ved prosjektering. Innkobling ved nullgjennomgang bør etterstrebes.
- LED-armaturer skal være dimmbare. Det bør også initieres et system for konstant utsendt lys fra armaturen over installasjonens levetid.
- Det skal oppgis ved hvilken driftsstrøm i mA levetid er knyttet til. Alle driftsituasjoner som overskrider dimensjonert driftsstrøm skal beskrives av leverandør.

Lystekniske krav som bør tilfredsstilles ved innkjøp av LED-armaturer:

- Fargetemperatur: 4000 K - 6000 K
- Fargegjengivelsesindeks $R_a > 75$

- Synsnedsettende blending $TI < 6$ i hele tunnelen
- Armaturens lysutbytte $> 90 \text{ lm/W}$ (inklusive alle tap i armaturen)
- Levetid skal oppgis basert på L_{80} . Det skal også opplyses fra leverandør om eventuelle konsekvenser ved økt strømstyrke hvis det er mulig å øke f.eks fra 350 mA til 525, 700 eller 1000 mA.
- Alle verdier skal oppgis ved normale driftsforhold, og hva som er normale driftsforhold må oppgis fra leverandøren i ethvert tilfelle. Dette gjelder særlig for driftstrøm i mA og omgivelsestemperatur.

Materialtekniske krav til LED-armaturer:

I dag produseres de fleste LED-armaturer i aluminium, helt eller delvis, fordi det gir bedre muligheter for kjøling. Dette skaper problemer i forhold til kravet om at armaturene skal leveres i syrefast stål. Kravet er begrunnet i at aluminiumarmaturer som er montert på en kabelstige i syrefast stål kan være svært utsatt for galvanisk korrosjon. Korrosjonen er en følge av elektrokjemisk potensial mellom komponentene. Aluminium er et mindre edelt metall enn syrefast stål og aluminiumarmaturene vil opptre som offeranoder og etter hvert tæres bort dersom det er direkte kontakt mellom armaturene og kabelstigen. Problemet kan løses ved at det settes inn et galvanisk skille for å unngå kontakt mellom aluminium og stål. Skillet kan være 2 – 3 mm tykt hvis miljøet er lite korrosivt og gjerne 10 mm tykt hvis det er mye fukt. Det kan gjerne være i polypropylen eller Teflon eller tilsvarende. Med god kompetanse og riktig utførelse i alle ledd, hos produsent, installatør og driftsentreprenør, kan korrosjonsproblemet dermed reduseres, slik at det ikke begrenser installasjonens levetid. Under disse forutsetningene kan LED-armaturer i aluminium benyttes.

For øvrig vises det til kapittel 4.4.1 Krav til armaturer.

Lysstyring

Riktig tilpassing av belysningen i innkjørings- og overgangssonen er viktig for trafiksikkerheten og energiforbruket.

Det bør normalt være et luminansmeter utenfor tunnelen som måler adaptasjonsluminansen og gir inngangsdata til styring av lysnivået i innkjørings- og overgangssonen. Et dårligere alternativ er å benytte to fotoceller som er strategisk plassert slik at de best mulig fanger inn det samme lyset som påvirker førerens syn i adaptasjonspunktet. De to fotocellene må ha ulik lysfølsomhet og dermed dekke hver sin del av skalaen for belysningsstyrke, se kapittel 5.9.

Innkjøringsbelysningen i tunneler er normalt arrangert i 3 trinn: Skumring, Dag1 og Dag2. Dette tilsvarer belysningsnivåer på hhv. 1/3, 2/3 og 3/3 av full belysning.

Det er viktig å koble trinnene inn tilpasset økningen i utvendig adaptasjonsluminans. Det anbefales å benytte følgende verdier fra fotocellene for de forskjellige trinnene:

- Skumring: 1500 lux
- Dag1: 5000 lux
- Dag2: 9000 lux

Når de 3 trinnene arrangeres med like nivåer vil det være mulig å la styresystemet alternere mellom trinnene, slik at lik driftstid oppnås.

Tunnelbelysningen nivåreguleres vanligvis ved å koble inn og ut segmenter/kurser med flere armaturer. Da vil det være fordelaktig å alternere innkoblingen slik at lyskildene i størst mulig grad får den samme brenntiden og kan skiftes ut samtidig ved levetidens slutt. Det er mindre økonomisk å nivåregulere hver armatur fordi lysutbyttet reduseres med redusert effekt. Unntaket er LED-armaturer som opprettholder lysutbyttet ved nedregulering og derfor gjerne kan nivåreguleres. Med regulerbare LED-armaturer er det derfor også enklere å tilpasse luminansnivået i innkjørings- og overgangssonen til luminansreduksjonskurven enn det er med tradisjonelle armaturer.

I lavtrafikkerte tunneler kan belysningen i utgangspunktet være på et meget lavt nivå med noen få armaturer innkoblet. Det kan benyttes en detektor som registrerer ankommende kjøretøy eller fotgjengere og signaliserer at lysnivået skal økes ved å tenne flere armaturer. Til dette må det benyttes en lyskilde som kan slukkes og tennes igjen uten for lang ventetid. Induksjonslamper og LED har en slik egenskap. Med regulerbare LED-armaturer er det også mulig å la armaturene være nedregulert i utgangspunktet og øke lysfluksen kraftig når det kommer trafikk. Erfaringer fra Region nord viser at det er mulig å redusere strømforbruket med 90 % i tunneler med svært lite trafikk (for eksempel Eiavatn tunnel).

Ledelys

Ledelys med LED kan benyttes for å forbedre den visuelle ledingen i tunnelen. Det er særlig aktuelt i innkjørings- og overgangssonen. Det kan også være aktuelt å benytte ledelys i dårlig belyste lavtrafikkerte tunneler. Ledelysene vil hjelpe førerne med de posisjonelle oppgavene, dvs. å holde kjøretøyet på riktig kurs og riktig sideveis plassering, og det antas at dette vil gjøre det lettere for føreren å takle de situasjonelle oppgavene, dvs. oppgaver som følger av uventede hendelser/situasjoner som oppstår.

Vi har i Norge erfart at ledelys som er plassert i kjørebanelen skaper store problemer med tilsmussing, slitasje og skader. Erfaringene er noe bedre med ledelys plassert på skulderkanten når skuldra er opphøyd med kantstein, men også ved slike løsninger er renholdet en stor utfordring. Den beste løsningen med tanke på renhold er å montere ledelysene på veggen i ca. 1 m høyde eller på betongføringskanten. Da er det også mulig å benytte ledelysene som rømningslys.

9.6 Nødbelysning

Nødbelysning omfatter sikkerhetsbelysning og rømningslys. I NEK EN 60598-2-22 er det satt spesielle krav til armaturer til nødbelysning.

Sikkerhetsbelysning

Sikkerhetsbelysningen er en reservebelysning ved strømbrudd. Den arrangeres slik at hver fjerde armatur (eller hvert fjerde armaturpar dersom armaturene er plassert to og to) i grunnbelysningen skal fortsette å lyse i minimum en time etter at strømmen har falt ut. Avstanden mellom armaturene/armaturparene behøver likevel ikke å være mindre enn 50 m.

Rømningslys

Rømningslys er belysning og markeringslys som skal gjøre det mulig å rømme ut av tunnelen til fots i en nødsituasjon. Rømningslysene skal ha egen strømforsyning og tilfredsstille kravene i NS-EN 1838 og Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg med NEK 400. Norsk standard

NS-EN 16276:2013 Rømningslys i tunneler gjelder for tunneler med lengde over 500 m og ÅDT > 500 kjt. Standarden setter krav om rømningslys med maksimum 25 m innbyrdes avstand, med unntak for utbedring av eksisterende tunneler, hvor maksimum innbyrdes avstand er 33 m. Rømningslysene skal plasseres i maksimum 1,5 m høyde over kjørebanelen, på samme side som nødutgangene hvis tunnelen har nødutganger. Minste opprettholdte lysstyrke fra hvert av rømningslysene, i alle retninger som de sees ifra, skal være $0,1 \text{ cd} \times \text{lysens innbyrdes avstand}$. Med innbyrdes avstand 25 m skal lysstyrken være minst 2,5 cd i alle retninger over hele anleggets levetid. Dersom rømningslysene benyttes som ledelys under normale trafikkforhold skal lysstyrken i retning mot førerne, i en kon med vinkel $2 \times 15^\circ$, ikke overstige 40 cd.

Nødutgangene skal markeres med belysning eller markeringslys. Hensikten med dette er både å synliggjøre nødutgangene under normale forhold og å vise nødutgangene i nødsituasjoner. Fargen på og ved nødutganger skal alltid være grønn, fortrinnsvis fargekoden G i NCS-systemet. Dører og arealer rundt dører kan være malt grønt og belyses med lys som har god gjengivelse av den grønne fargen. Grønne markeringslys kan plasseres rundt eller på begge sider av dørene. I nødsituasjoner anbefales blinkende lys med frekvens 1 – 2 Hz og lysstyrke minimum 150 cd i alle retninger.

Håndbok N500
Vegtunneler

Rømningstunneler og nødutganger skal ha et lysnivå på ca 1 lux på gulvnivå (NS EN 1838)

I NS-EN 16276 er det satt krav til at rømningsveiene bort fra tunnelen skal ha en gjennomsnittlig belysningsstyrke på bakken og på veggene opp til 1,5 m høyde, som ikke er mindre enn den gjennomsnittlige horisontale belysningsstyrken i tunnelens indre sone på dagtid. Jevnheten, $E_{\min}/E_{\text{mid}}$, skal ikke være lavere enn 0,20. Belysningen skal ha fargegjengivelsesindeks, $R_a \geq 40$.

Det er spesielt viktig med gode rømningslys i undersjøiske tunneler og tunneler med mye trafikk. Det finnes flere alternativer og teknologien er under utvikling:

- En tettere plassering av rømningslysene enn 25 m gir bedre synbarhet ved tett røyk.
- En sammenhengende rekke av LED gir bedre leding.
- Et bånd med dynamiske LED-lys gjør det mulig for vegtrafikksentralene å lede fotgjengerne i ønsket retning, avhengig av situasjonen.

Rømningslysene skal ha egen strømforsyning og tilfredsstillende relevante krav i NEK 400 og standardene NEK EN 50171 Sentrale kraftforsyningssystemer for nødlysanlegg og annet sikkerhetsutstyr, NEK EN 50172 Nødlyssystemer for rømningsveier og NS-EN 1838 Anvendt belysning.

9.7 Drift og vedlikehold

Et tunnellysanlegg skal dimensjoneres slik at kravene til gjennomsnittlig luminans og jevnhet er tilfredsstilt selv under de dårligste lysforholdene som oppstår i løpet av belysningens levetid. I Norge er det et krav om at ny tunnelbelysning skal overdimensjoneres så mye at den tar høyde for en lysreduksjon på minst 25 %. Det vil si at det skal legges inn en vedlikeholdsfaktor på maksimum 0,75.

Lysreduksjonen som oppstår over tid er sammensatt av

- lyskildens lystilbakegang
- armaturens lystilbakegang på grunn av elding, bl.a. gulning av reflektor og glass
- armaturens lystilbakegang på grunn av tilsmussing innvendig og utvendig
- veggens reduserte evne til å reflektere lyset, særlig på grunn av tilsmussing

Dessuten vil lyset spres i partikler i en støvete tunnelluft slik at konturer og kontraster viskes ut.

Belysningsplanleggeren må i samarbeid med tunneleier/-drifter vurdere hvor mye lystilbakegang som kan forventes ut i fra hvilket nivå som kan forventes på renhold, lampeskift etc. Utregning av vedlikeholdsfaktoren kan gjøres i henhold til CIE 154:2003 The Maintenance of Outdoor Lighting Systems. Når man skal regne ut vedlikeholdsfaktoren er det viktig at det blir hentet inn opplysninger vedrørende rengjøringsintervaller for tunnelen som helhet i tillegg til rengjøringsintervaller for tunnelarmaturene. For å kunne opprettholde et høyt nok belysningsnivå og trafiksikkerhetsnivå må tunnelen og belysningsutstyret rengjøres og holde i orden i samsvar med de forutsetningene som legges til grunn for valg av vedlikeholdsfaktor og for lysberegningene.

Som utgangspunkt for vedlikeholdsfaktor kan følgende eksempler benyttes:

- 0,40 ved lange vedlikeholdsintervaller og materialkvalitet av lav standard
- 0,50 ved normale vedlikeholdsintervaller og vanlig materialkvalitet
- 0,70 ved korte vedlikeholdsintervaller og materialkvalitet av høy standard

Rapportene CIE 154:2003 The Maintenance of Outdoor Lighting Systems og CIE 097:2005 Guide on the Maintenance of Indoor Electric Lighting Systems omhandler utregning av vedlikeholdsfaktorer for henholdsvis utendørs- og innendørsinstallasjoner.

Smuss som samles opp etter vask bør kjøres ut av tunnelen slik at ikke gammelt støv virvles opp på nytt og legger seg på armaturene igjen.

Dersom det er installert dimbare armaturer kan lysfluksen reguleres slik at et riktig lysnivå opprettholdes gjennom hele levetiden. Det betyr at belysningen kan nedreguleres når lampene er nye og når armaturene er vasket, slik at det unngås å bruke energi til overbelysning. Strømsparelsen blir større ved bruk av LED enn ved bruk av andre lyskilder fordi LED opprettholder lysutbyttet ved nedregulering. De mest avanserte metodene for å opprettholde riktig lysnivå i innkjøringssonen og indre sone vil være basert på luminansmeter inne i tunnelen. Dårlig rengjøring vil da resultere i høyere strømforbruk.

9.8 Lysberegninger og lysmålinger

Lysberegninger

Det må alltid foretas lysberegninger før installasjon av et belysningsanlegg. Den som skal utføre beregningene skal ha dokumenterbar kompetanse som autorisert belysningsplanlegger eller tilsvarende. Statens vegvesen benytter programmet Relux til lysberegninger. Alle beregninger skal kunne gjennomføres i dette programmet. Alle resultater skal dokumenteres med to desimaler.

Lysberegningene utføres som angitt i CIE 189:2010 Calculation of Tunnel Lighting Quality Criteria eller eventuelle nyere publikasjoner om tunnelbelysning utgitt av CIE.

I lysberegningene tillates det å ta med reflektert lys fra veggene som bidrag til kjørebanelens luminans. Tunnelveggenes refleksjon er forskjellig for forskjellige materialer/overflater og kan variere fra 0,05 for mørke fjellvegger til 0,8 for rene hvite fliser og nymalte hvite betongelementer. Tilsmussing og aldring reduserer fort refleksjonsevnen, og til beregning av reflektert lys bør det normalt ikke regnes med refleksjon fra fjellvegger. Dersom hvitmaling utføres regelmessig, kan det regnes med en refleksjonskoeffisient på 0,2 for fjellvegger, 0,3 for sprøytebetong og 0,5 for betonghvelv. For elementer i hvit betong kan det regnes med en refleksjonskoeffisient på 0,5, og for hvite fliser kan det benyttes en koeffisient på 0,6. Andre verdier kan benyttes dersom det finnes grunnlag for det. Det forutsettes at tunnelen vaskes regelmessig i henhold til håndbok R610 Drift og vedlikehold for at disse verdiene skal kunne benyttes.

For lysberegninger forutsettes det at alle overflater i tunnelene har diffus refleksjon, med unntak av kjørebanelen, hvor vanlige vegdekker (C1 eller C2) benyttes.

Dersom det er spesifisert at belysningsanlegget (på dagtid) i innkjøringsone og utkjøringsone skal utformes i henhold til motlysprinsippet, skal kontrastavsløringsfaktoren Q_c dokumenteres med en gjennomsnittsverdi minimum 0,60.

Lysmålinger

Lysmålinger utføres enklest med

- luxmeter for kontroll av belysningsnivå og jevnhet. Grovkontroll av belysningsanlegget foretas helst med luxmeter hvor belysningsnivået måles på et rutenett som er dekkende for variasjonene i belysningsstyrke på et vegareal mellom to armaturer (minst en rekke med 6 målepunkter på tvers av vegen rett under den ene armaturen og en tilsvarende rekke med målepunkter på tvers av vegen midt mellom to armaturer). Dersom grovkontrollen indikerer at belysningen er for dårlig foretas en detaljert måling etter den metode som er beskrevet i CIE 194:2011 On Site Measurement of the Photometric Properties of Road and Tunnel Lighting eller evt. nyere publikasjon fra CIE.
- luminanskamera hvor måldata bearbejdes i et tilhørende dataprogram. Lysmålinger utføres både for å bestemme adaptasjonsluminansen, L_{20} , og til å kontrollere at luminansnivået og jevnheten inne i tunnelen er tilnærmet i samsvar med kravene og riktig tilpasset dagslysnivået utenfor (den aktuelle adaptasjonsluminansen).
- luminansmeter for måling etter den metode som er angitt i CIE 194:2011 eller evt. nyere publikasjon fra CIE. En slik måling er tidkrevende og utføres bare når det er behov for særlig nøyaktige luminansmålinger. Luminansmålinger kan imidlertid ikke benyttes til å kontrollere beregnede luminansverdier, fordi vegdekkenes refleksjonsegenskaper alltid vil avvike fra r-tabellene som ligger til grunn for beregningene.

Litteratur, referanser, standarder m.v.

Forskrifter om elektriske anlegg:

- Forskrift om elektrisk utstyr (FEU)
- Forskrift om elektriske forsyningsanlegg (FEF)
- Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg (FEL)
- Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg (FSE)
- Forskrift om elektroforetak og kvalifikasjonskrav for arbeid knyttet til elektriske anlegg og elektrisk utstyr
- Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (internkontrollforskriften)
- Forskrift om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energilovforskriften). FOR 1990-12-07 nr.959
- Forskrift om måling, avregning og samordnet opptreden for kraftomsetning og fakturering av netjtjenester. FOR 1999-03-11 nr.301
- Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariff
- NVE Publikasjon nr. 21, 1991. Veileder i utforming av konsesjonssøknader
- Lov om tilsyn med elektriske anlegg og elektrisk utstyr (Eltilsynsloven)

Statens vegvesens håndbøker:

- Håndbok N100 Veg- og gateutforming (2008)
- Håndbok N200 Vegbygging (2011)
- Håndbok N500 Vegtunneler (2010)
- Håndbok R761 og 026 Prosesskoder (2012)
- Håndbok R310 Trafikksikkerhetsutstyr – Funksjons- og materialkrav, Del 5 Oppsettingsutstyr (2011)
- Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold (2012)
- Håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområde (2011)
- Håndbok V125 Veg- og gatelys (2002)

Standarder:

- NS-EN 13201-2 Vegbelysning – Del 2: Ytelseskrav
- NS-EN 13201-3 Vegbelysning – Del 3: Beregning av ytelse
- NS-EN 13201-4 Vegbelysning – Del 4: Metoder for måling av belysningens ytelse
- NS-EN 12767 Ettergivende konstruksjoner for vegutstyr – Krav og prøvingsmetoder
- NEK 400 Elektriske lavspenningsinstallasjoner
- NEK 439 Lavspenningstavler og kanalskinnesystemer
- NEK EN 60598-1 Lysarmaturer – Del 1: Generelle krav og prøver
- NEK EN 60598-2-3 Lysarmaturer – Del 2-3: Spesielle krav til armaturer for veg- og gatebelysning
- NEK EN 60929 Vekselstrøms elektronisk forkoblingsutstyr for lysrør. Ytelseskrav
- NEK EN 62035 Utladningslamper (unntatt lysrør) – Sikkerhetsspesifikasjoner
- NS-EN 16276 Rømningslys i tunneler
- NEK EN 50171 Sentrale kraftforsyningssystemer for nødlisnlegg og annet sikkerhetsutstyr
- NEK EN 50172 Nøddlyssystemer for rømningsveier
- NS-EN 1838 Anvendt belysning
- NS-EN 13032 Målinger

- NS-EN 60598-2-22 Lysarmaturer – spesielle krav til armaturer for nødlis
- NS-EN 50272-2 Sikkerhetskrav for sekundærbatterier og batteriinstallasjoner
- NS-EN 62034 Automatiske prøvingsystemer for batterimattede nødlis for rømningsveier
- IEC (den internasjonale elektrotekniske komite) 60068-2 Environmental testing
- IEC 60332-1
- CENELEC HD 308S2

Normer og øvrige referanser:

- CIE (den internasjonale belysningskommisjonen) 31: 1976 Glare and uniformity in road lighting installations
- CIE 47: 1979 Road lighting for wet condition
- CIE 53: 1982 Methods of characterizing the performance of radiometers and photometers
- CIE 66: 1984 Road surfaces and lighting (joint technical report CIE/PIARC)
- CIE 69: 1987 Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters – performance, characteristics and specifications
- CIE 88: 2004 Guide for the lighting of road tunnels and underpasses
- CIE 100: 1992 Fundamentals of the visual task of night driving
- CIE 115: 1995 Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic
- CIE 140: 2000 Road lighting calculations
- CIE 154: 2003 The maintenance of outdoor lighting systems
- CIE 189: 2010 Calculation of tunnel lighting quality criteria
- CIE 191: 2010 Recommended system for mesopic photometry based on visual performance
- CIE 193: 2010 Emergency lighting in road tunnels
- CIE 194: 2011 On site measurement of the photometric performance – method of assessment
- Lyskultur, Norge 1994, 1A Lys og belysning – Grunnleggende begreper
- Lysteknisk Selskab, Danmark 1993: Elektriske lyskilder. Lys og belysning
- Energi, Publikasjon nr. 358 – 1989. Vegbelysning – Planlegging, anlegg og drift
- Vägverket publikation 2004:80. Vägar och gators utformning, Väg och gatubelysning”
- Vejdirektoratet mars 1999. Vejbelysningsregler
- Vejdirektoratet mars 1999, Vejbelysning – Håndbog for tekniske forhold
- TØI-rapport 851/2006. Effektkatalog for trafiksikkerhetstiltak
- TØI 2009. Trafiksikkerhetshåndboka, engelsk utgave
- Hans-Henrik Bjørset og Eilif Hugo Hansen, Lysteknikk, utgave 2003
- Statens forvaltningstjeneste, Finansdepartementet: Veiledning i samfunnsøkonomiske analyser, Oslo 2000
- ILE, The institution of Lighting Engineers, Technical Report Number 12: Lighting of Pedestrian Crossings, 1997
- REN bladene

Vedlegg 1: Terminologi

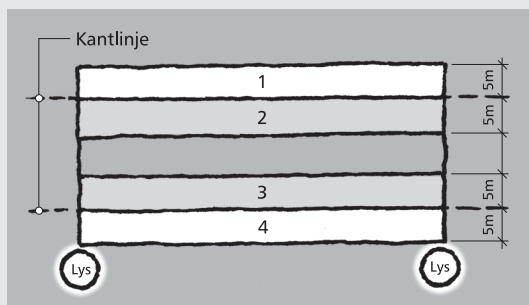
Den internasjonale belysningsorganisasjonen CIE har definert grunnleggende begreper innenfor belysningsteknikken. For norsk oversettelse av begrepene viser vi til Lyskulturs publisasjon Nr 1A, Lys og belysning – Grunnleggende begreper. Tabellen nedenfor gjengir viktige begreper innen vegbelysning.

Begrep	Benevning	Forklaring
Belysning		Bruk av lys for å gjøre gjenstander og deres omgivelser synlige.
Belysningsklasser (MEW, CE, S)		Det er utarbeidet ulike belysningsklasser for forskjellige områder og formål, se NS-EN 13201-2 Vegbelysning-Del 2: Ytelseskrav. Til hver belysningsklasse er det definert et sett belysningstekniske krav.
Belysningsstyrke, E	lux (lm/m ²)	Angir hvor mye lys som faller på en flate, dvs. hvor stor lysfluks som faller på hver arealenhet av flaten. Illuminans er et annet ord for belysningsstyrke.
Belysningsmiljø		Gode synsbetingelser er avhengig av en rekke forhold, hvorav flere kan beskrives objektivt, mens andre kan være av mer subjektiv art. Tilfredsstillende belysningsmiljø avgjøres av følgende hovedfaktorer: • luminansfordeling • belysningsstyrke • blending og reflekser • lysretning • fargegjengivelse og lysfarge • flimring
Blending		Blir det samlede luminansnivået for høyt, eller kontrasten mellom de enkelte luminanser i synsfeltet for stor, inntreffer blending. Vi skiller mellom synsnedsettende (fysiologisk) blending og ubehagsblending (psykologisk blending).
Fargegjengivelsesindeks, R _a		En lyskildes evne til å gjengi farger. 100 er høyeste verdi.
Fargetemperatur, T _c	Kelvin	Angir lyskildens farge. Høye fargetemperaturer (over 3000 K) regnes som kalde, mens de lavere regnes som varme.
Forkobling		Forkobling er en generell beskrivelse av forankoblet utstyr til veilyslarmaturer som muliggjør tenning og kompenserer for eventuelle ugunstige driftsforhold. For gassutladningslamper benyttet man tidligere magnetisk forkobling (ballast), og dette benyttes fortsatt i enkelte tilfeller for høye watt-bestykninger (≤ 250 W). Ellers er det nå et generelt krav om å benytte elektronisk forkobling (ballast). For LED lyskilde benyttes en driver som forkobling.
Gjennomsnittlig belysningsstyrke, E _m	lux	Et mål for den gjennomsnittlige horisontale belysningsstyrken i et vegområde.
Gjennomsnittlig levetid		Tilbakelagt brukstid (antall brenntimer) for et stort antall lyskilder på det tidspunkt da 50 % har brent ut. Alternativt defineres levetiden for en lyskilde som den tiden det tar før lampens lysytelse er redusert med for eksempel 30 %.
Gjennomsnittlig luminans, L _m	cd/m ²	Gjennomsnittlig luminans fra vegdekkets overflate. Målearealet vil være hele kjørebanelens bredde og mellom 2 lyspunkter i lengderetning.

Begrep	Benevning	Forklaring
Gruppeutskifting		Alle lyskildene i et anlegg skiftes – vanligvis ved oppnådd servicelevetid.
Halvromlig belysningsstyrke, E_{hs}	lux	Lysfluksen som treffer en liten halvkule som vender oppover, dividert med arealet av halvkulens overflate.
Horisontal belysningsstyrke, E	lux	Belysningsstyrken på et horisontalt plan.
Kontrast, C		Når et objekt har en annen luminans enn bakgrunnen, sier vi at objektet har en kontrast. Kontrasten er positiv hvis et lyst objekt sees mot en mørk bakgrunn, og negativ når et mørkt objekt sees mot en lys bakgrunn. Kontrasten uttrykkes som forskjellen mellom gjenstandens (L_o) og bakgrunnens luminans (L_b) dividert med bakgrunns luminansen: $\frac{L_b - L_o}{L_b}$
Langsgående jevnhet, U_l		Forholdet mellom laveste og høyeste luminansverdi i en linje langsetter senter i et kjørefelt. Beregnes for alle kjørefelt. Laveste verdi skal tilfredsstille kravet. Synskomforten øker med øket langsgående jevnhet.
LCC (Life Cycle Costs)		Levetidskostnader (kostnader forbundet med et anleggs totale livsløp).
LED		Light Emitting Diode (lysdioder).
Luminans, L	cd/m^2	Begrepet luminans er innført som mål for hvor lys en flate er. En flate som selv sender ut lys, eller som reflekterer lys, vil ha en bestemt lysstyrke i retningen vinkelrett på flaten. Ved å dividere lysstyrken målt i candela med flatearealet målt i m^2 , får vi lysstyrke per m^2 flate. Dette er et mål på hvor lys flaten er, og kalles flatens luminans i denne bestemte retningen. Økende luminans gir føreren bedre kontrastfølsomhet, synsskarphet og forbedrede blendingsforhold.
Lysfluks, Φ	Lumen, lm	Lysfluksen viser hvor mye lys som går fra en lyskilde til en mottaker. Vi tar utgangspunkt i en strålskilde med kjent spektrum. Strålingen som går ut fra kilden representerer en strålingseffekt, også kalt strålingsfluks, som kan måles i watt. Øyet har imidlertid ikke samme følsomhet for all stråling, slik at den strålingseffekten som øyet oppfatter, må måles på en annen måte. Den betegnes lysfluks og måles i lumen.
Lysstyrke, I	Candela, cd	Lysstyrken viser hvordan lysfluksen fra en lyskilde fordeles seg i rommet. Et stearinlys har en lysstyrke på omtrent 1 cd på tvers av flammen.
Lysutbytte, η	lm/W	Et mål på hvor effektiv lyskilden er ved omdanning av elektrisk effekt til lys.
Omgivelsenes lysforhold, SR (se figur V1.1 under tabellen)		For å at bilføreren skal kunne se vegens nærmeste omgivelser og myke trafikanter i vegkanten, setter vi krav til omgivelsenes lysforhold. Defineres som summen av den gjennomsnittlige belysningsstyrken i en 5 m bred stripe på hver side av kjørebanelen, dividert med tilsvarende sum for de to like brede tilstøtende striper inne på kjørebanelen (hvis kjørebanelen er smalere enn 10 m, skal denne stripebredden være en halv kjørebanelbredde). For veier med to kjørebaneler og midtdeler mindre enn 10 m, regnes det som én kjørebanel ved beregning av SR. SR brukes kun der hvor det ikke er tilstøtende trafikkområder med egne krav, for eksempel fortau, gang- og sykkelveier eller nødkjørsfelt

Begrep	Benevnning	Forklaring
Omgivelsesnivå for blending		Verdi på blending i de tilstøtende områdene til kjørebanelen.
Servicelevetid, L_{80}	Timer	Den brenntid (det antall brenntimer) som anlegget har lagt bak seg når lysreduksjonen i lyskildene og det prosentuelle utfallet til sammen har redusert lysytelsen med 20 %. Se gruppeutskifting
Sløringsluminans, L_v	Cd/m ²	Et mål på den luminansen som medfører kontrastreduksjon. Lyset fra blendingskilden blir spredt i øyet som strølys, og virkningen er den samme som om hele synsfeltet var dekket av en jevn luminans.
Stoppsikt, L_s	m	Nødvendig sikt lengde fram til et objekt for at bilførereren skal kunne oppdage objektet, reagere, vurdere om han skal bremse og bremse kjøretøyet til stopp
Strølys	Lux	For å forsterke inntrykket av natt i omgivelsene, er det nødvendig å ha kontroll over strølyset (også kalt lysforurensing), som kan forårsake psykologiske og økologiske problemer for omgivelser og mennesker.
Terskeløkning, TI	%	Et mål på tap av synlighet forårsaket av sløringsluminans fra veglysarmaturen. TI beregnes som den prosentvise økningen i luminans som må til for å gjøre et objekt synlig når blendingen fra armaturen er til stede, i forhold til at objektet så vidt er synlig uten blending til stede – sett fra observatørens posisjon.
Total jevnhet, U_o og U_{ov}		U_o er forholdet mellom laveste verdi og gjennomsnittsverdien for vegdekkets luminans på tørt vegdekke eller for den horisontale belysningsstyrken. Økt jevnhet gir forbedrede synsbetingelser. Vi stiller også krav til total jevnhet på vått vegdekke (U_{ov}) (bare ved luminansberegninger), for å unngå en kraftig forverring av lysforholdene i fuktige perioder. Det kan være vanskelig å oppfylle krav til total jevnhet på et vått vegdekke (U_{ov}) og samtidig oppfylle et høyt krav til langsgående jevnhet (U_l) for det samme vegdekket i tørr tilstand.

Begrep	Benevning	Forklaring
Vedlikeholdsfaktor		Vedlikeholdsfaktoren til armaturen varierer med rengjøringsintervallene, mengden forurensning i atmosfæren og IP-graden til armaturens skjerm/reflektordel. Vedlikeholdsfaktoren til lyskilden varierer med lampe-type og spenning. Til sammen utgjør dette en reduksjon i lysfluksen som angis med en vedlikeholdsfaktor.
Vegbelysning		Vegdekket representerer den flaten som lyset reflekteres fra. Vegdekkets refleksjonsegenskaper og lyshetsgrad er avgjørende. C2 er et mørkt vegdekke og C1 et lyst vegdekke under tørre forhold. W3 og W4 er våte vegdekker, der W4 er mest speilende.
Vertikal belysningsstyrke, E_v	Lux	Belysningsstyrken på et vertikalt plan
Virkningsgrad η_A		En del av lysfluksen fra lyskildene som er installert i en lysarmatur, vil treffe armaturdeler eller andre lyskilder og delvis bli absorbert. Lysfluksen som kommer ut av armaturen er derfor mindre enn den lysfluksen som lyskildene sender ut. Armaturens virkningsgrad angir hvor stor del av lyskildens lysfluks som slipper ut av armaturen.



Figur V1.1: Omgivelsesforhold $SR = (1+4)/(2+3)$ der tallene representerer gjennomsnittlig belysningsstyrke i hvert område. Områdebredden reduseres fra 5 m til $\frac{1}{2}$ kjørebanebredde når denne er smalere enn 10 m.

Vedlegg 2: Dokumentasjon

Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter pålegger oss å utarbeide dokumentasjon som skal kunne framlegges for myndighetene. Eltilsynsloven og Forskrift om elektriske forsyningsanlegg (FEF) forteller hvordan dette skal gjøres for el-anlegg.

Med utgangspunkt i forskriftene, bør dokumentasjonen for veg- og gatebelysningsanlegg minst bestå av følgende:

Gjelder både prosjekterende firma og utførende entreprenør:

- Samsvarserklæring(er) med liste over anvendte normer. En samsvarserklæring kan utarbeides dersom samme firma står for både prosjektering og gjennomføring. Det stilles også krav til dokumentasjonen som skal følge, se FEF/NEK 400.
- KAR-analysens krav til dokumentomfang.
- For alle veger og områder som skal belyses: Lysberegninger i henhold til NS- EN 13201-3 Vegbelysning Del-3: Beregning av ytelse. Lysteknisk dokumentasjon er en forutsetning for å kunne vurdere armaturens kvalitet opp mot den aktuelle belysningsoppgaven.
- Hele det elektriske anlegget skal beregnes i FEBDOK eller et tilsvarende program.

All dokumentasjon i forbindelse med prosjektering og beregning skal foreligge i de elektroniske formater som kreves av Statens vegvesen.

Gjelder prosjekterende firma:

- Dokumentasjon på hvilke ytre påkjenninger anlegget er dimensjonert etter.
- Beskrivelse av anlegget basert på håndbok R761 Prosesskode - 1 og håndbok R762 Prosesskode - 2.
- Belysningsplaner (I og N-tegninger) minimum i målestokk 1:2000 (A3) med angivelse av alle master/armaturer, fordelingsskap, kabeltraseer og trekkør/trekkekummer etc. Tegningene skal inneholde en tabell hvor hvert enkelt lyspunkt er angitt med:
 - nummer
 - koordinater (X, Y og Z for topp fundament)
 - fundamenttype og -størrelse
 - mastetype med opplysninger om lengde, lyspunkthøyde, evt. avskjæringsledd, utliggerarm, toppdiameter og farge
 - armaturtype med opplysninger om lampetype, effekt, skjerm, innstillinger (helling, reflektorposisjon, lampeposisjon), eventuelt nedreguleringssystem, farge og tilknytningspunkt (skap, kurs)

Tegningene skal også inneholde opplysninger om:

- fordelingsskap og trekkekummer (nummer, koordinater og type)
- kabler og trekkør (dimensjoner, type og antall)
- oversiktsskjema, prinsipiell kopling av fordelinger med tilførsel.
- Énlinjeskjema for de enkelte fordelingene.

Gjelder utførende entreprenør:

- Dokumentasjon av entreprenørens kompetanse i henhold til forskrift, og firmaet skal være registrert i Elvirksomhetsregisteret (i riktig virkeområde)
- Armaturdata i et format som tillater lysberegning også i lysberegningsprogrammet Relux
- Kopi av melding(er) og bestilling(er) av nettabonnement.
- Anleggsadresse og måleridentitet.
- Minimum dokumentasjon bestående av: samsvarserklæring(er), kursfortegnelser, bruker-veiledning, sluttkontrollrapport, risikovurdering, enlinjeskjema, installasjonstegninger og beskrivelser, tavledokumentasjon iht. NEK 439, innstilte verdier på vern, alle beregninger i FEBDOK og FDV manual.
- Nødvendige lysmålinger etter 100 timers driftstid i henhold til NS-EN 13201-4 Vegbelysning-Del 4: Metoder for måling av belysningens ytelse, se kapittel 4.6. Luminansmålinger er vanskelige å gjennomføre og gjøres kun i spesielle tilfeller. Vi krever derfor beregninger av belysningsstyrke med vedlikeholdsfaktor 1,0 for alle belysningssituasjoner. På denne måten kan vi få bekreftet om leveransen er i henhold til beskrivelsen og som tilbudt.
- Oppdatert dokumentasjon og tegninger for anlegget overleveres i elektronisk versjon i forbindelse med ferdigbefaring ved overtakelsen.
- Innmålte koordinater (GPS) for alle master, fordelingsskap, kummer og traseer for kabler/trekkør. Det skal angis X-, Y- og Z-koordinater i gjeldende koordinatsystem. Målte objekter skal kodes etter gjeldende SOSI-standard, og inneholde måledato samt kvalitetskode. Innmålte data leveres på SOSI-fil.

Forvaltnings-, drifts- og vedlikeholdsdokumentasjon skal være på norsk, og leveres i fire eksemplarer (ett eksemplar leveres på papir og tre eksemplarer leveres elektronisk).

I tillegg til dokumentasjonskravene ovenfor, skal følgende være med:

- Navn og adresser på entreprenører og leverandører.
- Eventuelle godkjenninger for kryssinger av veger og høyspentlinjer.
- Viktige detaljer samt alle kabeltraséer som passerer bruer/kulverter skal dokumenteres med beskrivelse og digitale bilder.
- Datablad-materiell: For alle produkter leveres spesifikasjoner (datablad) med angivelse av alle relevante data som navn, nummer, fabrikat, leverandør, dimensjon og farge m.m. Dette gjelder:
 - fundamenter og master (se kapittel 4.3)
 - armaturer (inkl. innstillinger av skjerm, reflektor, helling og nedregulering)
 - kabler
 - koplingsklemmer
 - skap inkludert komponenter i skap, samt tennings- og styresystem
- Tilsyns- og vedlikeholdskort: For alle produkter som krever regelmessig vedlikehold eller utskifting av komponenter (kretskort, lyskilder etc.), skal det i tillegg til datablad leveres en vedlikeholdsbeskrivelse samt angivelse av tidsintervall for vedlikehold og oversikt over de materialer som skal brukes. For disse produktene kreves et fotokort (foto av produktet med angivelse av alle betjeningshendler o.l.).
- Drifts- og systeminformasjon: For alle produkter som forutsetter kontinuerlig drift, skal det i tillegg til datablad og tilsyns- og vedlikeholdskort, leveres en driftsbeskrivelse inkl. koblingsskjema, feilsøkrutiner, rutinebeskrivelse og reservedelsliste. Beskrivelsen skal omfatte eventuelle brosjyrer og kopi av garantikort. For disse produktene kreves et fotokort (foto av produktet med angivelse av alle betjeningshendler o.l.).
- Spesifikasjoner: Apparatspesifikasjoner skal inneholde betegnelse for strømveisskjema, navn, fabrikat, type, data, leverandør m.m.

Krav til eier/forvalter:

- Eier/forvalter av anlegget skal oppbevare all dokumentasjon så lenge anlegget er i drift.
- Anleggene skal registreres i vegdatabanken (vegereg).
- Eier/forvalter skal sørge for at det blir foretatt nødvendig ettersyn og vedlikehold slik at anlegget til enhver tid tilfredsstiller sikkerhetskravene i kapittel 2 i FEF.
Dette skal inngå i HMS-systemet.

Vedlegg 3: Samsvarserklæring

Samsvarserklæring fra prosjekterende av elektrisk anlegg for Statens vegvesen

Prosjekterende firma

Navn	Adresse	Postnr	Sted

Telefon	E-post adresse	Foretaksnummer	DSB reg.nr

Anlegg

Type	Navn	Adresse	Kommune

Kryss (X) av for:

TN 400V		IT 230V		Nyanlegg		Utvidelse		Endring		Inneholder maskin	
---------	--	---------	--	----------	--	-----------	--	---------	--	-------------------	--

Anvendte regler (kryss av for)

Forskrifter	Årgang		Normer	Årgang		Svv håndbøker	Årgang	
FEL	1998		NEK 400	2010		Håndbok V124		
FEF			NEK 439					
FEU								

Innvilget: dispensasjoner	ja	nei	fravik	ja	nei	Eventuelt antall vedlagte	
---------------------------	----	-----	--------	----	-----	---------------------------	--

Anvendte hjelpemidler (kryss av for)

Navn	Versjon		Merknad
FEBDOK			
RELUX			

Beregninger er gjort med disse hjelpemidlene og er overlevert eier i åpent dataformat som kildefil uten begrensning

Beskrivelse av hva som er prosjektert:

Undertegnede erklærer at anlegget er planlagt slik at det oppfylles sikkerhetskravene i forskriftene kapittel V. Dokumentasjon i henhold til § 12 i FEL/§3-1 i FEF er overlevert eier av anlegget. Videre bekreftes at alle krav i ovennevnte håndbøker er oppfylt. Eventuelle innvilgede fravik er vedlagt.

.....
Sted/dato

.....
Firma

.....
underskrift faglig ansvarlig

.....
underskrift økonomisk forpliktende

Samsvarserklæring fra utførende entreprenør av elektrisk anlegg for Statens vegvesen**Elektroentreprenør**

Navn	Adresse	Postnr	Sted

Telefon	E-post adresse	Foretaksnummer	DSB reg.nr

Anlegg

Type	Navn	Adresse	Kommune

Kryss (X) av for:

TN 400V		IT 230V		Nyanlegg		Utvidelse		Endring		Inneholder maskin	
---------	--	---------	--	----------	--	-----------	--	---------	--	-------------------	--

Anvendte regler (kryss av for)

Forskrifter	Årgang		Normer	Årgang		Svv håndbøker	Årgang	
FEL	1998		NEK 400	2010		Håndbok V124		
FEF			NEK 439					
FEU								

Innvilget: dispensasjoner	ja	nei	fravik	ja	nei	Eventuelt antall vedlagte	
---------------------------	----	-----	--------	----	-----	---------------------------	--

Anvendte hjelpemidler (kryss av for)

Navn	Versjon		Merknad
FEBDOK			
RELUX			
Beregninger er gjort med disse hjelpemidlene og er overlevert eier i åpent dataformat som kildefil uten begrensning			

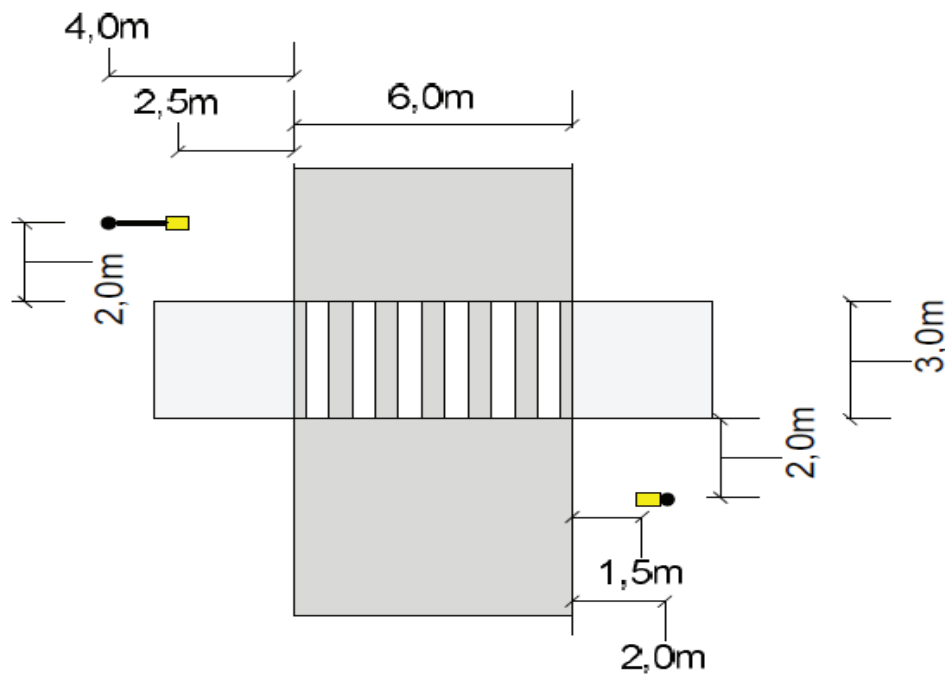
Beskrivelse av hva som er prosjektert:

Undertegnede erklærer at anlegget er planlagt slik at det oppfyller sikkerhetskravene i forskriftene kapittel V. Dokumentasjon i henhold til § 12 i FEL/§3-1 i FEF er overlevert eier av anlegget. Videre bekreftes at alle krav i ovennevnte håndbøker er oppfylt. Eventuelle innvilgede fravik er vedlagt.

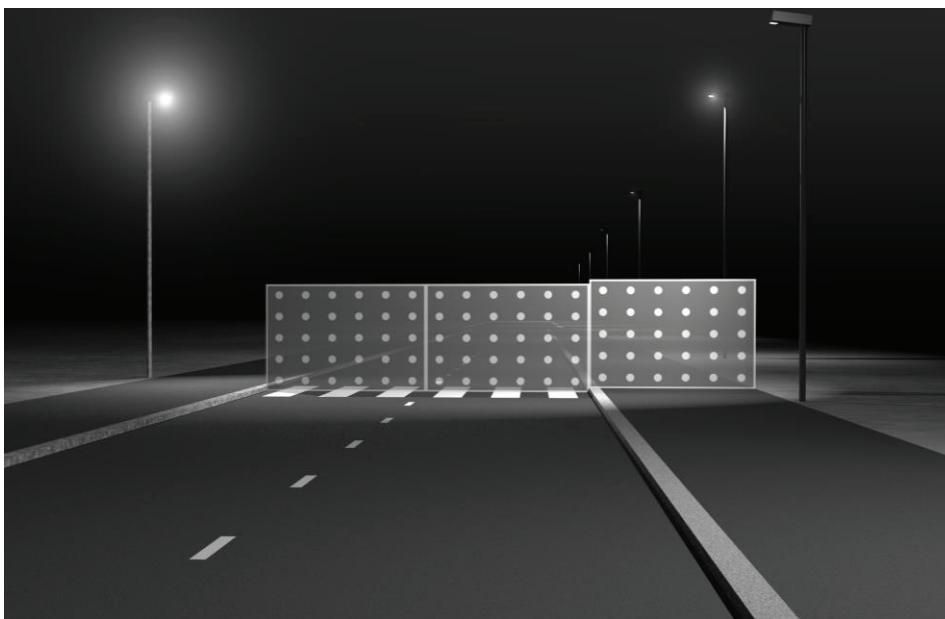
.....
Sted/dato.....
Firma.....
underskrift faglig ansvarlig.....
underskrift økonomisk forpliktende

Vedlegg 4: Eksempel på lysberegning av intensivbelyst gangfelt

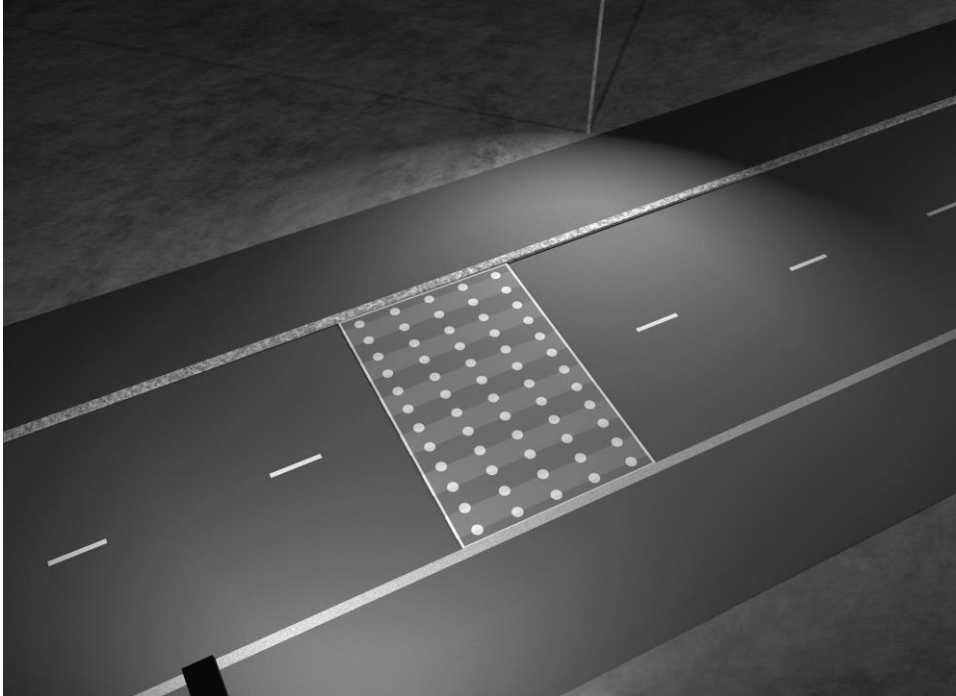
Tegningen nedenfor viser eksempel på masteplassering for intensivbelysning av gangfelt. Plasseringen må ofte tilpasses stedlige forhold, men anbefalingene i kapittel 3.9.1 må følges så godt som mulig for at resultatet skal bli godt.



Figuren nedenfor viser de tre vertikale beregningsfeltene og tilhørende beregningpunkter, i den ene kjøreretningen.



Figuren nedenfor viser det horisontale beregningsfeltet med tilhørende beregningspunkter



De neste sidene i dette vedlegget viser utdrag fra en lysberegning for intensiv belysning av gangfelt i beregningsprogrammet Relux.

Intensivbelysning av gangfelt

Installasjon : Demoinstallasjon av intensivbelysning på belyst veg

Prosjektnummer : SVV HB V124 - rev. 2012

Kunde :

Utført av :

Dato : 26.04.2012

Prosjektbeskrivelse:

En slik beregning må foretas for hver kjøreretning!

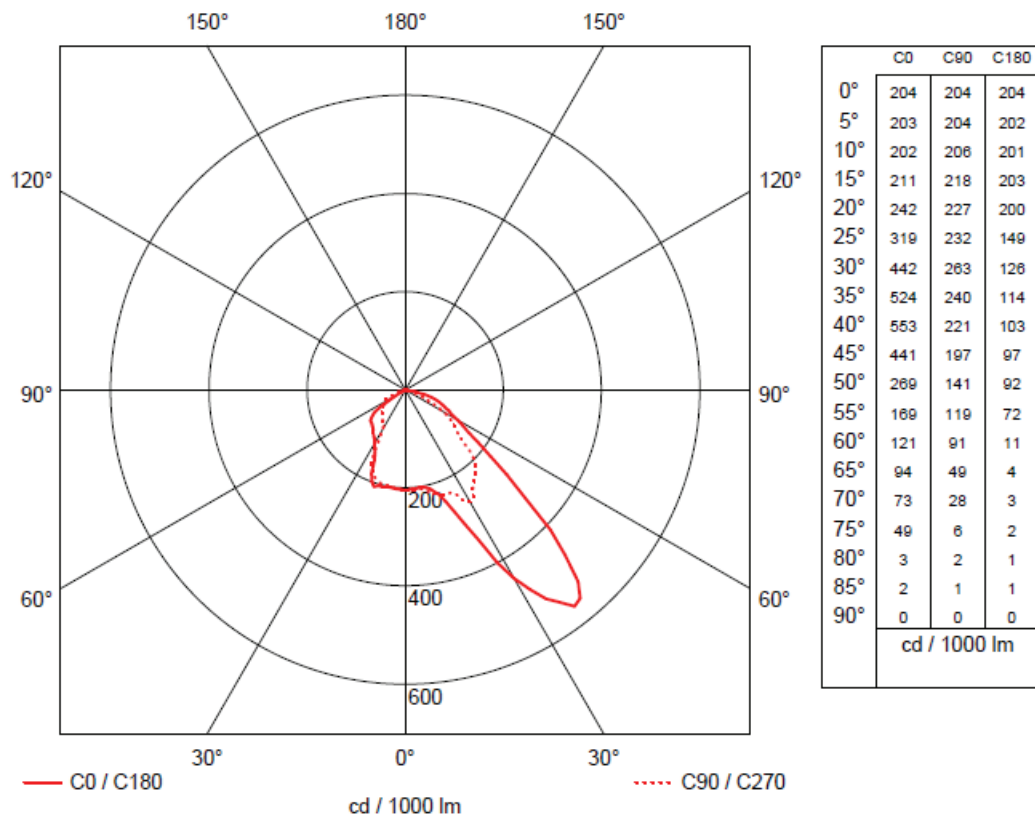
Innhold

Forside	1
Innhold	2
1 Armaturdata	
1.1 Demoarmatur	
1.1.1 LFK	3
1.2 Demoarmatur	
1.2.1 LFK	4
2 Utendørsanlegg 1	
2.1 Beskrivelse, Utendørsanlegg 1	
2.1.1 Armaturdata/Romelementer	5
2.1.2 Planvisning	7
2.1.3 3D-visning, Vis 1	8
2.2 Sammendarag, Utendørsanlegg 1	
2.2.1 Resultatoversikt, Horisontal belysningsstyrke - Gangfelt	9
2.2.2 Resultatoversikt, Vertikal belysningsstyrke - kjørefelt masteside mot gangfelt	10
2.2.3 Resultatoversikt, Vertikal belysningsstyrke - kjørefelt motsatt masteside mot gangfelt	11
2.2.4 Resultatoversikt, Vertikal belysningsstyrke - fortau masteside	12
2.2.5 Resultatoversikt, Vertikal belysningsstyrke - fortau ved kjørefelt o motsatt kjøreretning	13
2.3 Beregningsresultat, Utendørsanlegg 1	
2.3.1 Tabell, Horisontal belysningsstyrke - Gangfelt (E)	14
2.3.2 Tabell, Vertikal belysningsstyrke - kjørefelt masteside mot gangfelt (E)	15
2.3.3 Tabell, Vertikal belysningsstyrke - kjørefelt motsatt masteside mot gangfelt (E)	16
2.3.4 Tabell, Vertikal belysningsstyrke - fortau masteside (E)	17
2.3.5 Tabell, Vertikal belysningsstyrke - fortau ved kjørefelt i motsatt kjøreretning (E)	18
2.3.6 3D-luminans, Vis 1	19
2.3.7 3D-fargeskala, Vis 1 (E)	20

1 Armaturdata

1.1 Demoarmatur

1.1.1 LFK



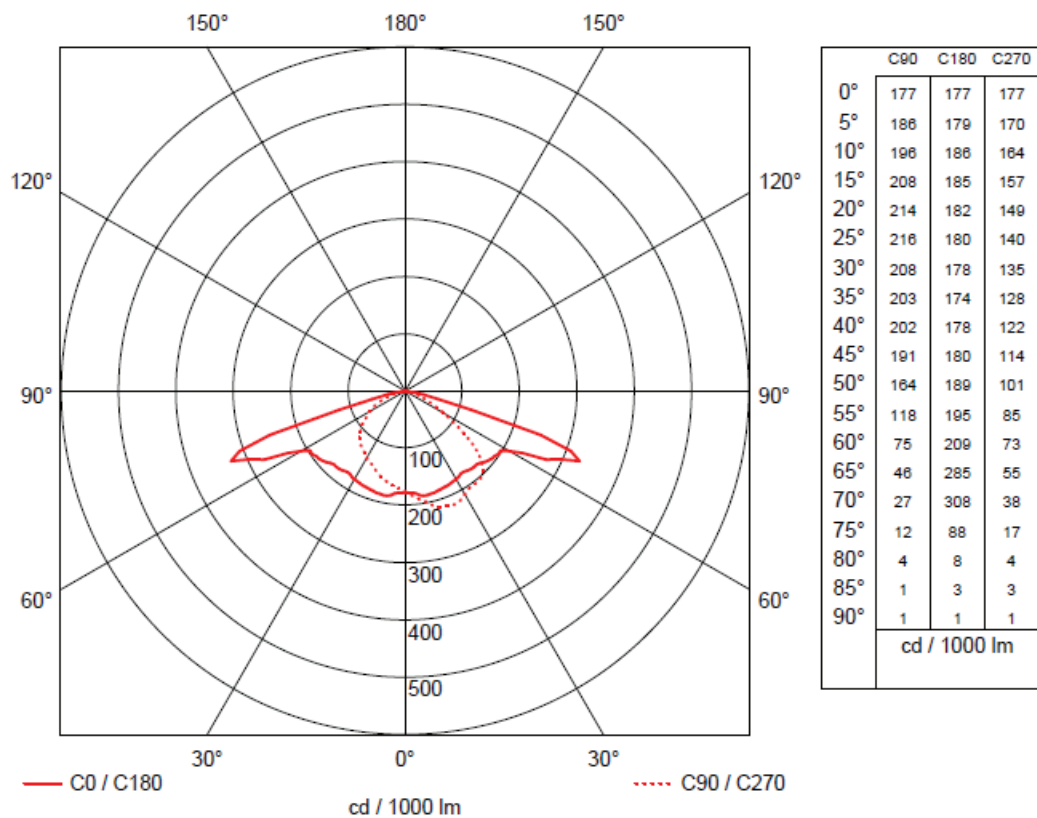
Fabrikat : Demo
 Artikkelnummer : Demo
 Armaturnavn : Demo
 Bestykning : 1 x HIT-CE/S 150 W / 14500
 Dimensjoner : L 688 mm x B 467 mm x H 191 mm
 Filnavn : Demo.lgt

Virkningsgrad : 73.9%
 Luminaire efficacy : 60.88 lm/W (A40)
 Lysfordeling : asymmetrisk
 Utstrålingsvinkel : 47.8° C0
 — C90
 — C180
 — C270

1 Armaturdata

1.2 Demoarmatur

1.2.1 LFK



Fabrikat : Demo
 Artikelnummer : Demo
 Armaturnavn : Demo
 Bestykning : 1 x HST 150 W / 17500 lm
 Dimensjoner : L 688 mm x B 467 mm x H 241 mm
 Filnavn : Demo.ltd

Virkningsgrad : 80.8%
 Luminaire efficacy : 80.34 lm/W (A30)
 Lysfordeling : sym. om C90-C270
 Utstrålingsvinkel : 140.9° C0-C180
 — C90
 — C270

2 Utendørsanlegg 1

2.1 Beskrivelse, Utendørsanlegg 1

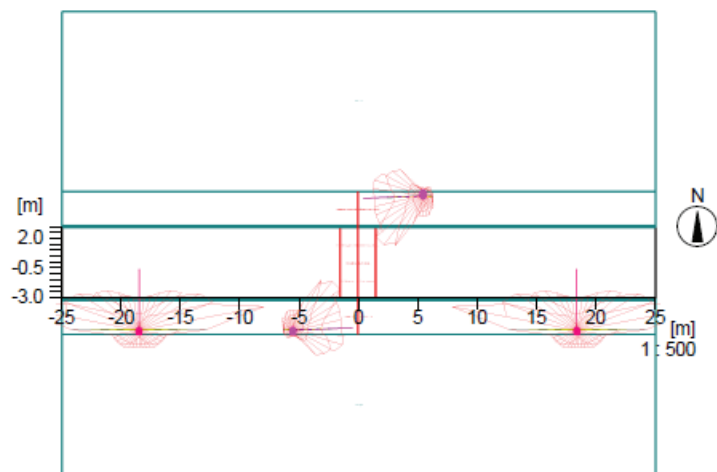
2.1.1 Armaturdata / Romelementer

Andre

Nr.	xm[m]	ym[m]	zm[m]	Lengde	Bredde	z akse	Rotasjonsvinkel	
							lengdeakse	tverrakse
Kantstein H								
KI 1 -25.00	-25.00	-3.15	0.00	50.00	0.15	0.00	0.00	0.00
Fortau H								
KI 3 -25.00	-25.00	-6.00	0.00	50.00	2.85	0.00	0.00	0.00
Landskap H								
KI 5 -25.00	-25.00	-18.00	0.00	50.00	12.00	0.00	0.00	0.00
Kantstein V								
KI 2 -25.00	-25.00	3.00	0.00	50.00	0.15	0.00	0.00	0.00
Fortau V								
KI 4 -25.00	-25.00	3.15	0.00	50.00	2.85	0.00	0.00	0.00
Landskap V								
KI 6 -25.00	-25.00	6.00	0.00	50.00	15.00	0.00	0.00	0.00
Mast - 6m								
KI 1.1 -5.50	-5.50	-6.05	0.15	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Mast - 6m								
KI 2.1 5.50	5.50	6.05	0.15	0.10	0.10	180.00	0.00	0.00
Mast - 10m								
KI 3. -18.50	-18.50	-6.05	0.15	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Mast - 10m								
KI 4. 18.50	18.50	-6.05	0.15	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00

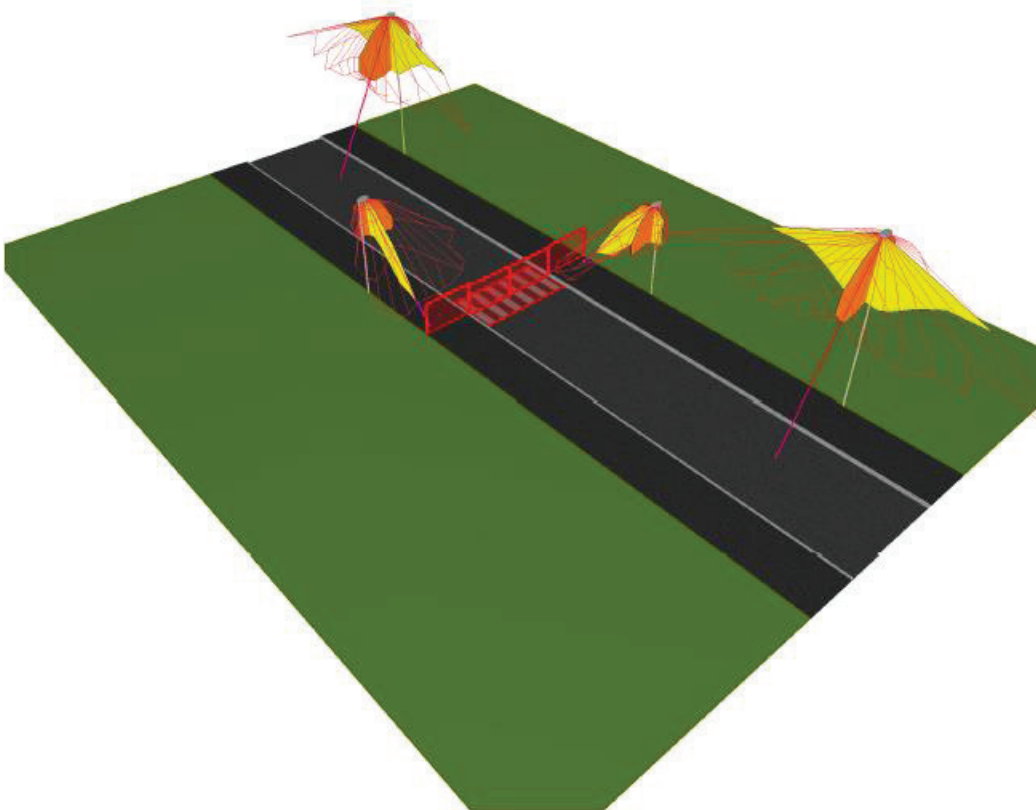
2.1 Beskrivelse, Utendørsanlegg 1

2.1.2 Planvisning



2.1 Beskrivelse, Utendørsanlegg 1

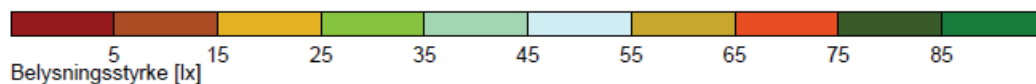
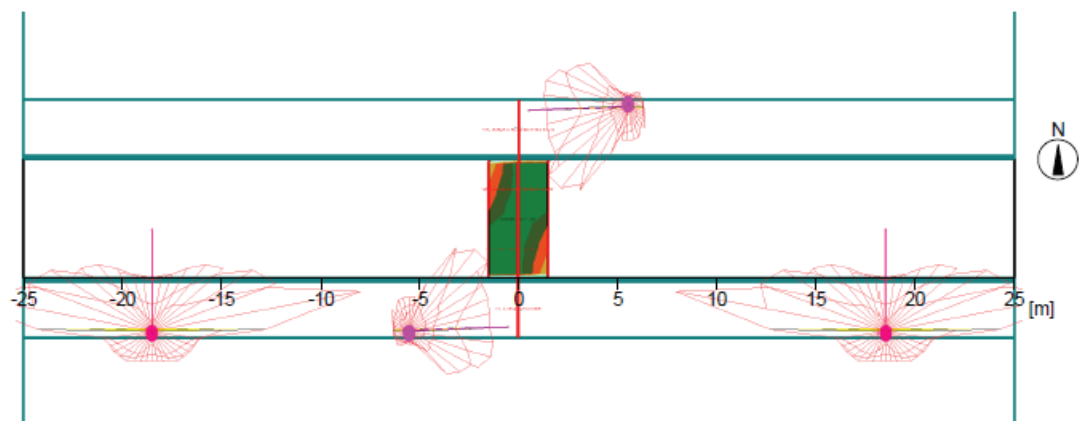
2.1.3 3D-visning, Vis 1



2 Utendørsanlegg 1

2.2 Sammendrag, Utendørsanlegg 1

2.2.1 Resultatoversikt, Horisontal belyningsstyrke - Gangfelt



Generelt

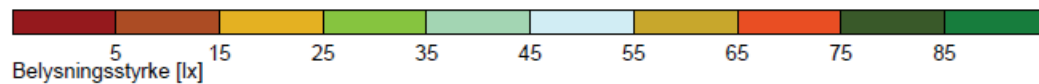
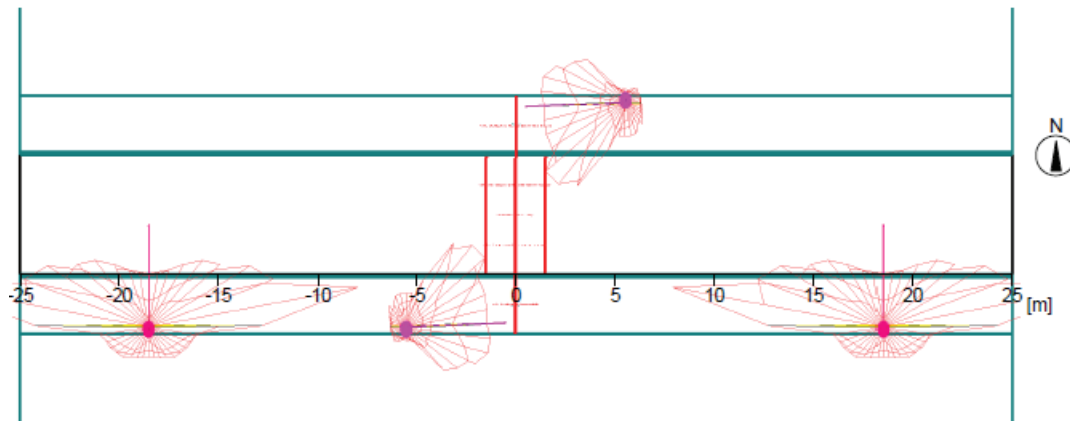
Anvendt beregningsalgoritme	Direkteandel Med lysfarger.
Høyde på beregningsflate	0.00 m
Vedlikeholdsfaktor	0.75
Total lysfluks for alle lyskilder	64000 lm
Totaleffekt	704 W
Totaleffekt per areal (300.00 m²)	2.35 W/m² (2.71 W/m²/100lx)

Belysningsstyrke

Gjennomsnittlig belyningsstyrke	Em	86.6 lx
Laveste belyningsstyrke	Emin	63 lx
Største belyningsstyrke	Emaks	99.3 lx
Jevnhet U1	Emin/Em	1:1.38 (0.73)
Jevnhet U2	Emin/Emaks	1:1.58 (0.63)

2.2 Sammendrag, Utendørsanlegg 1

2.2.2 Resultatoversikt, Vertikal belyningsstyrke - kjørefelt masteside mot gangfelt



Generelt

Anvendt beregningsalgoritme
Vedlikeholdsfaktor

Direkteandel Med lysfarger.
0.75

Total lysfluks for alle lyskilder
Totaleffekt
Totaleffekt per areal (300.00 m²)

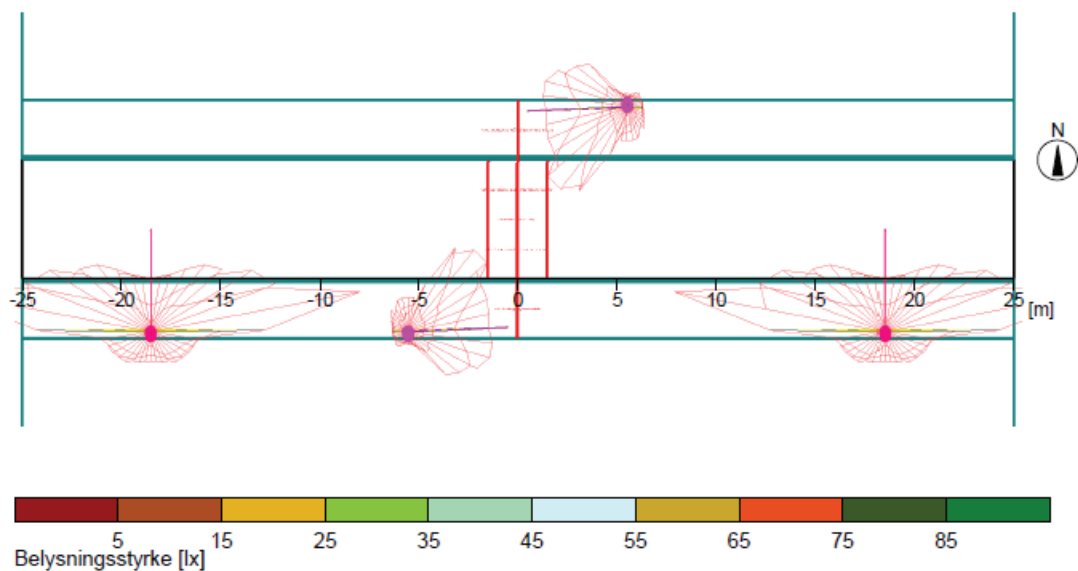
64000 lm
704 W
2.35 W/m² (4.55 W/m²/100lx)

Belysningsstyrke

Gjennomsnittlig belysningsstyrke	Em	51.6 lx
Laveste belysningsstyrke	Emin	36.2 lx
Største belysningsstyrke	Emaks	63 lx
Jevnhet U1	Emin/Em	1:1.43 (0.7)
Jevnhet U2	Emin/Emax	1:1.74 (0.57)

2.2 Sammendrag, Utendørsanlegg 1

2.2.3 Resultatoversikt, Vertikal belyningsstyrke - kjørefelt motsatt masteside mot gangfelt



Generelt

Anvendt beregningsalgoritme
Vedlikeholdsfaktor

Direkteandel Med lysfarger.
0.75

Total lysfluks for alle lyskilder
Totaleffekt
Totaleffekt per areal (300.00 m²)

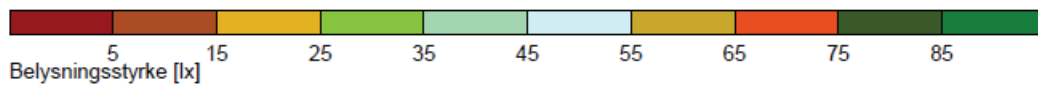
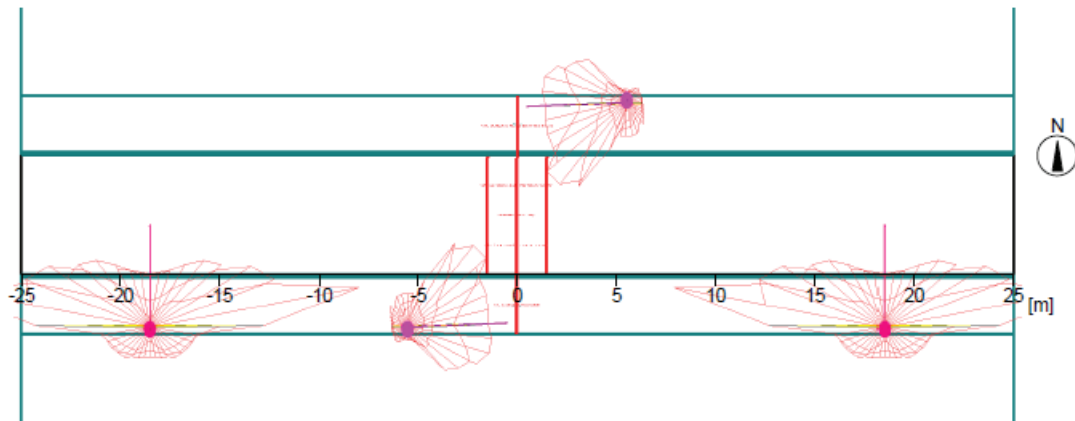
64000 lm
704 W
2.35 W/m² (7.19 W/m²/100lx)

Belysningsstyrke

Gjennomsnittlig belysningsstyrke	Em	32.6 lx
Laveste belysningsstyrke	Emin	19.8 lx
Største belysningsstyrke	Emaks	44.1 lx
Jevnhet U1	Emin/Em	1:1.64 (0.61)
Jevnhet U2	Emin/Emax	1:2.22 (0.45)

2.2 Sammendrag, Utendørsanlegg 1

2.2.4 Resultatoversikt, Vertikal belyningsstyrke - fortau masteside



Generelt

Anvendt beregningsalgoritme
Vedlikeholdsfaktor

Direkteandel Med lysfarger.
0.75

Total lysfluks for alle lyskilder
Totaleffekt
Totaleffekt per areal (300.00 m²)

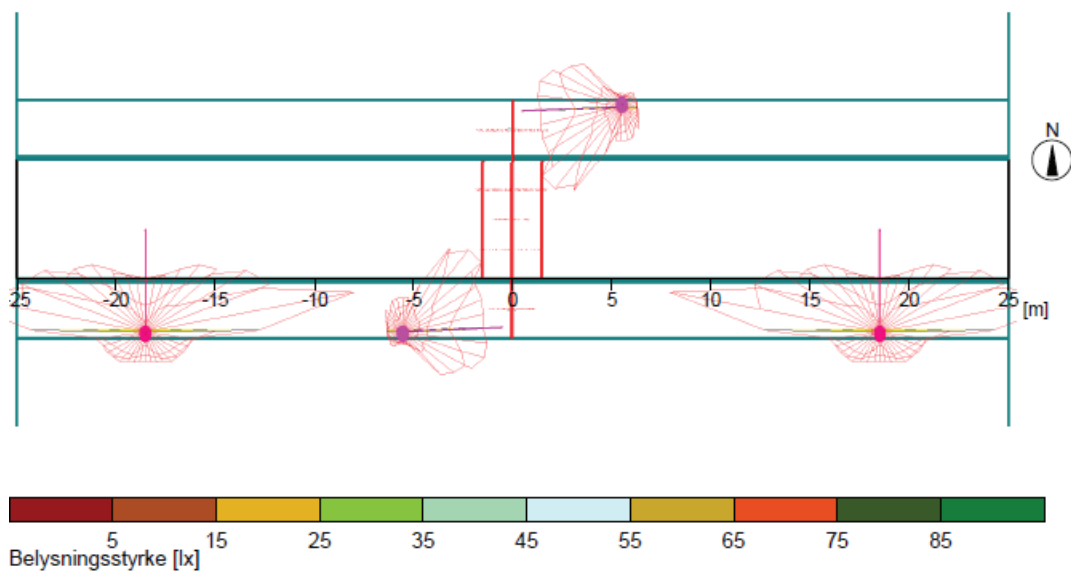
64000 lm
704 W
2.35 W/m² (4.13 W/m²/100lx)

Belysningsstyrke

Gjennomsnittlig belysningsstyrke	Em	56.9 lx
Laveste belysningsstyrke	Emin	46.2 lx
Største belysningsstyrke	Emaks	64.1 lx
Jevnhet U1	Emin/Em	1:1.23 (0.81)
Jevnhet U2	Emin/Emax	1:1.39 (0.72)

2.2 Sammendrag, Utendørsanlegg 1

2.2.5 Resultatoversikt, Vertikal belyningsstyrke - fortau ved kjørefelt i motsatt kjøreretning



Generelt

Anvendt beregningsalgoritme
Vedlikeholdsfaktor

Direkteandel Med lysfarger.
0.75

Total lysfluks for alle lyskilder
Totaleffekt
Totaleffekt per areal (300.00 m²)

64000 lm
704 W
2.35 W/m² (16.21 W/m²/100lx)

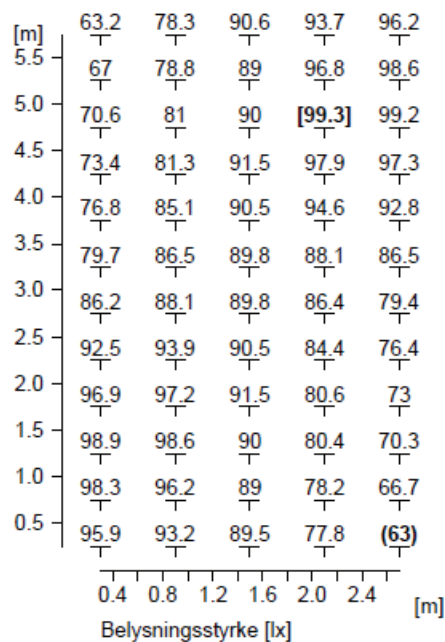
Belysningsstyrke

Gjennomsnittlig belysningsstyrke	Em	14.5 lx
Laveste belysningsstyrke	Emin	6.6 lx
Største belysningsstyrke	Emaks	27.1 lx
Jevnhet U1	Emin/Em	1:2.19 (0.46)
Jevnhet U2	Emin/Emax	1:4.09 (0.24)

2 Utendørsanlegg 1

2.3 Beregningsresultat, Utendørsanlegg 1

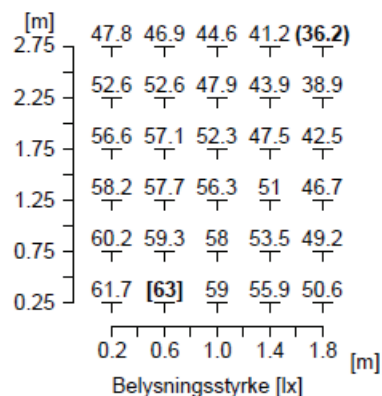
2.3.1 Tabell, Horizontal belysningsstyrke - Gangfelt (E)



Høyde på referanseplan		: 0.00 m
Gjennomsnittlig belysningsstyrke	Em	: 86.6 lx
Laveste belysningsstyrke	Emin	: 63 lx
Største belysningsstyrke	Emaks	: 99.3 lx
Jevnhet U1	Emin/Em	: 1: 1.38 (0.73)
Jevnhet U2	Emin/Emaks	: 1: 1.58 (0.63)

2.3 Beregningsresultat, Utendørsanlegg 1

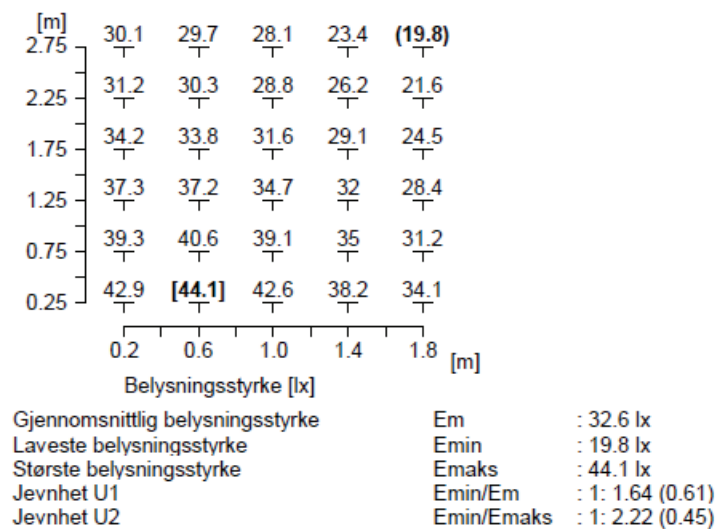
2.3.2 Tabell, Vertikal belysningsstyrke - kjørefelt masteside mot gangfelt (E)



Gjennomsnittlig belysningsstyrke	Em	: 51.6 lx
Laveste belysningsstyrke	Emin	: 36.2 lx
Største belysningsstyrke	Emaks	: 63 lx
Jevnhet U1	Emin/Em	: 1: 1.43 (0.70)
Jevnhet U2	Emin/Emaks	: 1: 1.74 (0.57)

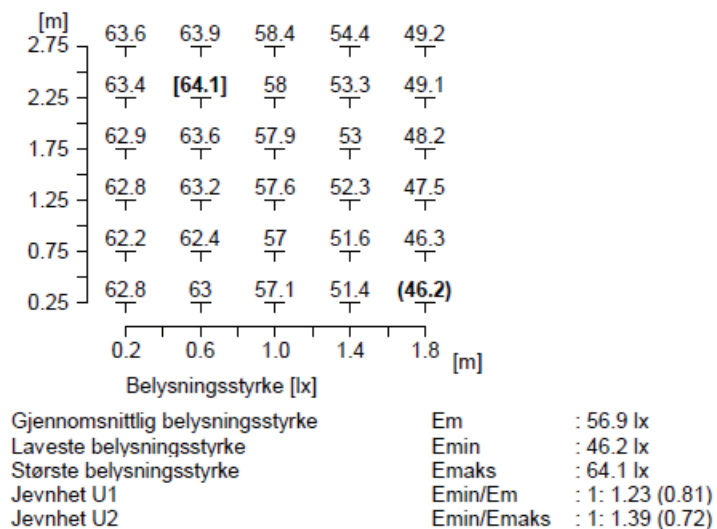
2.3 Beregningsresultat, Utendørsanlegg 1

2.3.3 Tabell, Vertikal belysningsstyrke - kjørefelt motsatt masteside mot gangfelt (E)



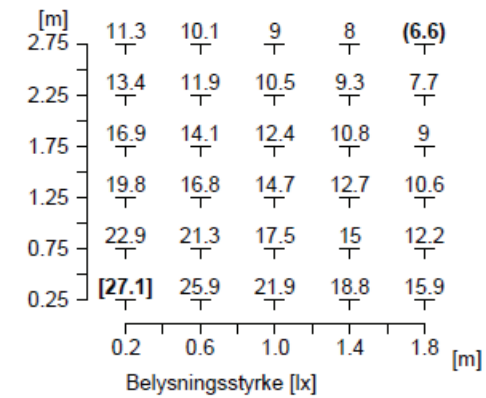
2.3 Beregningsresultat, Utendørsanlegg 1

2.3.4 Tabell, Vertikal belysningsstyrke - fortau masteside (E)



2.3 Beregningsresultat, Utendørsanlegg 1

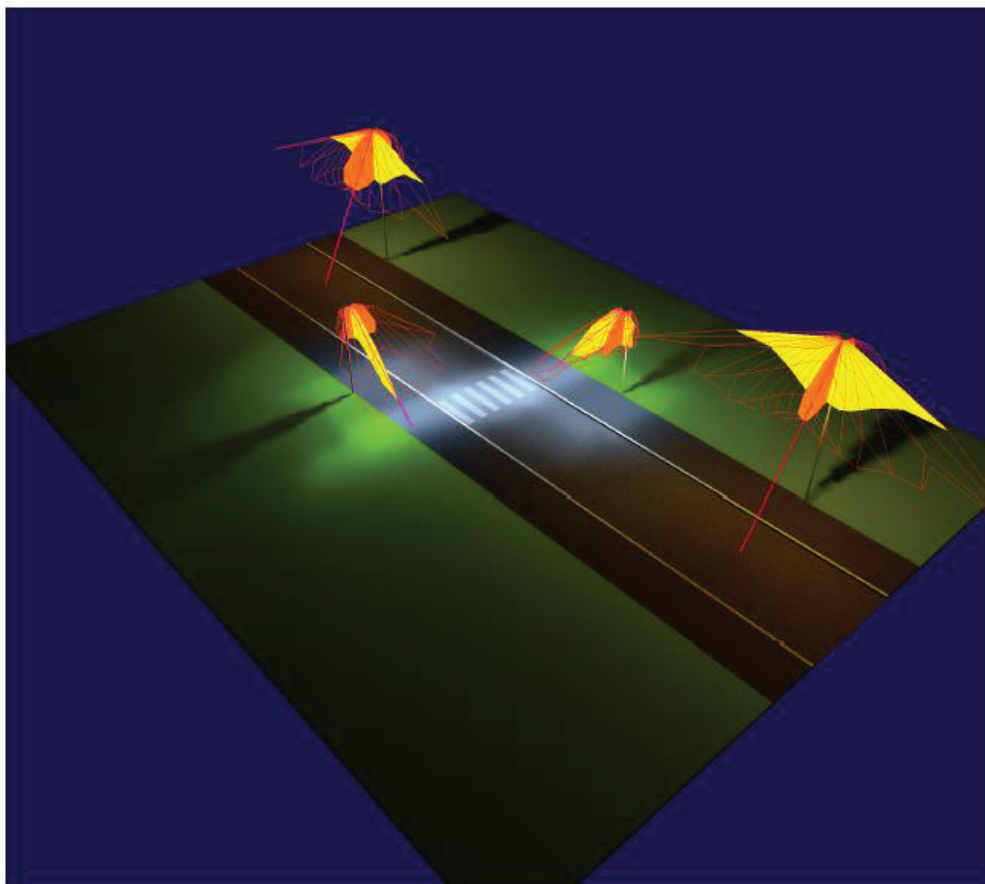
2.3.5 Tabell, Vertikal belyningsstyrke - fortau ved kjørefelt i motsatt kjøreretning (E)



Gjennomsnittlig belysningsstyrke	Em	: 14.5 lx
Laveste belysningsstyrke	Emin	: 6.6 lx
Største belysningsstyrke	Emaks	: 27.1 lx
Jevnhet U1	Emin/Em	: 1: 2.19 (0.46)
Jevnhet U2	Emin/Emaks	: 1: 4.09 (0.24)

2.3 Beregningsresultat, Utendørsanlegg 1

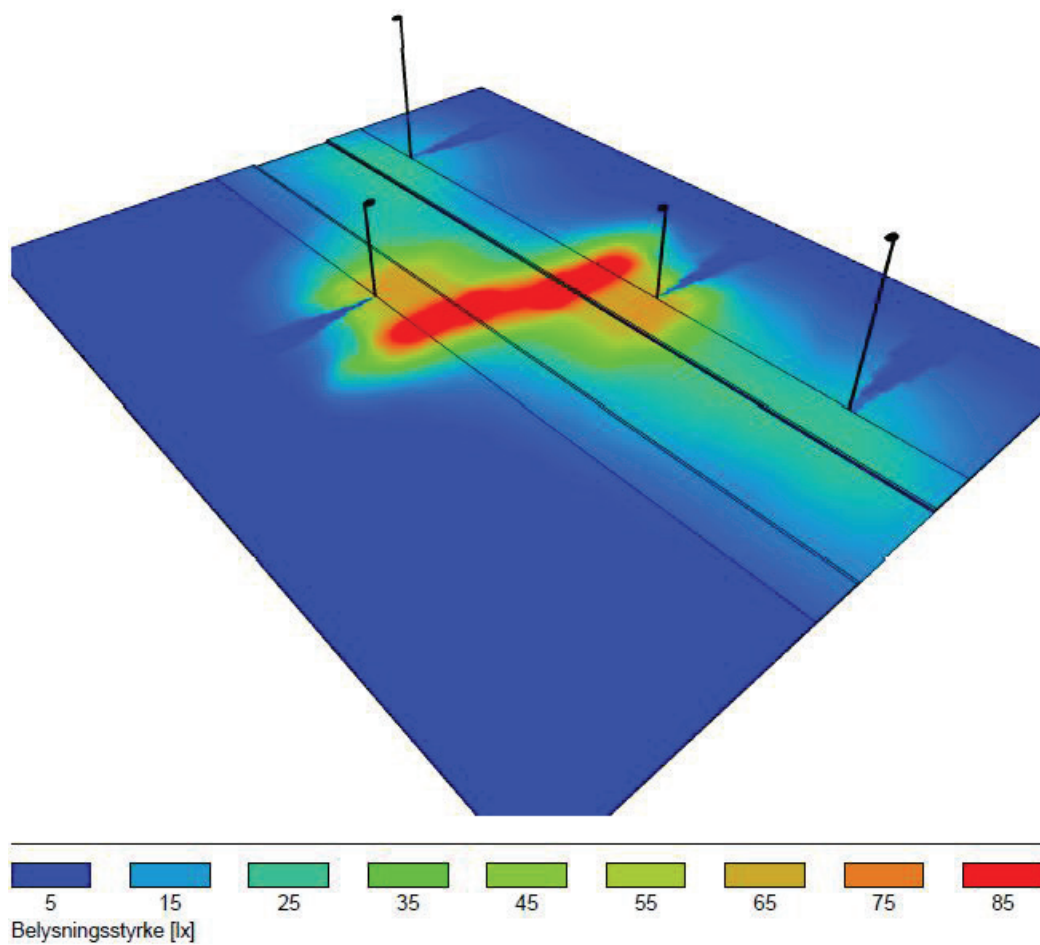
2.3.6 3D-luminans, Vis 1



Luminans i scenen	
Minimum:	: 0 cd/m ²
Maksimum:	: 31.6 cd/m ²

2.3 Beregningsresultat, Utendørsanlegg 1

2.3.7 3D-fargeskala, Vis 1 (E)



Vedlegg 5: Standard utforming av fordelingsskap

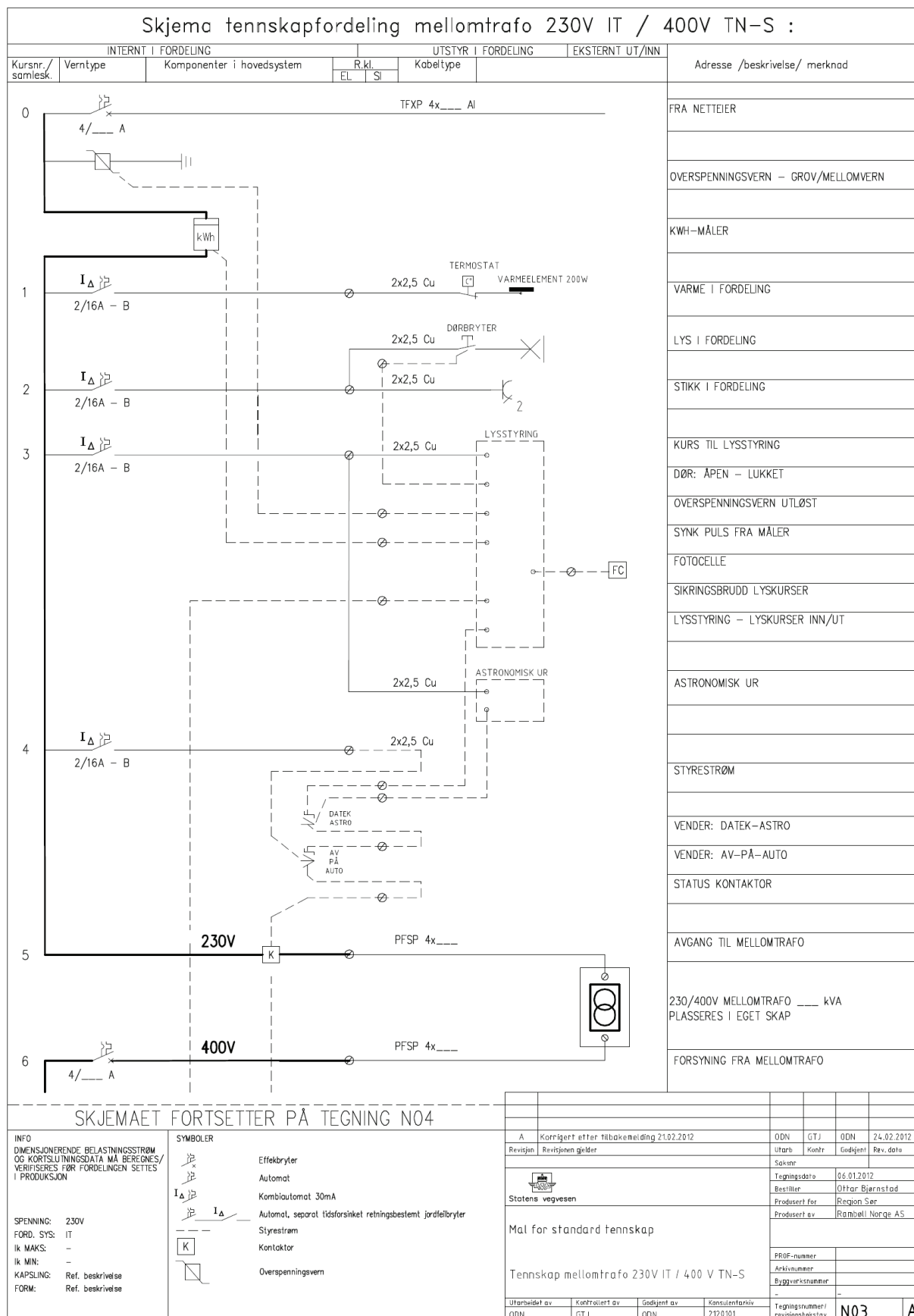
Mal for veglysskap - 230/400V, 230V og 400V

- To separate skap på felles sokkel ved trafo 230/400V
- Dobbeltvegget aluminiumskap for trafo, ca mål hXbXd = 1200X800X400 mm
- Dobbeltvegget aluminiumskap for utstyr, ca mål hXbXd = 1200X800X400 mm
- Skapet skal monteres på sokkel med min. høyde fra bakkenivå til underkant dør på 40 cm
- Skapet skal tilfredsstill min. IP55
- Skapet skal leveres som standard grålakkert RAL7042 (Trafikk grå A), eller som spesialbestilt i farge tilpasset øvrig utstyr i et anlegg
- Skapet skal leveres med hengslet dør med tre punkts låseanordning (stangtrekk med hjul)
- Skapet skal leveres med låsesystem
- Skapet skal leveres med varig merkeskilt med fordeling XXX, spenning, type anlegg, logo, aktuelt kompetansenivå for tilgang i henhold til tavlenormen
- Skapet skal leveres med min 30 % utvidelsesmulighet i alle felt (gjelder både effekt- og utstyrsmessig)
- Skapet skal leveres med plass for målerfelt og lysstyring (plassbehov lysstyring ca 30X30cm)
- Skapet skal leveres med tett bunn og nipler med strekkavlastning for kabelinnføring
- Skapet skal leveres med skjemalomme av hard plast montert innvendig i dør
- Skapet skal leveres med snømarkør med FC 3m
- Ved strømbestilling fra netteier skal det bestilles fjernavlest måler der dette er mulig måler felt etter REN
- Ved bestilling av skap skal vegvesenets spesifikasjonsskjema for lavspenningstavler fylles ut og vedlegges forespørselen
- Det skal benyttes vern fra samme produsent både i skap og i tilhørende belyningsanlegg

Prinsippene for utforming av skapene er vist på vedlagte skjema.



Skjema tennskapfordeling 400V TN-S:																																																																																																
INTERNET I FORDELING				UTSTYR I FORDELING		EKSTERNT UT/INN																																																																																										
Kursnr./ sammlesk.	Verntype	Komponenter i hovedsystem	R.kl. EL	Si	Kabeltype	Adresse /beskrivelse/ merknad																																																																																										
SKJEMAET FORTSETTER FRA TEGNING N01							STATUS KONTAKTOR LYSKURS 1, LYSKURS 2, LYSKURS RESERVE																																																																																									
INFO DIMENSJONERENDE BELASTNINGSTRØM OG KORTSLUTNINGSDATA MÅ BEREGNES/ VERIFISERES FØR FORDELINGEN SETTES I PRODUKSJON			SYMBOLER Effekbryter Automat Kombiautomat 30mA Automat, separat tidsforsinket retningsbestemt jordfeibryter Styrestrom Kontaktør Overspenningsvern Effekbryter Automat Kombiautomat 30mA Automat, separat tidsforsinket retningsbestemt jordfeibryter Styrestrom Kontaktør Overspenningsvern			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">A</td> <td colspan="2">Korrigert etter tilbakemelding 27.02.2012</td> <td>ODN</td> <td>GTJ</td> <td>ODN</td> <td>28.02.2012</td> </tr> <tr> <td>Revisjon</td> <td colspan="3">Revisjonen gjelder</td> <td>Utarb</td> <td>Kontr</td> <td>Gedkjent</td> <td>Rev. dato</td> </tr> <tr> <td colspan="4" rowspan="4"> Statens vegvesen </td> <td colspan="2">Saksnr</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tegningsdato</td> <td colspan="2">06.01.2012</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Beshtiller</td> <td colspan="2">Ottar Bjørnstad</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Produsent for</td> <td colspan="2">Region Ser</td> </tr> <tr> <td colspan="4" rowspan="4"> Mal for standard tennskap Tennskap 400V TN-S </td> <td colspan="2">Produsent av</td> <td colspan="2">Rambøll Norge AS</td> </tr> <tr> <td colspan="2">PROF-nummer</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Arkivnummer</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Byggeværksnummer</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Utarbeidet av</td> <td colspan="2">Kontrollert av</td> <td colspan="2">Gedkjent av</td> <td colspan="2">Konsulentarkiv</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ODN</td> <td colspan="2">GTJ</td> <td colspan="2">ODN</td> <td colspan="2">2120101</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">Tegningsnummer / revisjonsbokstav</td> <td colspan="2">N02</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> </table>			A		Korrigert etter tilbakemelding 27.02.2012		ODN	GTJ	ODN	28.02.2012	Revisjon	Revisjonen gjelder			Utarb	Kontr	Gedkjent	Rev. dato	 Statens vegvesen				Saksnr				Tegningsdato		06.01.2012		Beshtiller		Ottar Bjørnstad		Produsent for		Region Ser		Mal for standard tennskap Tennskap 400V TN-S				Produsent av		Rambøll Norge AS		PROF-nummer				Arkivnummer				Byggeværksnummer				Utarbeidet av		Kontrollert av		Gedkjent av		Konsulentarkiv		ODN		GTJ		ODN		2120101						Tegningsnummer / revisjonsbokstav		N02								A	
A		Korrigert etter tilbakemelding 27.02.2012		ODN	GTJ	ODN	28.02.2012																																																																																									
Revisjon	Revisjonen gjelder			Utarb	Kontr	Gedkjent	Rev. dato																																																																																									
 Statens vegvesen				Saksnr																																																																																												
				Tegningsdato		06.01.2012																																																																																										
				Beshtiller		Ottar Bjørnstad																																																																																										
				Produsent for		Region Ser																																																																																										
Mal for standard tennskap Tennskap 400V TN-S				Produsent av		Rambøll Norge AS																																																																																										
				PROF-nummer																																																																																												
				Arkivnummer																																																																																												
				Byggeværksnummer																																																																																												
Utarbeidet av		Kontrollert av		Gedkjent av		Konsulentarkiv																																																																																										
ODN		GTJ		ODN		2120101																																																																																										
				Tegningsnummer / revisjonsbokstav		N02																																																																																										
						A																																																																																										



Skjema tennskapfordeling mellomtrafo 230V IT / 400V TN-S :																																										
INTERNET I FORDELING			UTSTYR I FORDELING		EKSTERNT UT/INN	Adresse /beskrivelse/ merknad																																				
Kursnr./samlensk.	Vernitype	Komponenter i hovedsystem	R.kl.	Kabeltype																																						
SKJEMAET FORTSETTER FRA TEGNING N03																																										
400V TENNSIGNAL/RELE FRA LYSSTYRINGEN LEGGER INN LYSKURSER 5 SEKUNDER ETTER AT TRAFØ ER LAGT INN STATUS KONTAKTOR LYSKURS 1, LYSKURS 2, LYSKURS RESERVE																																										
INFO DIMENSJONERENDE BELASTNINGSSTRØM OG KORTSLUTNINGSDATA MÅ BEREKNES/ VERIFISERES FØR FORDELINGEN SETTES I PRODUKSJON SPENNING: 230V FORD. SYS: IT Ik. MAKS: - Ik. MIN: - KAPSLING: Ref. beskrivelse FORM: Ref. beskrivelse			SYMBOLER Effekbryter Automat Kombiautomat 30mA Automat, separat tidsforsinket retningsbestemt jordfeilbryter Styrestrøm Kontaktor Overspenningsvern		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">A</td> <td colspan="2">Korrigert etter tilbakemelding 21.02.2012</td> <td>ODN</td> <td>GTJ</td> <td>ODN</td> <td>24.02.2012</td> </tr> <tr> <td>Revisjon</td> <td colspan="3">Revisjonen gjelder</td> <td>Utarb.</td> <td>Kontf.</td> <td>Godkjent</td> <td>Rev. dato</td> </tr> <tr> <td colspan="4" rowspan="4"> Statens vegvesen Mal for standard tennskap Tennskap mellomtrafo 230V IT / 400 V TN-S </td> <td colspan="4"> Tegningsdato 06.01.2012 Bestiller Ottar Bjørnstad Produsert for Region Sør Produsert av Rambøll Norge AS </td> </tr> <tr> <td colspan="4"> PROF-nummer Arkivnummer Byggesaksnummer </td> </tr> <tr> <td colspan="4"> Utarbeidet av ODN Kontrollert av GTJ Godkjent av ODN Konsulentarkiv 2120101 </td> </tr> <tr> <td colspan="4"> Tegningsnummer/ revisjonsboksnavn N04 </td> </tr> </table>		A		Korrigert etter tilbakemelding 21.02.2012		ODN	GTJ	ODN	24.02.2012	Revisjon	Revisjonen gjelder			Utarb.	Kontf.	Godkjent	Rev. dato	 Statens vegvesen Mal for standard tennskap Tennskap mellomtrafo 230V IT / 400 V TN-S				Tegningsdato 06.01.2012 Bestiller Ottar Bjørnstad Produsert for Region Sør Produsert av Rambøll Norge AS				PROF-nummer Arkivnummer Byggesaksnummer				Utarbeidet av ODN Kontrollert av GTJ Godkjent av ODN Konsulentarkiv 2120101				Tegningsnummer/ revisjonsboksnavn N04			
A		Korrigert etter tilbakemelding 21.02.2012		ODN	GTJ	ODN	24.02.2012																																			
Revisjon	Revisjonen gjelder			Utarb.	Kontf.	Godkjent	Rev. dato																																			
 Statens vegvesen Mal for standard tennskap Tennskap mellomtrafo 230V IT / 400 V TN-S				Tegningsdato 06.01.2012 Bestiller Ottar Bjørnstad Produsert for Region Sør Produsert av Rambøll Norge AS																																						
				PROF-nummer Arkivnummer Byggesaksnummer																																						
				Utarbeidet av ODN Kontrollert av GTJ Godkjent av ODN Konsulentarkiv 2120101																																						
				Tegningsnummer/ revisjonsboksnavn N04																																						

Skjema tennskapfordeling 230V IT:

INTERNET I FORDELING		UTSTYR I FORDELING		EKSTERNT UT/INN	Adresse /beskrivelse/ merknad
Kursnr./ samlesk.	Verntype	Komponenter i hovedsystem	R.kl. EL SI	Kabeltype	
0		TFXP 4x___ AI			FRA NETTEIER
		4/___ A			OVERSPENNINGSVERN - GROV/MELLOMVERN
		kWh			KWH-MÅLER
1	I _Δ	2/16A - B		TERMOSTAT VARMELEMENT 200W	VARME I FORDELING
2	I _Δ	2/16A - B		DØRBRYTER	LYS I FORDELING
3	I _Δ	2/16A - B		LYSSYRING	STIKK I FORDELING
4	I _Δ	2/16A - B		ASTRONOMISK UR	KURS TIL LYSSYRING
				FC	DØR: ÅPEN - LUKKET
					OVERSPENNINGSVERN UTLØST
					SYNK PULS FRA MÅLER
					FOTOCELLE
					SIKRINGSBRUDD LYSKURSER
					LYSSYRING - LYSKURSER INN/UT
					ASTRONOMISK UR
					STYRESTRØM
					VENDER: LYSSYRING-ASTRONOMISK UR
					VENDER: AV-PÅ-AUTO

SKJEMAET FORTSETTER PÅ TEGNING N06

INFO		SYMBOLER	
DIMENSJONERENDE BELASTNINGSSTRØM OG KORTSLUTNINGSDATA MÅ BEREKNES/ VERIFISERS FØR FORDELINGEN SETTES I PRODUKSJON			Effektbryter
			Automat
			Kombiautomat 30mA
			Automat, separat tidsforsinket retningsbestemt jordfeilbryter
			Styrestrøm
			Kontaktør
			Overspenningsvern

STATENS VEGVESSEN		TENNISKLUBB	
Mal for standard tennisplan		Tenniskap 230V IT	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentfirma
ODN	GTJ	ODN	2120101
Tegningnummer/ revisjonsbokstav	N05	A	

Skjema tennskapfordeling 230V IT:																																										
INTERNET I FORDELING			UTSTYR I FORDELING		EKSTERNT UT/INN																																					
Kursnr./samlensk.	Vernitype	Komponenter i hovedsystem	R.kl. EL SI	Kabeltype	Adresse /beskrivelse/ merknad																																					
SKJEMAET FORTSETTER FRA TEGNING N05																																										
STATUS KONTAKTOR																																										
LYSKURS 1,																																										
LYSKURS 2,																																										
LYSKURS RESERVE																																										
INFO DIMENSIONERENDE BELASTNINGSSTRØM OG KORTSLUTNINGSDATA MÅ BEREKNES/ VERIFISERES FØR FORDELINGEN SETTES I PRODUKSJON			SYMBOLER Effekbryter Automat Kombiautomat 30mA Automat, separat tidsforsinket retningsbestemt jordfeilbryter Styrestrøm Kontaktor Overspenningsvern IΔ K																																							
SPENNING: 400V FORD. SYS: TN-S Ik MAX: - Ik MIN: - KAPSLING: Ref. beskrivelse FORM: Ref. beskrivelse			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>A</td> <td>Korrigert etter tilbakemelding 21.02.2012</td> <td>ODN</td> <td>GTJ</td> <td>ODN</td> <td>24.02.2012</td> </tr> <tr> <td>Revisjon</td> <td>Revisjonen gjelder</td> <td>Utarb</td> <td>Kontr</td> <td>Gedijet</td> <td>Rev. dato</td> </tr> <tr> <td colspan="2" rowspan="4"> Statens vegvesen </td> <td colspan="4"> Tegningsdato: 06.01.2012 Bestiller: Ottar Bjørnstad Prosjekt for: Region Sør Prosjekt av: Rambøll Norge AS </td> </tr> <tr> <td colspan="4"> Mal for standard tennskap Tennskap 230V IT </td> </tr> <tr> <td colspan="4"> PRIIF-nummer Arkivnummer Byggesaksnummer </td> </tr> <tr> <td colspan="4"> Utarbeidet av: ODN Kontrollert av: GTJ Godkjent av: ODN Konsulentarkiv: 2120101 </td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Tegningsnummer / revisjonsboksnavn</td> <td colspan="2">N06 A</td> </tr> </table>				A	Korrigert etter tilbakemelding 21.02.2012	ODN	GTJ	ODN	24.02.2012	Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Gedijet	Rev. dato	 Statens vegvesen		Tegningsdato: 06.01.2012 Bestiller: Ottar Bjørnstad Prosjekt for: Region Sør Prosjekt av: Rambøll Norge AS				Mal for standard tennskap Tennskap 230V IT				PRIIF-nummer Arkivnummer Byggesaksnummer				Utarbeidet av: ODN Kontrollert av: GTJ Godkjent av: ODN Konsulentarkiv: 2120101						Tegningsnummer / revisjonsboksnavn		N06 A	
A	Korrigert etter tilbakemelding 21.02.2012	ODN	GTJ	ODN	24.02.2012																																					
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Gedijet	Rev. dato																																					
 Statens vegvesen		Tegningsdato: 06.01.2012 Bestiller: Ottar Bjørnstad Prosjekt for: Region Sør Prosjekt av: Rambøll Norge AS																																								
		Mal for standard tennskap Tennskap 230V IT																																								
		PRIIF-nummer Arkivnummer Byggesaksnummer																																								
		Utarbeidet av: ODN Kontrollert av: GTJ Godkjent av: ODN Konsulentarkiv: 2120101																																								
		Tegningsnummer / revisjonsboksnavn		N06 A																																						

Vedlegg 6: Teknologi for lysstyring

Teknologi for skapstyring

Det finnes mange varianter av lysstyring på skapnivå, fra å ha fordelingsskap med lokal fotocelle uten noe synkronisering mot overordnet system, til å ha toveiskommunikasjon og statusavlesninger/feilrapporter på kursnivå. Nedenfor er disse løsningene inndelt i to kategorier; «Enveis kommuniserende» og «Toveis kommuniserende».

«Enveis kommuniserende»

Det har vært og er fortsatt den mest benyttede formen for veilystyring. Et standard skap har oppbygging med vern og kontaktor, enten for hver enkelt kurs eller for en felles kontaktor for alle kurser. Kontaktor styres av/på enten fra lokalt plassert fotocelle eller astronomisk ur, eller en litt mer avansert variant hvor dette styresignalet kommer fra en sentral.

Prinsippet kan baseres på master/slave oppsett med en hovedsentral, oftest bestykket med fotocelle og eventuelt med et astronomisk ur til back up, som styrer et antall underfordelinger. I utgangspunktet har man her ingen forsikring om at signalet som sendes faktisk trigger en tenning i motsatt ende. Løsningen kan utvides med en sikkerhetsfunksjon hos slave-skapene hvor man implementerer en rutine som sjekker tenn-signalet fortløpende mot et ur. Her kan man sette et «vindu» hvor lyset alltid skal være tent, også i tilfeller hvor tenn-signalet ikke er til stede.

«Toveis kommuniserende»

Teknologien for kommunikasjon og løsningen for behandling og utsendelse av kommandoer er løst på forskjellige måter, men oppbygningen av strukturen er felles for de fleste. En hovedenhet i skapet mottar, behandler og distribuerer meldinger og kommandoer. Enheten blir ofte omtalt som segmentkontroller men kan i mange tilfeller være en standard PLS. For vegvesenet blir det langs utbygningsstrekninger av en viss størrelse som oftest lagt fiber for kommunikasjon, og dette kommunikasjonsmediet bør også utnyttes til veilystyringen der det er mulig. I tilfeller hvor dette ikke er aktuelt er det i dag mest vanlig å benytte GPRS kommunikasjon. Varianter av dette er også mulig, hvor man har et knute/node punkt med GPRS kommunikasjon og med et master/slave oppsett bygger opp undersentraler som kommuniserer over f.eks. radio.

Det finnes norske leverandører som har spesialtilpasset ferdige «pakkeløsninger» for forskjellige antall kurser, hvor det fås en ferdig innsats til skapet med alt kommunikasjonsutstyr. Ellers finnes det mange både norske og europeiske leverandører som tilbyr forskjellige varianter av løsninger.

Man må tenke igjennom og beskrive på forhånd hva man vil ha, slik at man ikke får tilbudt enkle løsninger som løser oppgavene rundt av/på men som ikke er laget for veilyapplikasjonen og derfor ikke løser alle de oppgavene man ønsker.

For fremtiden, med innføring av AMS, kan det være nyttig å vurdere om man kan benytte samme kommunikasjonsmediet/løsning for både veglystyring og måleravlesning. Også ved innføring av stadig flere intelligente systemer for veg- og transport (ITS) vil en felles kommunikasjonsplattform være stadig mer aktuell.

Teknologi for armaturstyring

På dagens marked i Norge finnes mange varianter av både styrefunksjonalitet i armatur, kommunikasjonsmedium mellom fordelingsskap/tennskap og armatur, og overordnet system for tennings/slukking og eventuelt ytterligere administrative funksjoner.

I Norge har vi ikke tatt i bruk trinnløs dimmbare armaturer på store veganlegg (trinnløs dimming krever elektronisk forkobling med styregrensesnitt på forkobling). Derimot har vi i de seneste årene også på store veganlegg tatt i bruk to- eller tretrinns løsninger, både med og uten kommunikasjon (styrt og autonomt). Disse forkoblingene kan enten ha to helt separate systemer for de forskjellige trinnene eller være oppbygget som en slags hybrid løsning, som er basert på elektromagnetisk forkobling, men med noe innebygget elektronikk for variasjonene mellom trinnene.

Anlegg som styres via et kommunikasjonsgrensesnitt i armatur har i de fleste tilfeller spenning påsatt anlegget (helt ut til armatur) til enhver tid.

Kommunikasjonsmetode:

Prinsipielt har vi tre forskjellige metoder for å kommunisere et toveis signal mellom fordelings- skap og armatur, som her er kategorisert som «toveis styring». I tillegg har vi to andre metoder som kan ses på som «enveis styring».

- *Enveis kommunikasjon - Tradisjonell kontaktorstyring*
Armaturer styrt av/på direkte fra skap, enten per kurs eller hele fordelinger.
- *Enveis kommunikasjon - Autonom trinnstyring*
Kan være basert på vanlig kontaktorstyring av/på. En enhet i armaturen vil da registrere når spenning blir satt på og når den blir slått av. Med et lite minne som husker de siste f.eks. 5 tennforløp, vil den kunne forutsi midtpunktet på natten. Med et forhåndsbestemt mønster vil den da kunne alternere mellom trinnene den er designet for. I enkelte modeller har man også muligheten til å forandre på tidspunktene for innslag ved å trigge anleggets spenningssetting i et spesielt mønster. Utover dette har man ikke noen kontroll med anlegget.

Ved etterkontroll av enkelte slike anlegg har det blitt avdekket vesentlige avvik mellom forutsatt funksjon og den faktiske. Dette viser at det er nødvendig å følge opp anlegget selv om det i utgangspunktet er autonomt og egentlig skal klare seg selv.

- *Toveis kommunikasjon - Trådbunden kommunikasjon*
Ved å trekke et par med trådbunden styrekabel, enten separat eller også i enkelte tilfeller tilgjengelig som to ekstra ledere i forsyningskabelen, har man direkte kontakt mellom fordelingsskap og armatur. Metoden er den tradisjonelle buss-løsningen, og den blir benyttet for de fleste tilfeller av styring.

Metoden er mer aktuell i tunnellysanlegg enn veglysanlegg.

- *Toveis kommunikasjon - Power Line Communication (PLC)*
Intelligent veilysstyring har i mange tilfeller blitt direkte forbundet med PLC. Ved å kun benytte forsyningskabelen blir det overlagret et signal på de spenningsførende lederne, og kommunikasjon kan sendes mellom skap og armatur (evt. utvidet til å inkludere toppsystem). Kommunikasjon har blitt standardisert som en ANSI standard («ANSI/CEA-709.1»), og er i dag benyttet i stort omfang i Norge (først og fremst i Oslo med ca 10 000 armaturer) og ellers i Europa. (Nederland har f.eks. satt som offentlig krav at alle nye veilysanlegg som skal etableres skal basere seg på ANSI 709.1).
- *Toveis kommunikasjon - Radio/GPRS*
Den andre varianten avtrådløs kommunikasjon med armaturer baserer seg på bruk av radio/GPRS. Det finnes flerevarianter, med ulik kvalitet og pris, men de bygger på det samme prinsippet. Det som er mest brukt i anlegg i Norge er Zigbee standarden. Teknologiutviklingen går svært fort innen dette området og varianter og muligheter er mange. For noen varianter er det nødvendig med en egen antenne for armaturen, og i noen tilfeller må denne plasseres på utsiden av armaturen for å få tilstrekkelig signal. I prosjektene må det derfor tas stilling til om dette er akseptabelt.

Styregrensesnitt i armatur:

Et dimmbart anlegg har i armaturene et styregrensesnitt mellom en kommunikasjonsnode og forkobling som forteller forkobling hvilket nivå den skal ligge på [0-100 %]. Dette grensesnittet finnes i forskjellige utførelser, i standardiserte og ikke standardiserte varianter. Med standardisert utførelse økes muligheten for å kunne bytte ut enkeltkomponenter seinere, uten å være låst til den opprinnelige leverandøren.

- *Analogt signal*
Den tradisjonelt mest vanlige metoden for dimming av en armatur er å benytte et analogt 1-10 V signal, hvor størrelsen på spenningen avgjør lysnivået. Metoden er helt åpen og det finnes mange produkter som kan levere dette signalet. Ulempen er at det blir en enveis kommunikasjon med forkobling, og hvis man i et intelligent anlegg vil ha for eksempel en kvitteringsmelding fra armatur på faktisk satt nivå (eller annen informasjon) så har man ikke muligheten til å hente dette fra armaturen.
- *Digitalt signal*
Ved å gjøre dette signalet digitalt vil man oppnå full toveis kommunikasjon helt ut til forkobling. Ulempen er at man må definere et grensesnitt som fort kan bli proprietært og man låser seg til en leverandør. Lysmiljøet har en standard for dette grensesnittet, DALI (Digital Addressable Lighting Interface) som er laget nettopp for å unngå dette dilemmaet. Flere og flere leverer med dette (eventuelt som opsjon), og markedet ser ut til å akseptere dette også for utendørs belysning, selv om det har gått tregere enn for innendørs belysning.



www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker

ISBN 978-82-7207-665-7

Trygt fram sammen