

# Veileder Belysning i sykehusmiljø

## Rapport



Oppdragsnr.: 5137317 Dokumentnr.: 1 Versjon: 20.12.2018  
2018-12-20

**Oppdragsgiver:** Helse Sør-Øst  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Sigmund Stikbakke

**Rådgiver:** Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Tor Mjøs  
**Fagansvarlig:** Tor Mjøs  
**Andre nøkkelpersoner:** Pål J Larsen, Bjørn Sveberg

20.12.2018	2018-12-03	Ferdig rapport	TM	PJL	PJL
16.10.2018	2018-10-16	Høringsutgave	TM	PJL	PJL
08.10.2018	2018-10-08	Intern behandling oppdragsgiver	TM	BJSVE	TM
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

---

## Sammendrag

Av alle sanseinntrykk mennesker har er øyet det viktigste. Ca 80 % av all informasjon kommer gjennom synet. Derfor er riktig belysning av stor verdi for både pasienter, ansatte og pårørende i et sykehusmiljø.

Denne veilederen gir en innføring i belysning generelt men tar først og fremst opp helse-sektorens spesifikke problemstillinger mer i detaljer enn hva som finnes i annen litteratur. Veilederen er basert på at all ny belysning forventes å bli levert med LED som lyskilde.

Veilederen bygger på tidligere veileder «Belysning med Led som lyskilde» fra 2014.

Veilederen adresserer flere av de spesifikke problemstillingene og kommer med anbefalinger om krav som må settes til belysningen i sykehusenes ulike bruksarealer. Den er primært myntet på ansatte i sykehus og da med spesiell vekt på teknisk personell og de som legger premissene for og kjøper inn belysningsutstyr.

Veilederen skal være et hjelpemiddel i alle faser (tidligfase, prosjektering/bygging og driftsfase).

Veilederen er illustrert med eksempler og diagrammer og har henvisninger til annen litteratur, primært Lyskulturs publikasjoner.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Belysning</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Teknologi</b>	<b>10</b>
3.1	LED	10
3.2	Økonomi	13
3.3	Egenskaper ved LED i forhold til tradisjonelle lyskilder	14
3.4	Nøddlys/ledesystemer	25
3.4.1	El-forsyning	26
3.5	Retrofit lysrør - vedlikehold	27
3.6	Power over Ethernet (PoE)	28
3.7	Dagslys	29
3.8	Universell utforming	32
3.9	Renrom - spesielle krav	33
3.10	Styring av belysningsanlegg	34
3.11	Styring øker levetiden på belysningsarmaturene	34
3.12	Styring av farger og fargetemperatur	35
3.13	Krav til passivhus	36
<b>4</b>	<b>Bruk av belysning i terapeutisk sammenheng</b>	<b>37</b>
4.1	Nobels pris i medisin 2017 for døgnrytmeforskning.	37
4.2	Valen sjukehus	38
4.3	St Olavs Hospital, Østmarka	40
4.3.1	Tekniske utfordringer	43
<b>5</b>	<b>Bruk av farget lys i andre sammenhenger</b>	<b>44</b>
5.1	Eksempler	44
5.1.1	Rindal sykehjem	44
5.1.2	Aabenraa psykiatriske sykehus (DK)	45
5.1.3	Erfaringer med liggetid for folk med depresjon	46
<b>6</b>	<b>Beskrivelse av romtyper</b>	<b>47</b>
	Prinsipløsninger for ulike romkategorier	47
6.1	Rom for opphold	48
6.2	Rom for undersøkelse og behandling	50
6.2.1	Operasjonsrom	52
6.3	Rom for medisinsk service	53
6.4	Rom for ikke-medisinsk service	54
6.5	Rom for administrasjon	55

---

6.6	Rom for personalservice	56
6.7	Rom for pasientservice	57
6.8	Rom for undervisning og forskning	58
6.9	Rom for teknisk bruk	59
6.10	Trafikkareal	60
6.11	Utomhus	61
6.12	Ikke i bruk	61
<b>7</b>	<b>Tekniske krav</b>	<b>62</b>
7.1	Prosess for innkjøp av belysningsutstyr	62
7.2	Eksempel på kravspesifikasjon for en gruppe av armaturer eller enkeltarmaturer.	64
<b>8</b>	<b>Referanse til andre dokumenter</b>	<b>65</b>
8.1	Beregning av vedlikeholdsfaktor (MF)	65
8.2	Faktaark LED	65
8.3	Faktaark LED og flimmer	65
8.4	Zvei – Veileder for planlegging av LED anlegg	65
8.5	Andre referanser	65
8.6	Figurer og kilder	66

# 1 Innledning

Synet er menneskets viktigste informasjonskilde. Nær 80 % av alle sanseintrykk kommer gjennom synet, etterfulgt av lukt, smak og taktil informasjon (inkludert temperatur, stråling mv).

Belysningen er derfor av stor betydning. I sykehusmiljøet kan det være tre forhold man skal ta hensyn til.

- Kunstig belysning sammen med dagslys skal gi et godt arbeidsmiljø for brukerne av bygget.
- Belysningen skal virke terapeutisk. Kunnskapen rundt dette er økende og man fokuserer nå i større grad enn tidligere på belysningens betydning som et supplement til annen behandling. Spesielt innen psykisk helse, men også innen somatikken ser man at belysningen er av vesentlig betydning. Teknologien innen dagens medisin krever ulik belysning. Belysningen skal blant annet i større grad ta hensyn til bruken av skjermer nå i forhold til tidligere. På den annen side er kunnskapen om daglysets betydning for velvære og behandling i endring. Rikelig, men ikke for mye dagslys, er viktig for å redusere liggetid i enkelte sykehusmiljø. Under nordlige forhold vil likevel kunstig belysning i mange tilfelle erstatte det naturlige lyset i den mørke perioden av året. Avveining mellom ulike hensyn i en byggeprosess er krevende. Krav til energieffektive bygg har i en del sammenhenger medført mindre vindusflater og bruk av solskjerming som reduserer dagslystilgangen. Uten en overordnet forståelse av sammenhengen mellom utforming av belysningsanlegg og helsepåvirkning vil ulike og i noen tilfeller motstridende hensyn kunne resultere i dårlige og uhensiktsmessige utforminger.
- Styring av belysningsanlegg er en stadig tilbakevendende problemstilling. Med automatisering av varme og luft, adgangskontroll, tilstedeværelsesdeteksjon med videre er mulighetene for mer automatisert og energieffektiv styring av belysningsanlegg også tilstede. Det gjelder om lyset skal være av eller på, dimmet eller som vi stadig ser mere til, dagslyskompensert, dagsrytmestyrte og eller med endret intensitet og farge. Teknologien muliggjør dette, men både betjening, innvirkning på de berørte samt vedlikehold av teknologien setter store krav til oppfølging og fagkunnskap. Det er derfor behov for opplæring av de som drifter bygningene i tillegg til det medisinske personellet for at man kan få god effekt av løsningene.

Dette dokumentet er ment å gi innspill til utvikling av god belysning og hensiktsmessige belysningsanlegg ved nybygging så vel som rehabilitering og drift av eksisterende bygningsmasse.

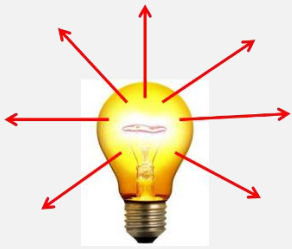

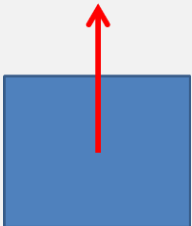
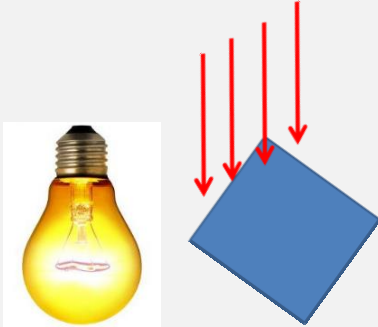
## 2 Belysning

At belysning er helt sentral for menneskenes informasjonsinnhenting har vært godt kjent gjennom århundrer. Med de kunstige lyset kom muligheten for å arbeide utover perioden av dagen med dagslys. Dette revolusjonerte arbeidslivet og i byene fikk man offentlig belysning av gater og torg.

Basert på forskning de siste tiårene, har oppdagelsen av nye reseptorer i øyet, nærmere bestemt på netthinna gitt ny forståelse for lysets påvirkning av «kroppens prosesser». Videre er forståelsen av lysets betydning gjennom direkte påvirkning på huden, og derigjennom andre prosesser i kroppen blitt vesentlig forsterket, for eksempel gjennom sammenhengen mellom produksjon av vitamin D og hudkreft. Disse sammen med andre funn, bl.a innen hjerneforskning, innebærer en økt forståelse for lysets betydning langt utover dagsrytme og vinterdepresjoner populært sagt.

Denne nye kunnskapen viser til fulle behovet for en tverrfaglig forståelse av belysning generelt, hos arkitekter, ingeniører, medisinsk personell og ansatte.

Derfor er kunnskap om de grunnleggende begrepene for belysning avgjørende og helt nødvendige å forstå og etterspørre ved planlegging og utforming av belysningsanlegg. Noen grunnleggende begreper:

Lysmengde oppgis som lumen (lm)	Lysstyrke i en gitt retning oppgis som candela (cd)
	
Reflektert lys fra en flate oppgis som luminans (cd/m <sup>2</sup> )	Belysningsstyrke - innfallende lys oppgis som lux (lx)
$\text{Luminans} = \frac{\text{lysstyrke}}{\text{areal}}$ 	

Figur 1, grunnleggende belysningsbegreper

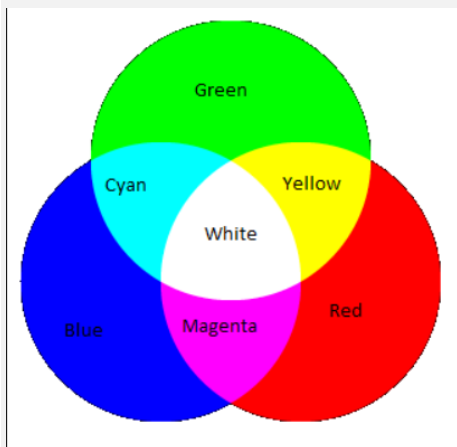
Reseptorene på netthinna påvirker direkte produksjonen av hormonet Melatonin og trolig flere andre hormoner. Melatoninproduksjonen starter ved fravær av lys og bidrar til at man blir søvnløs. Det later til å være spesielt den «blå» delen av lyset som bidrar til å stimulere stans i melatoninproduksjonen.

Det er slik at hvitt lys består av en rekke «farger». Ved å bruke et spectrometer kan man illustrere dette som vist i tabellen under, hvor fargene er knyttet til ulike bølgelengder som lyset består av

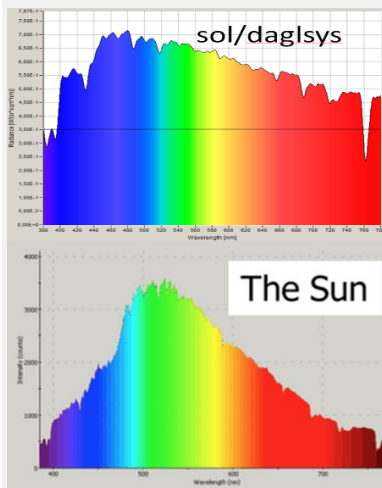
(synlig lys i området 380-700 nm). Ulike lyskilder har ulik sammensetning av de tre primære fargene Rød, Grønn og Blå (RGB).

Ved å blande de tre primærfagene får man et lys som øyet oppfatter som hvitt.

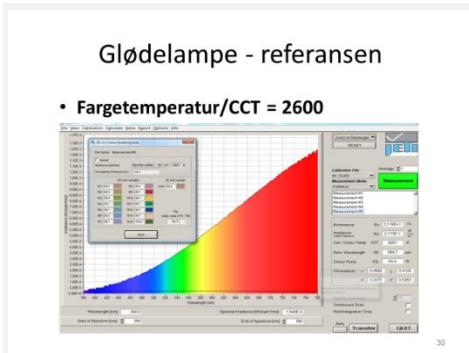
RGB sammenheng med øyets oppfattelse av farger.



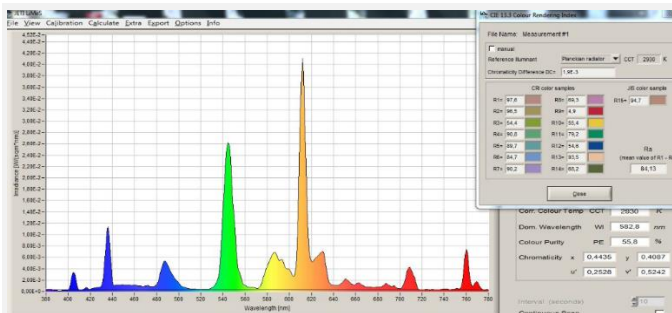
Dagslys ved ulike forhold, for eksempel skylag og tid på døgnet.



Glødelampe (referanse) Ra=100, 2600K

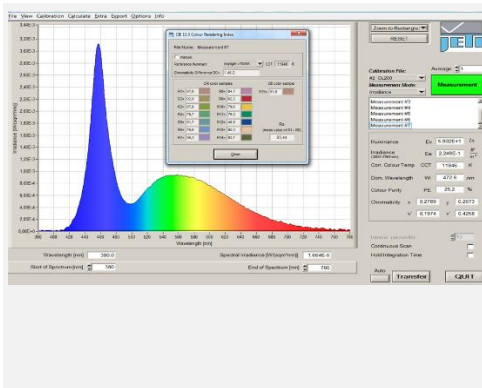


Lysrør (T5) Ra 84, 2900 K

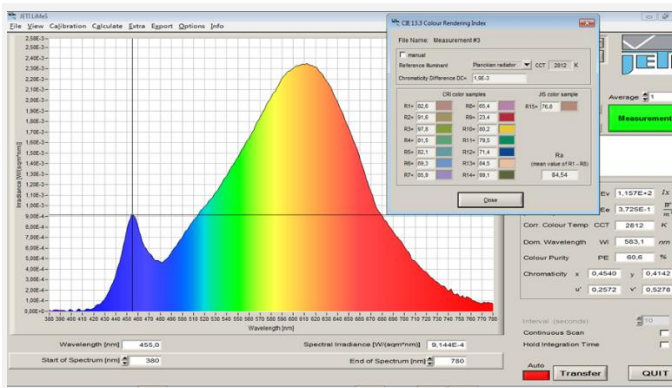


R9 har lav verdi = 4,9

LED; Ra=85, 11200 K



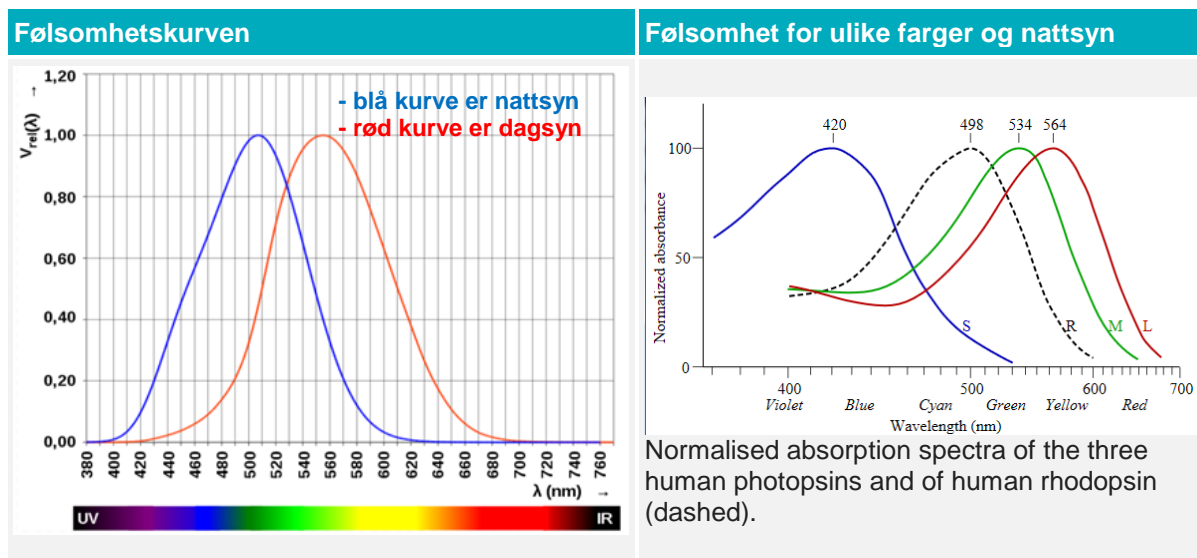
LED; Ra= 85, 2800 K



Figur 2, fargespektra for dagslys og ulike lyskilder

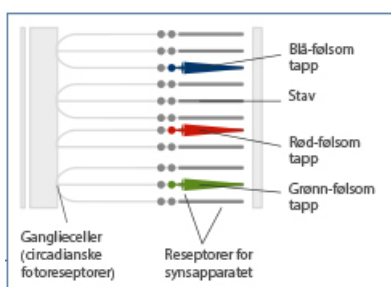


Øyets respons avhenger av hvor mye lys det er og med hvilken spektersammensetning. I illustrasjonen under er følsomhetskurvene for henholdsvis dag- og nattsyn vist.



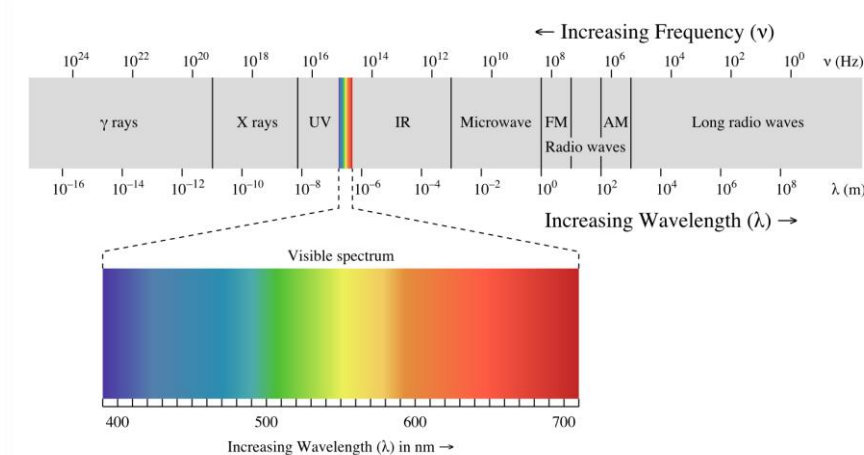
Figur 3, Øyets følsomhetskurver

Figur 3 viser øyets følsomhetskurve ( $V$ - $\lambda$ ) for hhv natt- (blå kurve) og dagsyn (rød kurve). Her ser en at lys med bølgelengder i det grønn-gule delen av fargespekteret er det man «ser best».



Figur 4, de tre reseptorene for rødt, grønt og blått lys (RGB). Kilde - Glamox

Den ulike følsomheten ved nattsyn og dagsyn skyldes at det er stavene (rod cells) som kan bidra til synet ved lave lysstyrker. Det gir et svart/grått syn.



Figur 5, sammenhengen mellom synlig lys, ultrafiolett (UV) og infrarødt (IR) lys. Kilde - Wikipedia

## 3 Teknologi

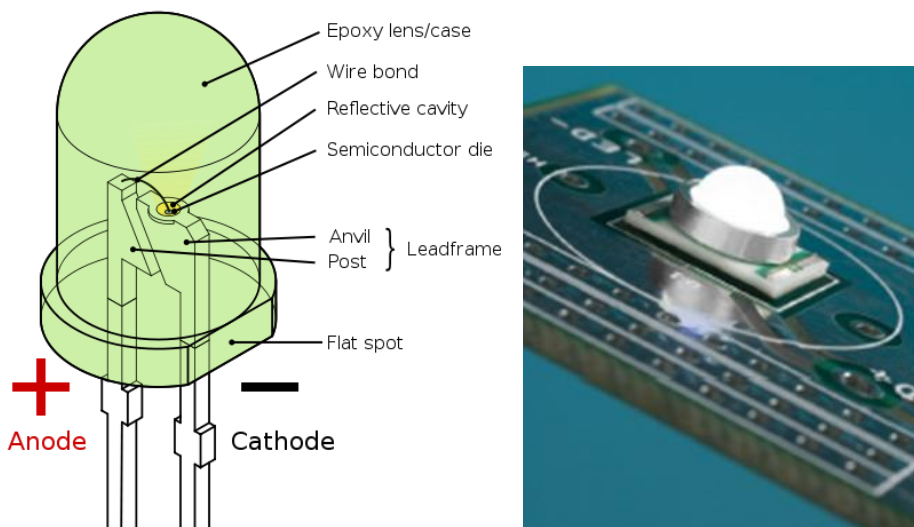
Den teknologiske utviklingen går stadig raskere. I 2014 mottok tre forskere Nobels pris i fysikk for sitt arbeid med å utvikle hvitt LED lys.

Så å si alle nye lysarmaturer til kommersiell bruk kommer i dag i den vestlige verden kun med LED som lyskilde. Det er et skifte som har funnet sted kun i løpet av 5 siste årene. Dette skiftet innebærer at lyskilden er blitt et elektronisk produkt, noe som igjen medfører at det er enkelt og rimelig å kunne tilby dimming. Også bruk av blanding av de tre primærfargene gjør det nå relativt enkelt å tilby lys som kan endre farge og fargetemperatur.

Alt dette er egenskaper som prosjekterende, belysningsplanleggere og lyddesignere spesielt må ha kunnskap om.

### 3.1 LED

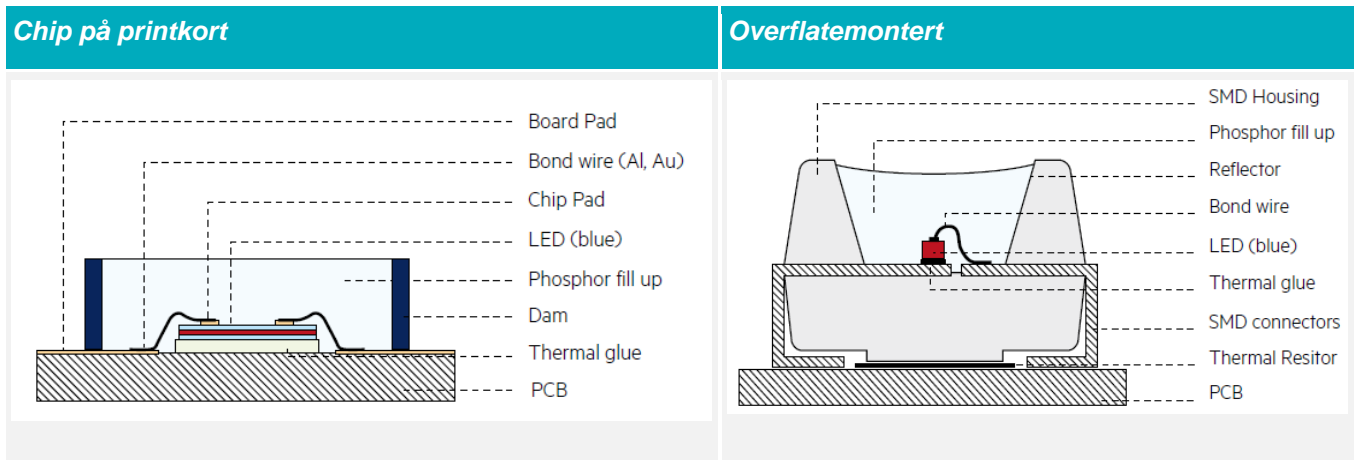
LED står for Light Emitting Diode. Når strøm påføres en lysdiode vil elektronene frigjøre energi ved å sende ut fotoner, dvs lys. Ved å bruke ulike materialer i dioden og ved å kapsle det hele inn under en hette med fluoriserende belegg kan bølgelengden tilpasses og dermed også fargespekteret.



Figur 6, Oppbygging av en LED med foto av LED chip

De mest energieffektive lysdiodene produserer i utgangspunktet blått lys. Det blå lyset omdannes derfor til lys med andre bølgelengder (farger) ved at det sendes gjennom et fluoriserende materiale som omdanner bølgelengden (fosfor). I denne prosessen går energi tapt. Hvitt lys, som er en blanding av rødt, grønt og blått (RGB) er dermed mer energikrevende å generere enn f.eks blått lys alene.

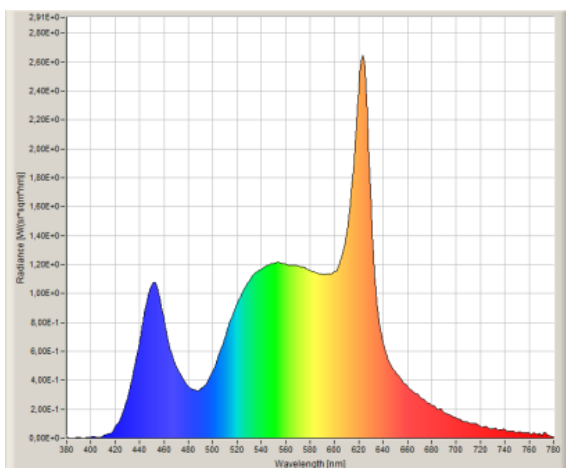
Under er vist ulike metoder for plassering og montasje av led-dioden. Man ser også hvilke komponenter som inngår, slik som fosfor, lim, reflektor mv.



Figur 7, utforming av LED på PCB plate. Kilde illustrasjon: Wikipedia

Et foton er et foton uansett hvilken måte det genereres på. Slik sett skiller ikke LED seg fra andre lyskilder. Men sammensetningen (blandingen) av fotonenes ulike bølgelengder gjør at lyset ikke opptrer likt med tanke på fargeegenskaper og fargetemperatur, og kan være svært ulikt det man får fra f.eks sola eller en glødelampe. Det er måten produsenten setter sammen de primære fargekomponentene på som teller for resultatet og også energibruken. I tillegg kan det nevnes at varmetapet fra en LED lyskilde ikke følger lyset som varmestråling men blir igjen i elektronikken. Derfor må elektronikken ha gode kjøleegenskaper.

Figur 8 viser fargespekteret til en LED armatur, og viser en blanding av blått, gul/grønt og oransje (nærmere rødt) lys som til sammen danner (nesten) hvitt lys.



Figur 8, fargespekteret til en LED armatur

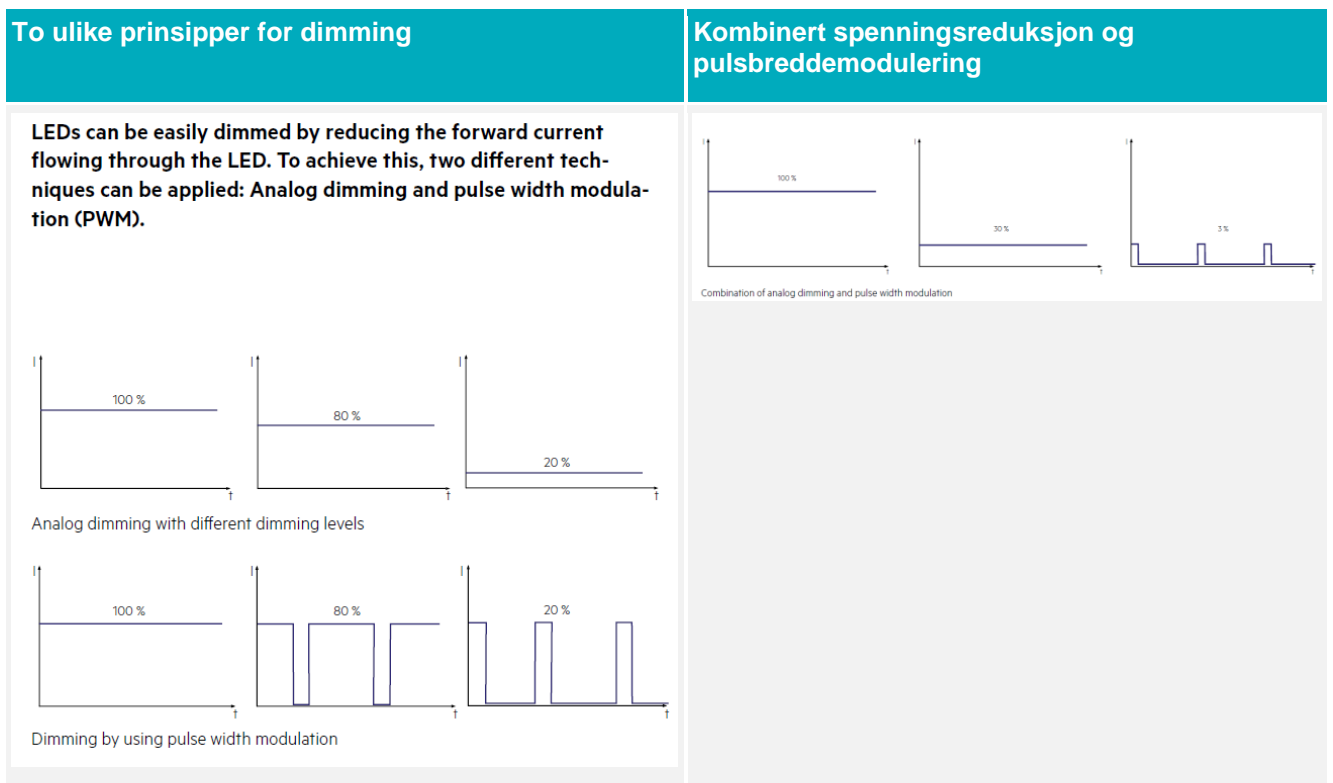
Lysmengden kan reguleres med endring av strømgjennomgangen i dioden og eller påtrykt spenning over den. Det vanligste er å endre strømstyrken. Ved økt strømstyrke øker lysmengden, men samtidig også temperaturen i lysdioden. Høy temperatur bryter over tid ned lysdioden. Derfor vil en lysdiode få kortere levetid i takt med en økning i strømmen.

Hver enkelt lysdiode er i seg selv liten, men settes normalt sammen til større enheter. For å få ønsket lysmengde setter man derfor sammen flere lysdioder i en og samme modul. Det benyttes fluoriserende materiale og eller prismer på slike moduler for å styre lyset på ønsket måte.

Likevel kan lysdioden oppleves som veldig intenst strålende. Det kan også en damplampe være, men i motsetning til de fleste LED lamper blir damplampene plassert i en armatur med reflektor. Dermed fordeles lyset ut på en større flate. Dette bidrar til mindre ubehag for observatøren.

LED armaturer kan også leveres med reflektorer, men dette gjøres foreløpig ikke i alle sammenhenger. Derfor er det viktig at man ved kjøp grundig vurderer armaturtypen for å unngå fare for blinding og skadelig bruk.

Spesielt i forbindelse med dimming av LED kan det oppstå flimmer. Flimmer direkte eller som stroboskopisk effekt (f.eks sammen med bevegelse som i et tannlegebor) er uheldig. Flimmer kan også være utløsende for personer med epilepsi og svært uheldig for personer med diagnoser som autisme, migrene og hodepine generelt. Det må settes strenge krav til flimmerfri løsning (både under normaldrift og ved dimming) og eventuelt unngå bruk av dimming i lokaler for slike pasientgrupper. For å unngå flimmer er metode for dimming avgjørende, og kombinerte dimmere (med såkalt forkant og etterkant dimming) bør velges og tilpasses den aktuelle installasjonen. Videre er det viktig at den generelle frekvensen på pulsbreddemoduleringen ikke er for lav. Frekvenser på under 400 Hz må unngås. Ellers vises det til Lyskulturs faktaark nr. 07 (2018) for mer detaljert informasjon.



Figur 9 – ulike prinsipper for dimming. Kilde Tridonic

Dimming kan medføre radiostøy selv om det later til å være et mindre problem i dag enn tidligere. Forutsatt produktet er CE merket tilfredsstillende i stor grad det vi normalt har behov for. Om det anses som kritisk må det på forhånd settes spesifikke krav til støy fra lysarmaturen slik at man unngår mulige problemer med medisinsk utstyr i lokalet.

Innfelte lyspaneler er ofte brukt i helsesektoren av hensyn til annet teknisk utstyr, løfteanordninger og renhold. Paneler kan i LED utførelse medføre fare for at det oppstår skygger i arbeidsplanet. Dette

skyldes at det benyttes et større antall enkeltstående dioder. Når disse kaster lyset ned vil det oppfattes som mange enkeltstående lysstråler, og «doble» skygger vil kunne oppstå for eksempel rundt en hånd eller redskap. Dette kan virke veldig uheldig, men kan unngås ved riktig armaturutforming både med tanke på diodenes utforming, armaturens avdekning og avstand til det objektet som skal belyses.

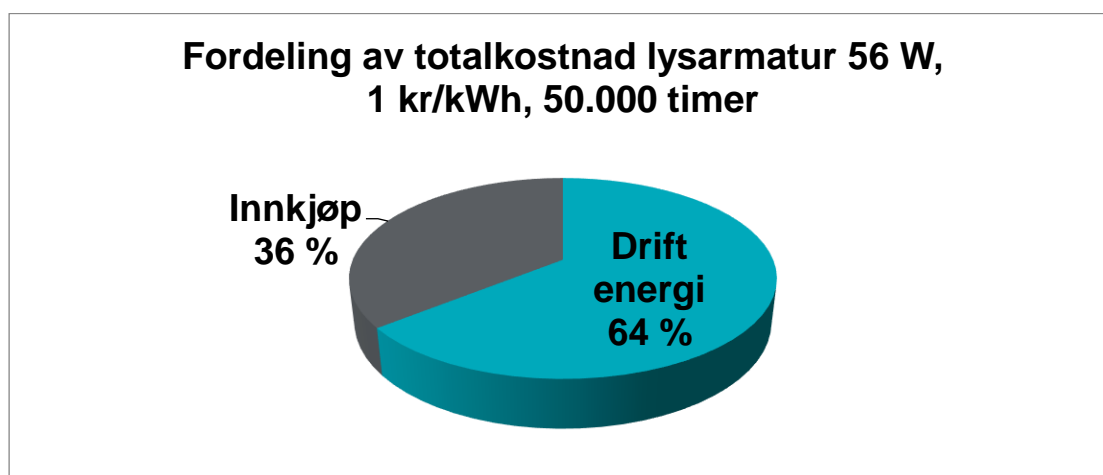
Blending som følge av intense lyskilder er ikke unikt for LED. Også metallhalogenlamper så vel som halogenlamper og andre lyskildetyper kan være svært ubehagelige både som direkte blendende og plassert i det perifere synsfeltet.

Med bruk av LED paneler med diffuserende avskjerming kan man ved riktig design få gode installasjoner uten blending. Dette oppnås normalt ved bruk av relativt store flater med lave luminanser og god avdekning, gjerne mikroprismatisk. Ved å dimme reduseres luminansen ytterligere. Imidlertid er det ikke vanskelig å lage et dårlig anlegg også med LED paneler som kan være meget blendende, så det må settes store krav til både den som planlegger og den som leverer og monterer utstyret.

Ved bruk av LED paneler er den mest benyttede metode for å beregne ubehagsblending (UGR) som inngår i de vanligste lysberegningsprogrammer ikke spesielt godt egnet. Man må derfor være nøye med måten man tolker beregningsresultatene fra disse programmene på; et godt resultat på papiret behøver ikke bety at man opplever et blendingsfritt anlegg i praksis. Velges en slik løsning så må man foreta en spesiell beregning av blendingsfare, for eksempel ved å sammenligne luminansen på armaturens overflate med omkringliggende flater (normalt takplater) observert fra en posisjon som vil være representativ for bruken av rommet. Forholdet bør ikke være større enn 3:1.

### 3.2 Økonomi

I figur 10 er vist et regneeksempel på forholdet mellom kostnader til drift (energi) av en lysarmatur med LED sett opp mot investeringskostnaden. I dette eksempelet vil selv ved en relativt stor merkostnad i investering som reduserer energibruken likevel resultere i samlet reduksjon av livsløpskostnad. Alle offentlige investeringsbeslutninger skal ledsages av en LCC (Life Cycle Cost) beregning.



Figur 10, diagram med fordeling av kostnader mellom innkjøp og drift

### 3.3 Egenskaper ved LED i forhold til tradisjonelle lyskilder

Bruk av fluoriserende belegg gjør at LED og lysrør, og i en del utførelser også damplamper har et fellestrekk. Men måten lyset dannes på er svært ulik. Det er også måten lyset kan endres også.

#### Kjøling

I motsetning til lysrør og damplamper er temperaturen i lysdioden bestemmende for levetiden. Derfor er god kjøling helt avgjørende. Selv om lysdiodeprodusenten legger vekt på dette er det ofte armaturfabrikantens utforming av kjøleegenskapene til armaturen som til slutt er avgjørende for den operative temperaturen på dioden. Derfor spesifiserer lysdiodeprodusenten levetiden på sitt produkt ut fra operativ temperatur.

#### Driver

Alle LED lamper må ha en elektronisk styreenhet som ofte betegnes som driveren. Driveren har som formål å styre spenning og strøm over dioden. Ved å endre på parameterne, kan lysmengden endres.

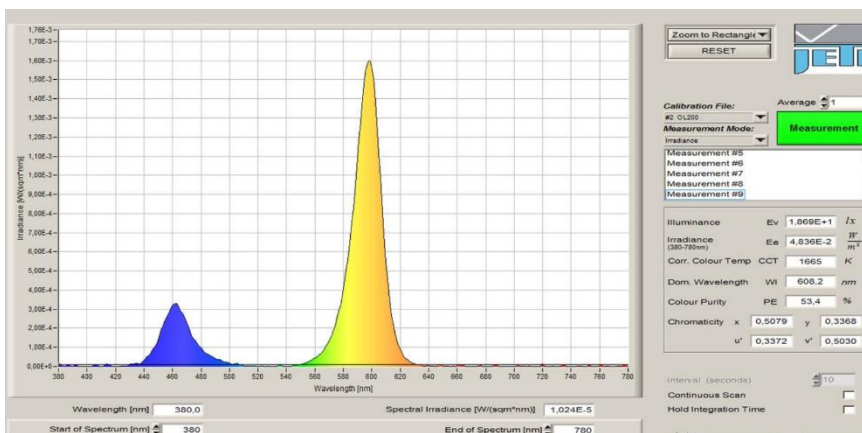
Med driveren kan man øke og senke strømgjennomgangen. En teknikk som benyttes for å oppnå konstant lysmengde (CLO – constant lumen output), er å øke strømmen ettersom lysdioden eldes og dermed yter mindre lys i utgangspunktet.

Driveren vil kunne programmeres på ulike måter og det finnes mange produsenter av disse. Når en lysfabrikant skal utvikle en armatur anskaffer man gjerne lysdiode fra en produsent og driver fra en annen. Det medfører noen utfordringer i forhold til optimal drift og funksjonalitet ved styring i det de ulike produsentene har forskjellige spesifikasjoner for sine produkter.

#### Fargetemperatur og fargegjengivelse

Lyskilder spesifiseres vanligvis ved en oppgitt fargetemperatur angitt i grader Kelvin (K). Videre ved sin fargegjengivelsesindeks (CRI – Colour Rendering Index) angitt ved Ra, hvor høyeste verdi er 100 som tilsvarer glødelampen. Ra indeksen ble utviklet for å uttrykke hvor godt en lyskilde gjengir farger korrekt. Ra indeksen har derfor en rekke fast definerte farger som det måles i forhold til. Indeksen ble utviklet i en tid hvor man benyttet lyskilder som hadde et mer kontinuerlig fargespekter enn LED. Ved design av lysdioder kan utviklerne «designe» et lysspekter som er veldig nært opp mot Ra indeksen sine referansefarger. Det man da kan miste er alle de andre fargene. En lysdiode kan oppnå en høy Ra indeks, samtidig som det menneskelige øye vil oppfatte det som et lys med dårligere fargegjengivelse enn f.eks for et lysrør med tilsvarende indeksverdi. Er fargegjengivelse kritisk for en synsoppgave, som f.eks ved undersøkelse av mennesker, er det viktig å være klar over dette for å kunne sette de riktige kvalitetskravene til lyskilden. For eksempel for å bedømme hud, blod eller pupill er fargegjengivelse særdeles viktig.

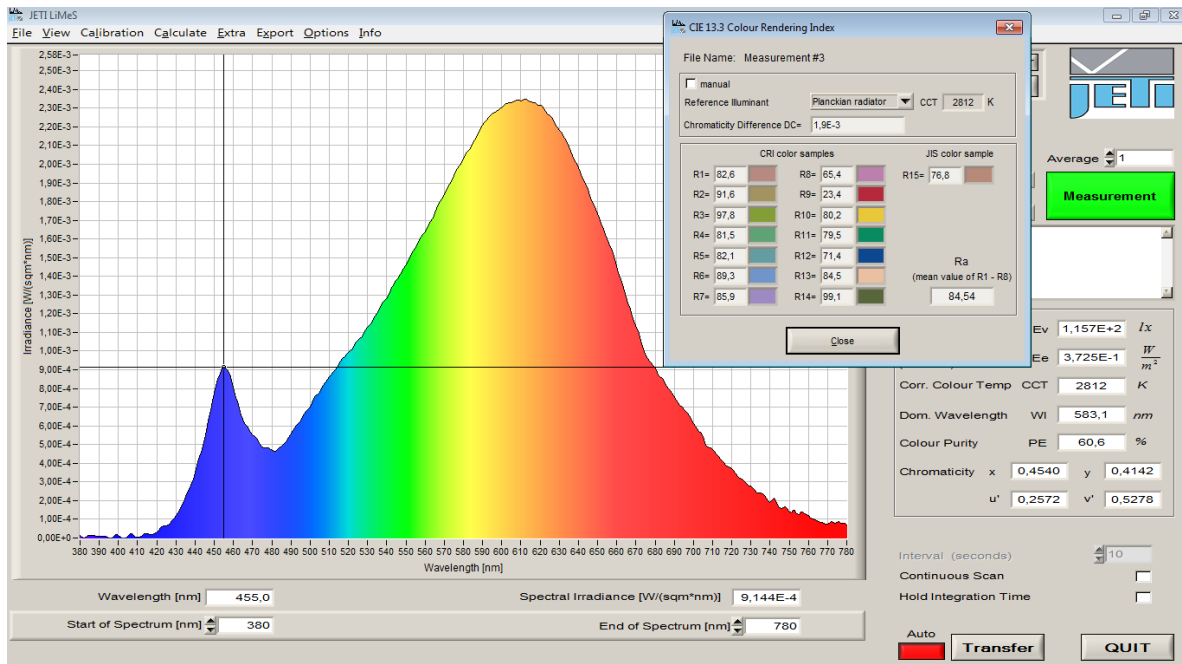
En spektermåling foretatt av en lyskilde kan tydeliggjøre dens egenskaper. I det etterfølgende er det gjengitt enkelte målinger av noen ulike LED lyskilder.



Figur 11, spektermåling av LED

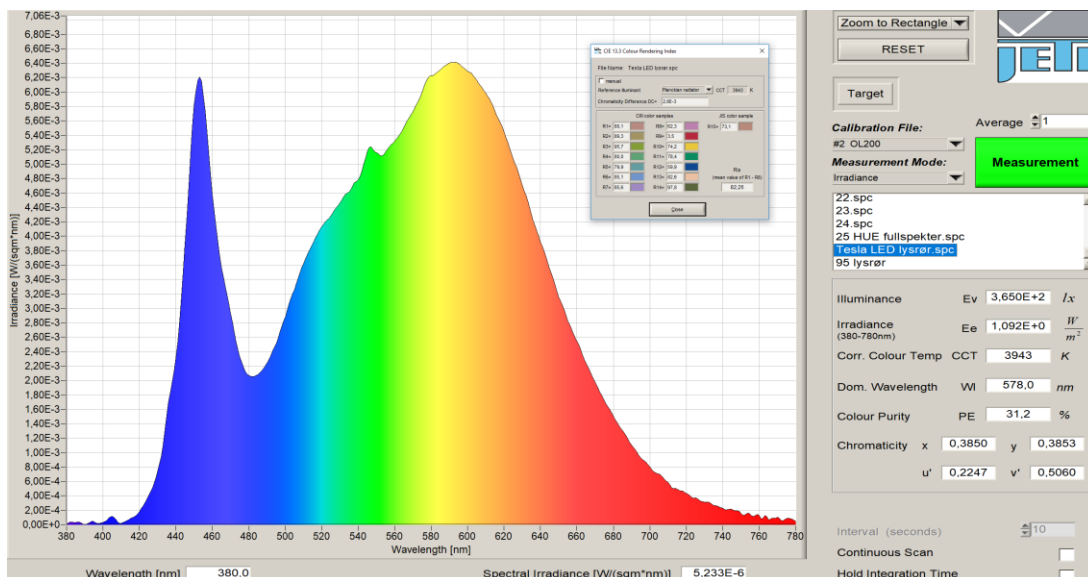


I figur 11 har LED lyskilden to klare fargebånd. Denne er målt til en fargetemperatur på 1700 K som oppfattes som en varm lyskilde. Ra indeksen er ikke målt.



Figur 12, spektermåling av LED inkl Ra

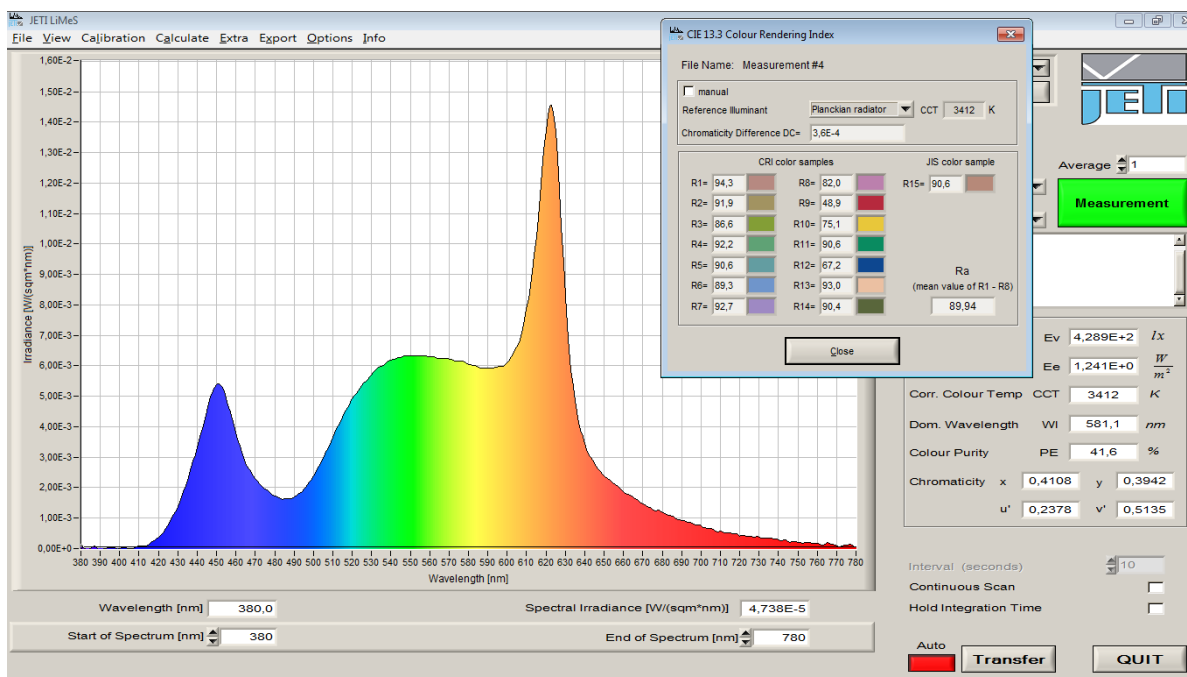
Figur 12 viser en varmere LED lyskilde med ett sammensatt fargebånd, 2800 K og 85 i Ra. Ra indeksens referansefarger består av de 8 første fargene R1-R8 som vises i bildet/tabellen i figuren. Merk likevel at R9 (som kun inngår i den utvidede skalaen R1-R15) har en indeks på kun 23. Dermed vil denne lyskilden ikke gjengi rødt, som. f.eks blod spesielt godt. Denne konkrete armaturen er plassert i et trappeløp hvor fargegjengivelsesegenskapene ikke er avgjørende.



Figur 13, spektermåling inkl Ra av LED retrofit lysrør

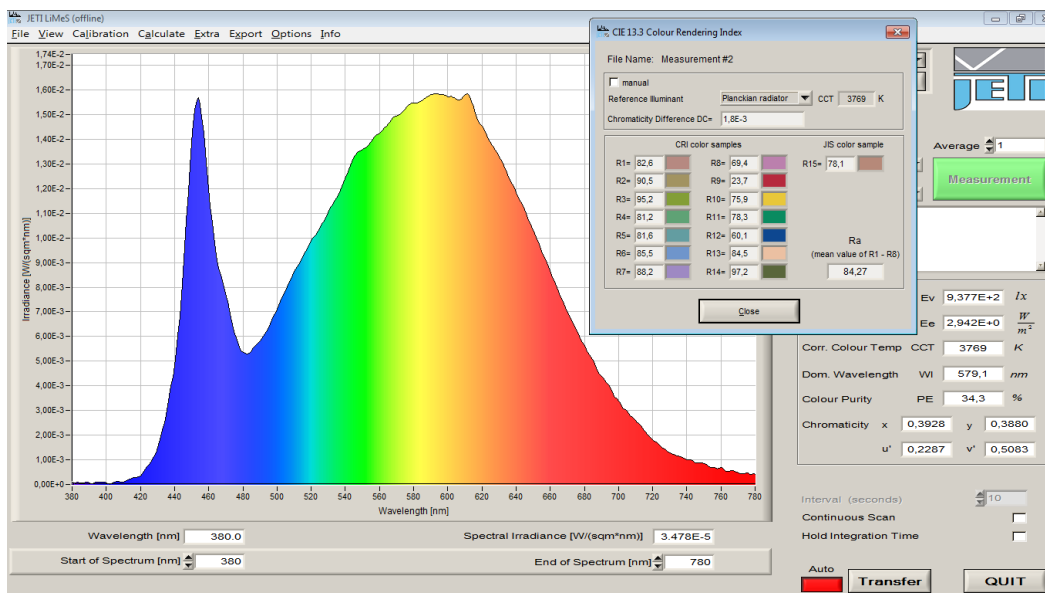
I figur 13 er det en lyskilde hvor blåfargen er meget dominerende, 4000 K. Dette er en relativt kald lysfarge. Ra=82 mens Ra9 =3,5.

I figur 14 er det gjengitt en LED downlight for bruk i korridor. Denne er målt til 3400 K og har en Ra på 90. I dette tilfellet er R9 målt til 49, som er relativt bra verdi, også sett i forhold til figur 12 (Ra på 23). Dette vil oppleves som en relativt varm lyskilde.



Figur 14, spektermåling av LED, inkl Ra

I figur 15 er en LED kontorarbeidsplassarmatur målt.



Figur 15, spektermåling av LED inkl Ra

Fargetemperaturen viser 3800 K og Ra indeksen er på 85. Her er imidlertid R9 kun 24, og dermed er denne armaturen mindre egnet for å vurdere rød-nyanser. Slik sett bør den ikke benyttes på et legekontor.

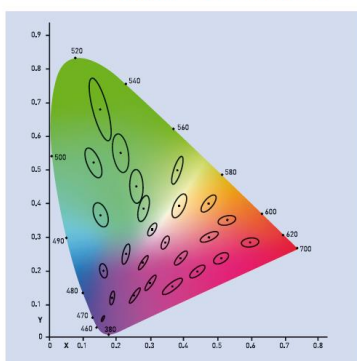


## MacAdams, binning

Fordi lysdioder produseres individuelt vil toleranser i produksjonen resultere i at de enkelte diodene lyser ganske ulikt. For å sikre at en grønt lysende diode lyser noenlunde likt med en annen settes det et samlet toleransekrav til LED lyskildene. Den vanligste metoden er å bruke er Mac Adams. Ut fra studier skal ikke det menneskelige øye kunne skille mellom lysdioder innenfor et avvik på 3 i MacAdams sitt diagram.

Men fordi hvitt lys består av de tre primærfargene (RGB) med sine toleranser vil man likevel kunne oppleve to LED lyskilder som lyser mot en hvit flate som ulike til tross for samme fargetemperatur Ra og binning (MacAdams 3). Derfor bør man anskaffe alle lysarmaturer (inkludert lyskilde) som brukes i samme rom fra en og samme produksjonsserie om de skal stilles sammen. Jo nærmere to armaturer står hverandre jo lettere merkes en forskjell mellom disse.

Abb. 6: MacAdam-Ellipsen im CIE-Farbdigramm



Figur 16, Mac Adams ellipse

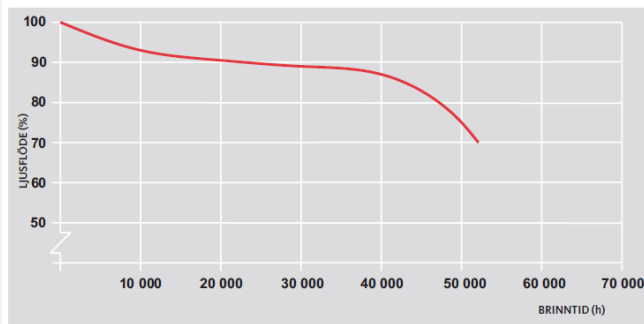
## Lysutbytte, lystilbakegang

LED kjennetegnes gjerne ved sin lange levetid. Det gjør at det blir ekstra viktig å klargjøre hvorledes og når lystilbakegangen opptrer og på hvilken måte.

Det leveres også **lysrør** med lang levetid. Fordi dette er en velutviklet teknologi har gjerne produkter fra ulike leverandører ganske like egenskaper. Under er angitt kurver som angir forholdet mellom levetid og lysutbyttet fra en spesifikk fabrikant (Auralight).

### 3 timers tennyklus

Livslängd Aura T5 Eco Saver Long Life  
3 timmars tändcykel (2 h 45 min. tänd, 15 min. släckt)

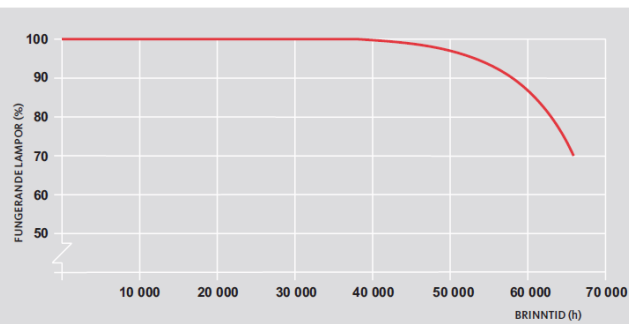


Livslängden nås när mängden ljus sjunkit till 80 % av det ursprungliga 100 timmars- värdet. Livslängden på ljuskällans bortfall och lumenedgång beräknas enligt IEC/EN 60081 som bygger på en tretimmars tändcykel.

Figur 17, Lystilbakegang for Lysrør, «longlife» rør hyppige tennyklusser

### 12 timers tennyklus

Livslängd Aura T5 Eco Saver Long Life  
12 timmars tändcykel (11 h tänd, 1 h släckt)



Livslängden med en 12-timmars tändcykel är definierad som den tid då man nått 10 % bortfall. Lumenedgången anges med mindre än 10 %.

Figur 18, Lystilbakegang for Lysrør, «longlife» rør sjeldne tennyklusser

Figurene 17 og 18 viser at levetiden for lysrøret påvirkes noe av driftsformen fra ca 50.000 timer til 65.000 timer. Når det gjelder lystilbakegangen er den praktiske virkningen enda større. Tennes og slukkes lysrøret hyppig, vil det i store deler av levetiden yte kun 90 % av nyverdi. For lysrør som står på mer eller mindre kontinuerlig er lysutbyttet meget høyt over en lang periode.

Omgivelsestemperaturen spiller inn på lysutbytte og energieffektiviteten, men i dette tilfelle ikke på levetiden på røret.

ARTICLE NO.	TYPE	COLOUR	COLOUR TEMP. (K)	LUMINOUS FLUX AT +35°C (lm/100h)	LUMINOUS EFFICACY (lm/W)	LUMINOUS FLUX AT +25°C (lm/100h)	LUMINOUS EFFICACY (lm/W)
<b>Aura Supreme HE Long Life, T5 Ø 16 mm, Cap G5</b>							
454012	14W 827	Interior	2700	1350	96	1200	86

Figur 19, Lysutbytte for Lysrør avhengig av omgivelsestemperatur, «longlife» rør

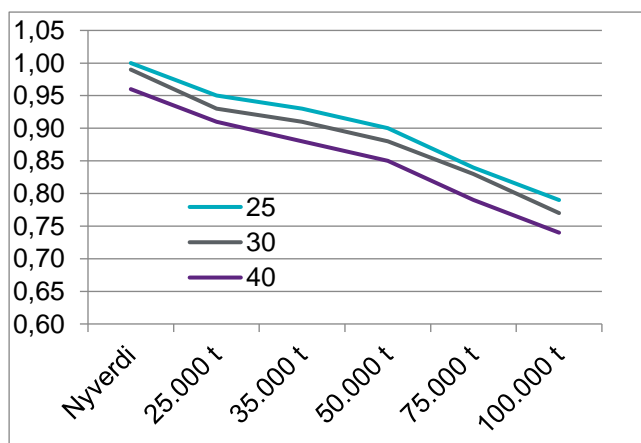
I figur 19 reduseres lysutbyttet fra 1350 lumen til 1200 lumen når temperaturen på lysrørets overflate endres fra 35 grader til 25 grader.

### Lysutbytte, lystilbakegang LED

Ser man på tilsvarende egenskaper for LED så er det flere forhold som må vurderes:

- 1) Lystilbakegang – fordeling over livsløpsperioden
- 2) Temperaturforholdene
- 3) Levetid på LED modul kontra LED driver
- 4) Konstant lysutbytte løsninger
- 5) Levetid som følge av omgivelsestemperatur (og tennsykluser)

I figur 20 vises lystilbakegang for en tilfeldig valgt LED modul (Cree) basert på tre ulike temperaturer for lysdioden (hhv 25,30 og 40 grader Celcius, omgivelsestemperatur).

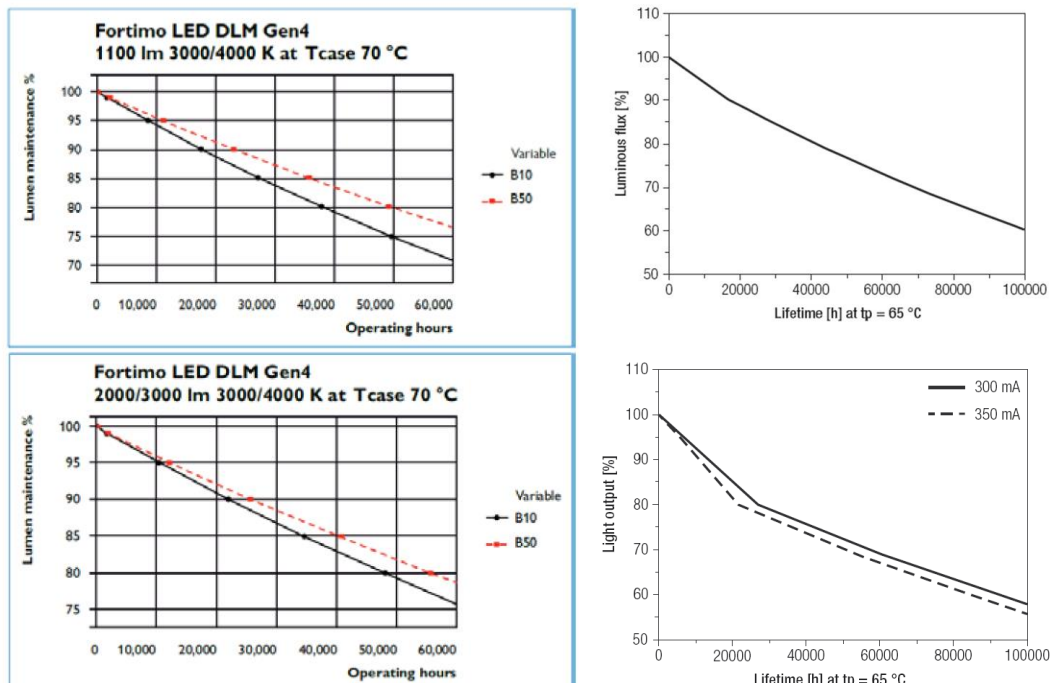


Figur 20, Lystilbakegang for LED (Cree)

Alle de tre kurvene viser mindre enn 85 % av det opprinnelige lysutbytte etter 75.000 timers drift. Ved 100.000 timer er lysutbyttet under 80 %.

Slike kurver er godt egnet for å fastsette optimal levetid ut fra de omgivelser de enkelte lyskildene måtte operere i.

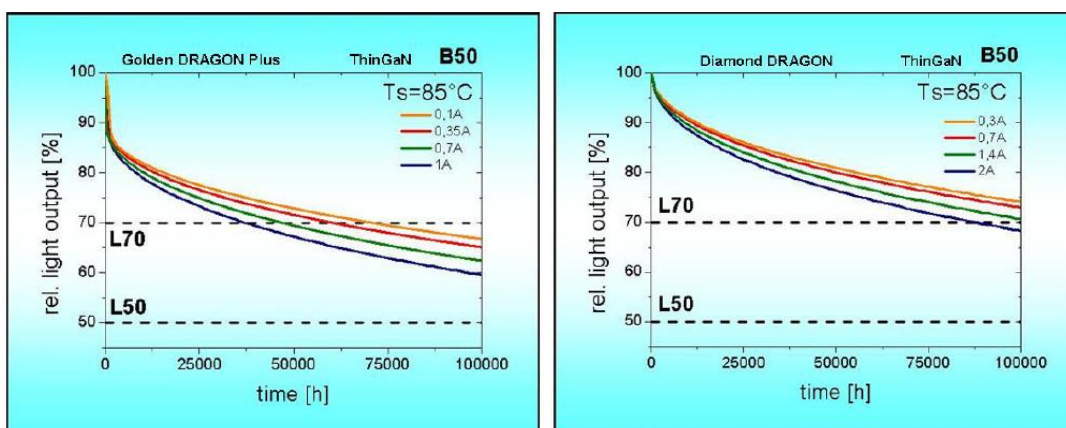
Figur 21 viser kurver fra to andre produsenter. Lystilbakegangen er omtrent det samme som for «longlife» lysrør (figur 17 og 18) ved 50.000 timers brenntid.



Figur 21, Lystilbakegang for LED (Philips Philips Fortimo DLM modul til venstre, Tridonic til høyre (des 2013))

Den vesentligste forskjellen mellom longlife lysrør og disse LED lyskildene er formen på kurven i den forstand at lystilbakegangen er mye kraftigere tidlig i livsløpet. Dermed er den gjennomsnittlige lysytelsen vesentlig forskjellig.

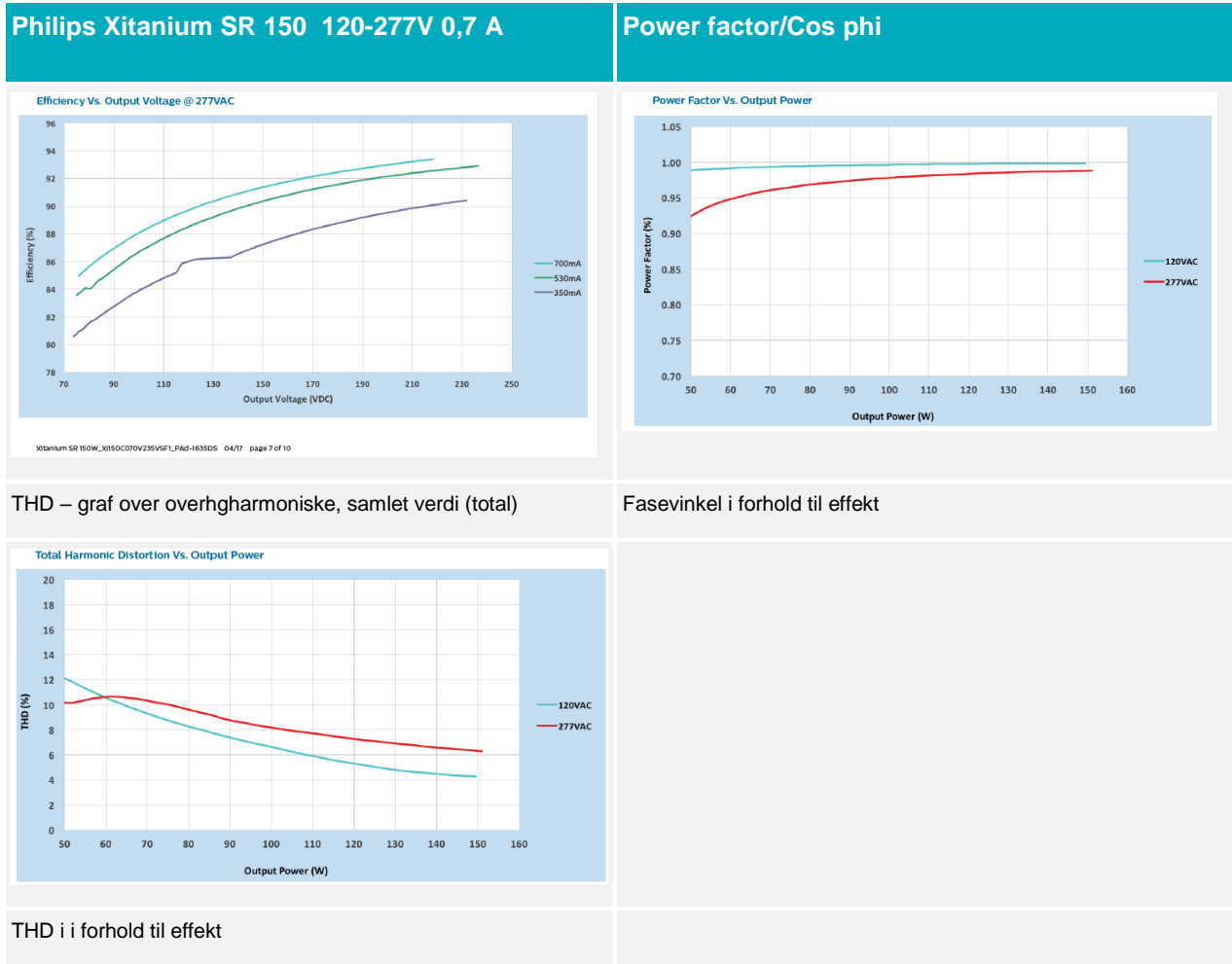
I figur 22 er vist kurver på tilsynelatende to ganske like produkter (Osram, 2011). Produktet til venstre ble levert i et konkret prosjekt i Norge. Man ser tydelig hvor raskt lysytelsen faller, allerede etter 10.000 timer er den nede i ca 80 %, mens produktet til høyre til sammenligning yter 90 %.



Figur 22, Lystilbakegang for LED (Osram 2011)

Det innebærer stor forskjell på gjennomsnittlig lysutbytte over levetiden på dioden. Ved bruk av CLO (Constant light output) som ofte tilbys vil energibruken over levetiden øke betydelig.

Under er medtatt noen kurver som viser ulike elektriske egenskaper for en serie lysdioder. Det kan være stor forskjell mellom ulike produkter og leverandører. Data må framskaffes for den enkelte leveranse og er «ferskvare» i den forstand at det er en løpende teknologisk utvikling.



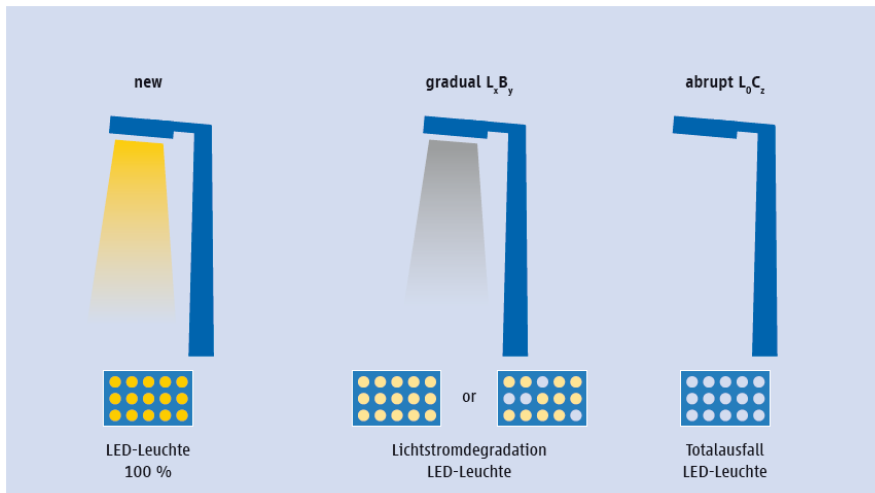
Figur 23, elektrotekniske parametere for LED

### Angivelse av levetid for LED

Merkingen, L70 B50 eller L80 B50 betegner to begreper L= lystilbakegang og B= utfall (eller rettere sagt lysdioder med ekstra stor lystilbakegang eller utfall). En mer detaljert beskrivelse er hentet fra Lyskulturs faktaark F02 LED:

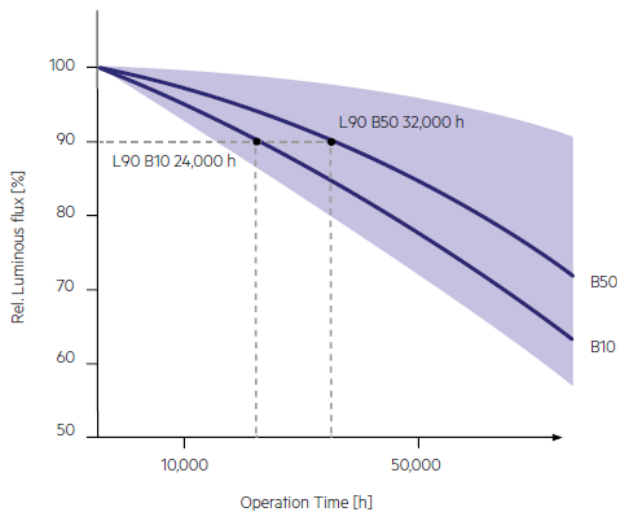
*L70B50, Ta=30°C betyr at ved 50.000 timer levetid i driftstemperatur lavere enn 30°C vil 70% av produktets lysfluks være gjenværende. 50% av de enkelte LED vil kunne ha mer enn 30% lys-tilbakegang. B<sub>NN</sub> sier således noe om hva man kan forvente av variasjon mellom de enkelte LED i et produkt/installasjon*

**Abb. 8: Darstellung Fehlersituation einer Leuchte (Neuzustand, Degradation und Totalausfall)**



Figur 24, Lystilbakegang for LED

Grafen under viser sammenhengen mellom levetid og utfall hhv B10 og B50. Krav til utfall har stor innvirkning på levetiden som leverandøren kan oppgi fordi utfall har større innvirkning enn vanlig degenerering.



Figur 25, forholdet mellom B10 og B50 for LED

**Konstant lysutbytte, CLO – to tilnærminger**

For å motvirke LED’ens naturlige lystilbakegang er det flere leverandører som tilbyr en løsning med driver som har til oppgave å bibeholde en konstant lysfluks over levetiden på produktet. Det kan man oppnå ved å dimensjonere «normalt» med overkapasitet ved nyinstallasjon, for deretter å dimme ned dioden tidlig i livssyklusen. Det gir gode driftsforhold for dioden og bidrar til økt levetid.

Den andre tilnærmingen er at man driver dioden nominelt den første driftsperioden (hardere enn ved dimming) for deretter å øke strømpådraget for å holde fast lysutbytte. Resultatet blir med andre ord det samme som over, hva lysutbytte angår, men på grunn av høyere strøm vil normalt levetiden begrenses, eller «dødeligheten» øker kraftig mot slutten av levetiden, og man får en raskt fallende kurve for lysfluksen.

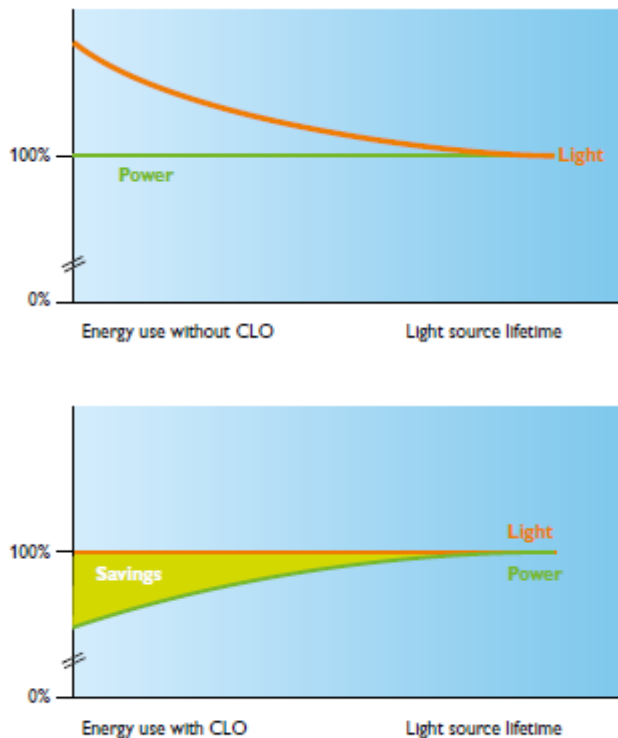


Figure 5 . Energy savings with Constant Light Output

Figur 26, Prinsipp for konstantlysstyring (CLO) av LED (Philips)

Man skal være klar over at det ofte er slik som vist over leverandørene framstiller CLO. Men bildet er ikke matematisk korrekt. Fordi CLO funksjonen øker strømforbruket over levetiden vil energiforbruket øke med tiden, prosentvis. Dermed vil energiforbruket i praksis ofte ikke gå ned i samme takt som når man dimmer armaturen. I figuren over har leverandøren for sikkerhets skyld fjernet verdiene på y-aksen.

### Levetid på LED-driver kan begrense reell levetid på armaturen.

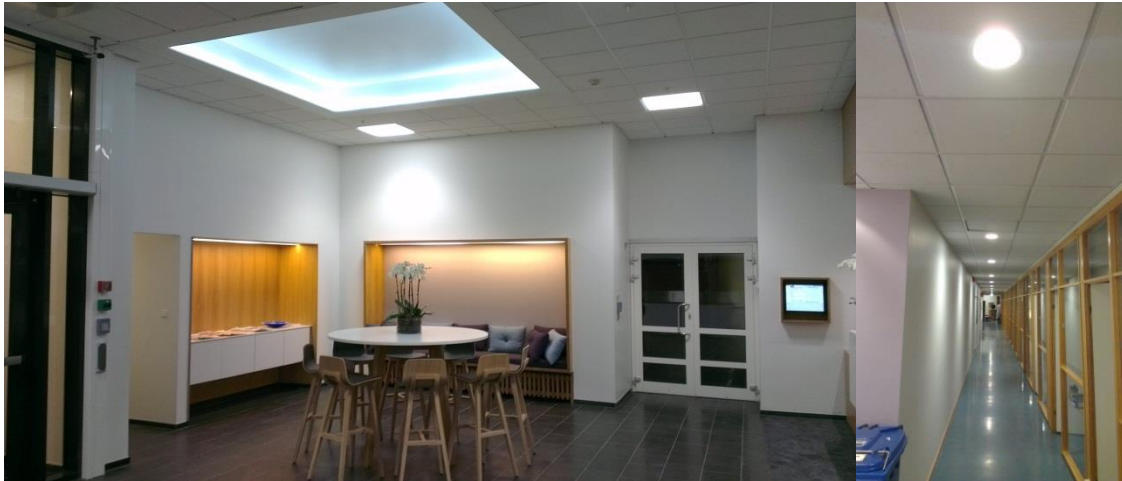
Det er med lange levetider på selve lysdioden, 50-100.000 timer, en utfordring at driveren ikke uten videre leveres med garanti utover 50.000 timer. Likevel vil flere leverandører ved krav eller på forespørsel kunne garantere lik levetid. Om ikke må man legge til grunn en utskifting av driver etter 5-10 år. Det kan da bli vanskelig å få tak i akkurat den samme driveren. I praksis må man derfor ikke beregne levetiden til anlegget til utover det driveren er designet for.

### Lysintensitet

LED er en meget sterk lyskilde konsentrert på en liten overflate. Det gjør at det menneskelige øye har vanskeligheter med å tilpasse seg, pupillen innsnevres ikke tilstrekkelig og netthinna kan dermed skades. Når flere lysdioder settes sammen vil overflatens størrelse øke, men fortsatt vil det være et intenst lys. Derfor er det spesielt viktig å vurdere om bruk av LED armaturer kan medføre fare.

Det leveres i dag også LED armaturer med gode avblendinger og optikk som skal motvirke, og i det minste redusere faren for ubehag og skader på øyet. Ved normale forhold (avstand og eksponering) er produktene godt innenfor grenseverdier for hva som defineres som risiko for skade. Men i sykehusmiljø kan det være enkelte situasjoner hvor denne faren er mer prekær. Det gjelder f.eks for nyfødte og veldig små barn, hvor øyet ikke er like godt utviklet, ved ulike skader, sykdommer og medisinerings der pupillen generelt utvider seg og ikke reagerer i særlig grad på lyspåvirkning og for eldre hvor pupillen ikke lukker innsnevres like raskt.





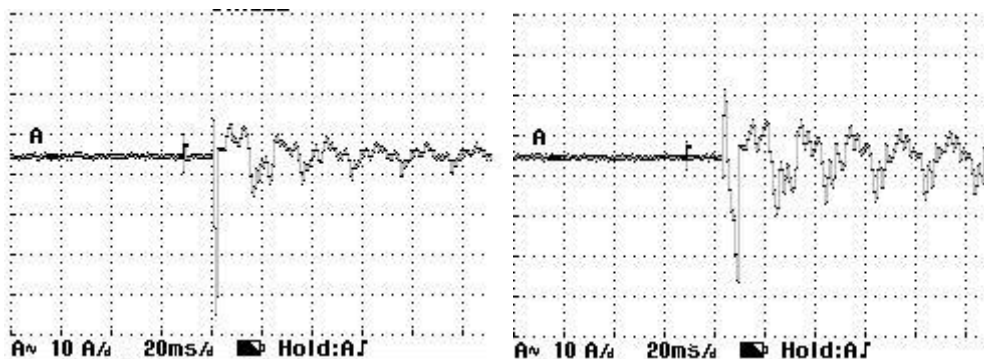
Figur 27, belysningsmiljø kun basert på LED ( Norconsult)

Bilde til venstre i figur 27 viser et lysmiljø (resepsjonsområde) hvor lysdesigner har lagt vekt på å unngå blinding. I bildet til høyre er ikke avblendingen like god (korridor).

For personer med grå stær (Katarakt) eller andre øyesykdommer så kan en forurenset øyelinse medføre en spredning av lyset på vei fra hornhinna til netthinna. Det er spesielt de kortbølgede lyset som har tendens til å spre seg i linsen. Derfor vil lys med høy blåandel virke mer blendende for disse personene enn for andre. (Bezold-Brückes arbeider forklarer også at blått lys psykisk sett oppleves som mer intenst.)

### LED og inrush

Fordi lysdioder ikke trenger lang tid på å «tenne» vil de trekke full belastning med en gang de slåes på. I likhet med lysrør og damplamper har de også en høy startstrøm. Disse to forholdene til sammen gjør at elektriske vern (sikringer) kan løse ut om ikke de er tilpasset oppgaven (rett karakteristik), eller at kursen er tilstrekkelig dimensjonert. Det har vært et kjent problem at man etter en en-til-en utskifting av lysarmaturer fra halogenlamper til LED kan oppleve at sikringene går. Det er derfor viktig at man tar rede på hvor mange armaturer det kan være på en gitt sikringskurs.



Figur 28, Strømførløp ved innkopling av LED armaturer (Norconsult)

Maks verdi er i forløpet til venstre i figur 28 over 40 A. Den samme kretsen har et annet forløp ved senere tenning. Det skyldes at maksimalt trekk den første perioden (av 50 Hz perioden) vil avhenge av når i perioden innkoplingen skjer. Uansett ser man at det er et betydelig utslag.

Lysdioder vil også sammen med driver kunne generere overharmoniske forstyrrelser på strømmettet. Det har i enkelte tilfeller vist seg at hverken CE eller EMC godkjenning er tilstrekkelig for å unngå problemer i forhold til annet elektrisk utstyr og radiosamband. EMC direktivet er begrenset oppad til 380 MHz, men støy i området 380-400 MHz har vist seg i enkelte installasjoner å være en utfordring.

Skal man benytte LED i spesielle rom som operasjonssaler, rom med scannere og eller i nærheten av kommunikasjonsutstyr må man sette ekstra krav til hele systemets samlede forstyrrelser. I praksis må man derfor sikre seg at leverandøren framskaffer tilstrekkelig dokumentasjon i forkant slik at man på best mulig måte kan forsikre seg mot mulige framtidige problemer. Dette er også relevant i forhold til installatørens senere ansvarserklæring.

### Energibruk

LED framstilles ofte som svært energieffektiv. Det kan i mange tilfeller være riktig, men ikke alltid. Dersom man setter de samme krav til belysningskvalitet til LED anlegg som til f.eks lysrørlegg er det ikke gitt at man sparer så mye energi i utgangspunktet. Selv om lyskildene ofte kan sammenlignes med antall lumen pr watt, så skal også driver og styresystem medtas. Det er fortsatt store forskjeller i «lm/W» for tilsynelatende ellers like produkter uavhengig om de er fra kjente og mindre kjente leverandører. Og det har ofte med pris å gjøre. Også de store leverandørene har «lavprisprodukter» som tilbys lavpriskunder.

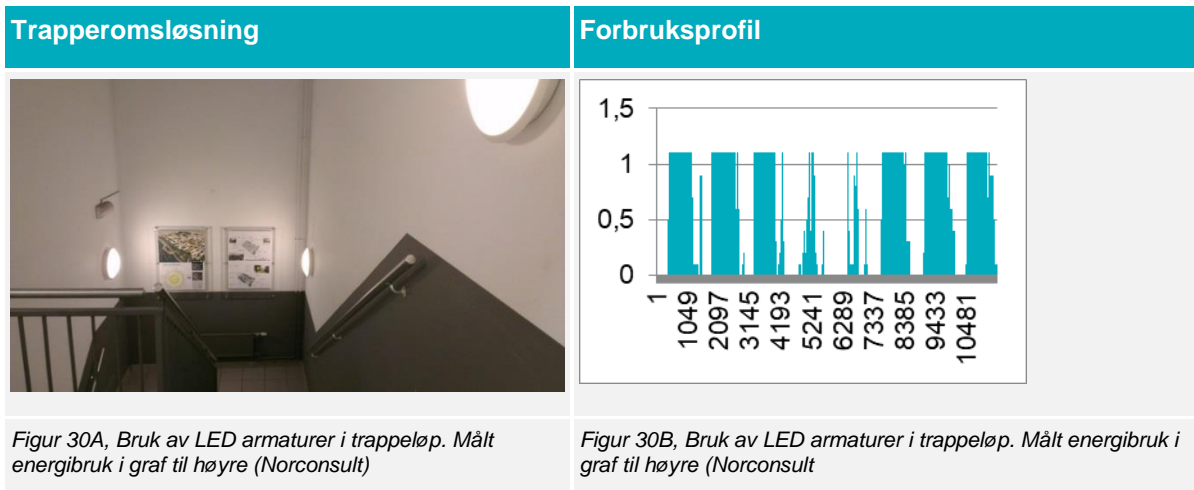
Der man stort sett trenger lys i en bestemt retning, vil LED være det mest energieffektive. Men i mange miljøer ønsker man også god vertikal eller sylindrisk belysning. Da er ikke regnestykket alltid like opplagt selv om det er liten tvil om at det er LED man ender opp med.



Figur 29, Beregnet og målt lysnivå på en kontorarbeidsplass. Bildet til høyre er tatt med luminanskamera ( Norconsult)

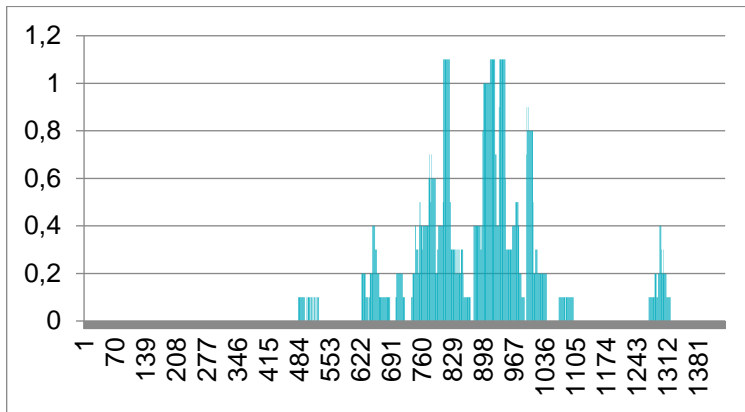
Ved å utnytte aktiv styring og dimming av belysningen i perioder med inaktivitet i rommet/arealet, kan man redusere energibruken vesentlig, noe som er enklere å få til med LED enn konvensjonelle armaturer. Så ved bruk av en godt planlagt styreløsning vil totalregnskapet normalt gå i favør av LED.

For styring av LED lys i trapp kan lydsensor være godt egnet. Grafen til høyre i figur 23 viser onsdag- onsdag i en trapp med slik løsning. Man ser tydelig hvordan energibruken går ned i helgen og om nettene og dermed også energiforbruket. Dette er en trapp som er mye i bruk på virkedagene.





Ved å studere lørdagen alene ser man at det er sjelden at alle lysene i trappa er tent samtidig. Det skyldes at når man beveger seg fra en etasje til neste så vil ikke lampene lengst unna tenne som følge av styreløsningen hvor armaturene kommuniserer med hverandre. Målingen er utført med ett minutters intervall. Det tilsvarer om lag tiden det tar for å gå fra bunn til topp i trappa. Styrefunksjonen er slik utformet at lampene går i 10 % verdi en stund før den slukker helt. Før tiltaket ble innført sto trappelyset alltid på.



Figur 31, Målt energibruk en lørdag, ett minutters oppløsning (Norconsult)

### 3.4 Nødllys/ledesystemer

Nødllys og ledesystemer kan inndeles til å ha to primære funksjoner (Arbeidsplassforskriften):

- Nødbelysning for å sikre forsvarlig arbeid ned nettutfall
- Belysning i rømnings- og evakueringsveier (nødutganger)

I tillegg setter Arbeidsplassforskriften krav om skilting og at skiltene må være tilstrekkelig belyst.

I sykehusmiljø har man i mange tilfeller belysning på prioriterte kurser som i dagligtale ofte betegnes som nødllys. Nødllys har til hensikt å kunne sikre en sikker avslutning av et arbeid. Ved sykehus har man ofte i tillegg egen lokal batteriforsyning eller UPS, for spesielt kritisk arbeid, som å slutføre en operasjon eller lignende på normal måte. I det tilfellet vil også belysningen være en del av dette. Utforming av nødbelysning vil avhenge av arbeidets art og er i utgangspunktet ikke underlagt spesielle krav utover normale krav til belysning av arbeidsplasser. Forsyning og opprettholdelse av belysningen er derimot underlagt spesielle krav.

Ledesystemer består normalt av både markeringslys og ledelys. Er det større rom med mange personer tilstede, så vil også antipanikkbelysning inngå. I tillegg kommer ladelys i anlegg hvor det er benyttet etterlysende løsninger. Nødllys/ledesystemer skal prosjekteres av spesielt godkjente rådgivere; RIE i samarbeid med RIB<sub>rann</sub>.

Det settes strenge krav til ledesystemer i sykehusbygg. Ledesystemene skal tilfredsstillende de enkelte krav knyttet til den risikoklassen bygget er i. Risikoklassen fastsettes av RIB<sub>rann</sub>, og sykehusbygg defineres ofte inn i en høy risikoklasse.

#### Lading av etterlysende materiale.

I de tilfeller hvor det er montert etterlysende materiale er disse ofte også lavtsittende. Markøren har da til hensikt å bidra til god orientering ved røyk i lokalet, selv om man i utgangspunktet ikke skal og bør rømme gjennom et røykfyllt lokale. Bruk av etterlysende materialet skal kun benyttes som et supplement til et elektrisk basert ledesystem.

I lokaler med mange mennesker, som vestibyle, kantiner, større forelesningssaler mv vil som regel lavtsittende belysning miste noe av sin hensikt fordi det tildekkes av publikum i rømnings situasjonen.

Etterlysende materiale må ha ladelys. I mange tilfeller er det ikke tilstrekkelig dagslys, og lading må da skje med allmennbelysningen. Er det da benyttet sensorer som skrur av lyset automatisk, vil ladingen kunne bli mangelfull. I slike tilfeller må det etableres egen rutine for tenning av lyset slik at tilstrekkelig lading oppnås. Nødvendig belysningsstyrke og ladetid oppgis normalt av leverandør.

### 3.4.1 EI-forsyning

I sykehus har man som regel trippelt sett med kraftforsyning; for normal-, reserve- og nødforsyning. Da vil nødbelysningen være tilknyttet egen nødlyssentral og/eller felles batteribackup og reservekraft. I tillegg vil markeringslys normalt også være tilkopleet denne forsyningen. Desentraliserte løsninger tilbys også i markedet. Ønskes det benyttet må batterienes holdbarhet tillegges stor vekt, og det bør kreves min 10 års levetid for å unngå hyppige og kostbare utskiftinger. Det innebærer i praksis litiumbatterier.

Nødlis og ledesystemer er gjenstand for regelmessig kontroll og testing. Det er derfor vanlig å benytte selvtestende utstyr gjerne tilkopleet sentral. Det kan skje med ulike løsninger som

- Lokalt selvtestende
- Sentralsystem basert på egen busskommunikasjon
- Sentralsystem basert på annen busskommunikasjon, typisk DALI (for lysstyring)
- Sentralsystem basert på busskommunikasjon over kraftforsyningen (Powerline)
- Sentralsystem basert på trådløs kommunikasjon

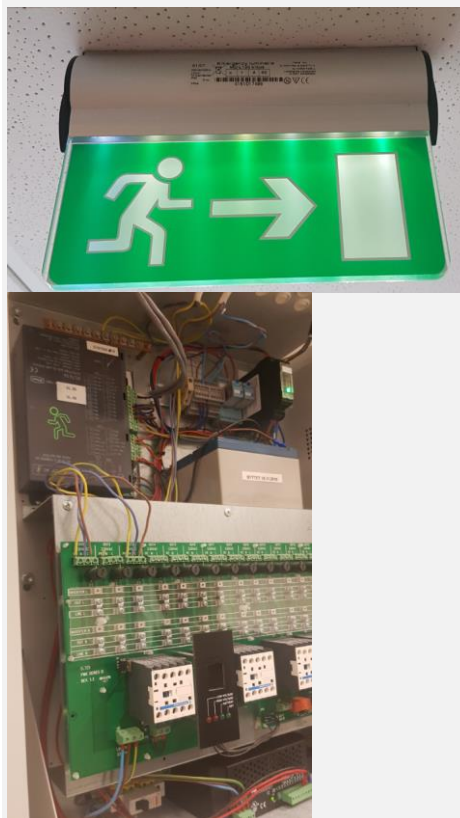
Lokalt selvtestende utstyr krever mye ettersyn og kontroll og er i praksis lite i bruk. Trådløs kommunikasjon er mye brukt i forbindelse med rehabilitering av anlegg. Ved nyanlegg vil ulike former for busskommunikasjon være et naturlig valg. Det vises til Lyskulturs publikasjon nr 7.

Markeringslys over dør



Figur 32 A, markeringslys mot nødutgang

Markeringslys, nødlyssentral



Figur 32 B, markeringslys og nødlyssentral

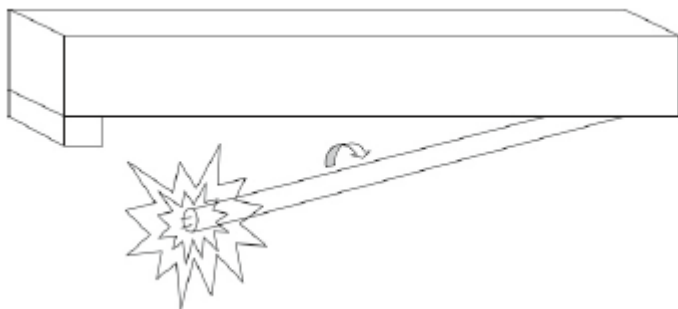
### 3.5 Retrofit lysrør - vedlikehold

Ved introduksjon av LED er det også utviklet såkalte «retrofit» lysrør med LED som er tenkt benyttet i stedet for tradisjonelle lysrør. Det beste salgsgargumentet for slike rør er lang levetid for på den måten å spare vedlikeholdskostnader, og i noen grad energikostnader.

Det er imidlertid flere forhold som må tas i betraktning. Ved bytte av lysrør fra tradisjonelt lysrør til LED lysrør så vil mest sannsynlig dette være et avvik i forhold til lysarmaturens beskrivelse for bruk og vedlikehold. I så fall er det snakk om en modifisering av belysningsarmaturen. Dette er omhandlet av DSB i en uttalelse i Elsikkerhet nr 77 -2/2010.

Så for eksisterende belysningsarmaturer vil det dermed ofte være snakk om en modifisering. LED lysrør vil kunne installeres, men det kan kreve en ombygging evt en risikovurdering og da må i så fall den utføres av kvalifisert personell i henhold til forskrift om kvalifikasjoner av elektrofagfolk.

Et annet og også meget viktig forhold er at det ofte er nødvendig å kortslutte tenneren ved innsetting av LED lysrør. I så fall oppstår det fare for spenning på det ene settet med tapper i LED lysrøret idet det andre settet settes inn i holder. Det er også viktig å merke seg at dersom armaturen er modifisert, så er det ikke gitt at vanlig driftspersonell og eller vanlige brukere som måtte tenkes å ville skifte lysrør tenker på akkurat det og vil kunne sette inn tradisjonelle rør igjen. Det vil gi berøringsfare og i uheldigste tilfelle kortslutning.



Figur 33, berøringsfare. Kilde: DSB - Elsikkerhet nr 77 2/2010

Det er derfor på generelt grunnlag **å fraråde å benytte LED retrofit lysrør i eksisterende belysningsarmaturer for lysrør.**

Et annet forhold er økonomi. Som nevnt over er levetid ofte det beste argumentet. I mange tilfeller vil et langlivslysør gi vel så god økonomi i og med at rørbyttekostnadene da også spares, samt at arbeidet med modifisering unngås.

Et tredje forhold er de optiske egenskapene ved et LED retrofit lysør. Ofte vil lysdiodene i LED -røret være rettet nedad for å gi bedre lysutbytte enn ved tradisjonelle lysør. Det vil normalt innebære høyere luminans/lysintensitet i fra installasjonen. Mens armaturer i utgangspunktet er designet for å reflektere store deler av lyset fra det tradisjonelle lysøret vil det nå komme lite lys fra reflektor. Det gir større kontrast og mindre lysende overflate. Dermed vil det hele oppfattes som mer blendende, og lysarmaturens originale UGR verdi er i alle fall ikke lenger gjeldende. Slik sett vil man risikere at krav satt til UGR for anlegget ikke lenger er tilfredsstillt.

### 3.6 Power over Ethernet (PoE)

Etter hvert som kraftbehovet til belysningsutstyr går ned samtidig med at det er ønskelig med en høy grad av funksjoner og styring av belysningen er det kommet på markedet løsninger som kombinerer kraftforsyning via datanettverk (PoE).

En av hovedideene er at man erstatter tradisjonell kraftforsyning og styrekabel med en «Kat» kabel. Lysarmaturene må da være konstruert for lav spenning (48 V) og med IP kommunikasjon for styring.

Det leveres ulike løsninger både hva spenning (normalt 48 V) og effekt på portene. Det benyttes gjerne Cat 6 kabel med øket tverrsnitt for å redusere spenningsfall og energitap.



Figur 34, Utsyr for PoE, henholdsvis switch og lysarmatur (Philips).

Med en slik effekt er antall armaturer pr switch begrenset. Det viste produktet over har en begrensning på 32 W pr port og samlet 240 W. Men det leveres kraftigere switcher og det forventes løsninger med opp mot 100 W pr port.

Utover god funksjonalitet ligger noe av gevinstene på at utstyret kan leveres og installeres av automatikere og ikke el-installatører samtidig med at ethernetet bygges opp. Og at man reduserer antall 230 V kurser.

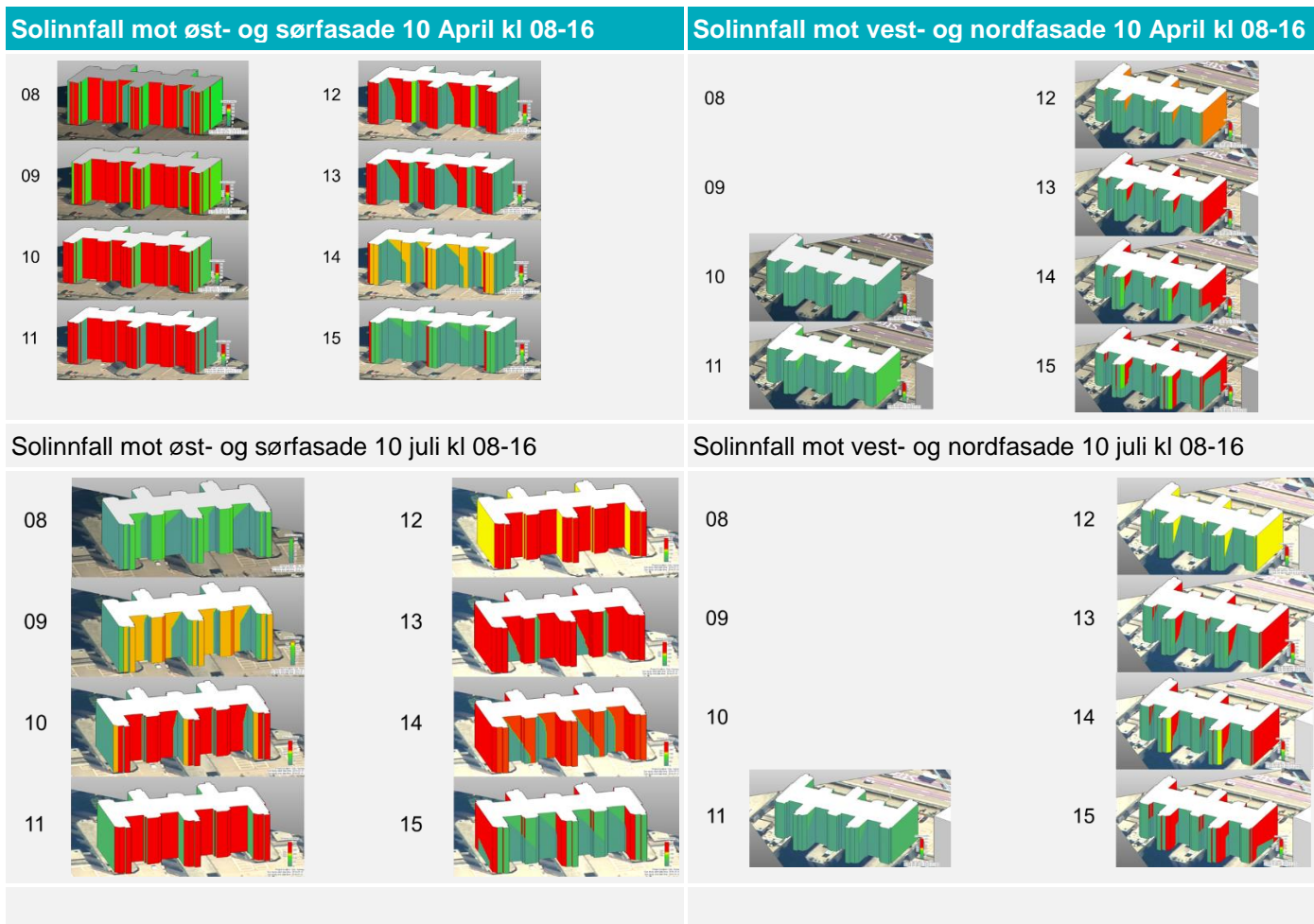
På den annen side så må alle switchene ha sin kraftforsyning, det blir et vedlikeholdsbehov for mange desentraliserte switcher og det blir en diskusjon om plassering av disse, sentralt eller distribuert over himling. I et sykehusmiljø vil dessuten en konsekvens bli at lysstyringen blir underlagt IT miljøet. Det vil i seg selv by på utfordringer.

Det er spesielt data-industrien som fremmer denne teknologien, men flere belysningsleverandører kan i dag levere PoE i samarbeid med disse.

### 3.7 Dagslys

Dagslys er viktig for helsen. I dag vet vi at dagslyset påvirker direkte gjennom synet/øynene men også gjennom huden. Det er derfor ikke unaturlig at det gjennom arbeidsmiljøloven er satt krav til tilgang til dagslys på arbeidsplasser.

Dagslyset på en arbeidsplass vil variere med årstid og bygningen/vinduets orientering og plassering i terrenget. Under er vist to eksempler på solinnfall på en større bygning, Oslo.



Figur 35, solinnfall på fasader. Falske farger.

Mange steder i landet vil det være behov for solskjerming av arbeidsplasser. Dette løses vanligvis med utvendig persienner eller screens, eventuelt innvendige gardiner, rullegardiner eller «blinds». I en del tilfeller benyttes også film montert på utsiden av vindu. Men film er en permanent løsning og er ikke så heldig med tanke på vinterforhold. Det finnes i dag også vindusglass med blandingsegenskaper som styres av elektrisk felt (elektrocromatiske) som påsettes vinduet. Dette er kostbare vinduer, men kan være aktuelle i høyhus etc hvor utvendige løsninger ofte vil ha problemer med sterk vind.



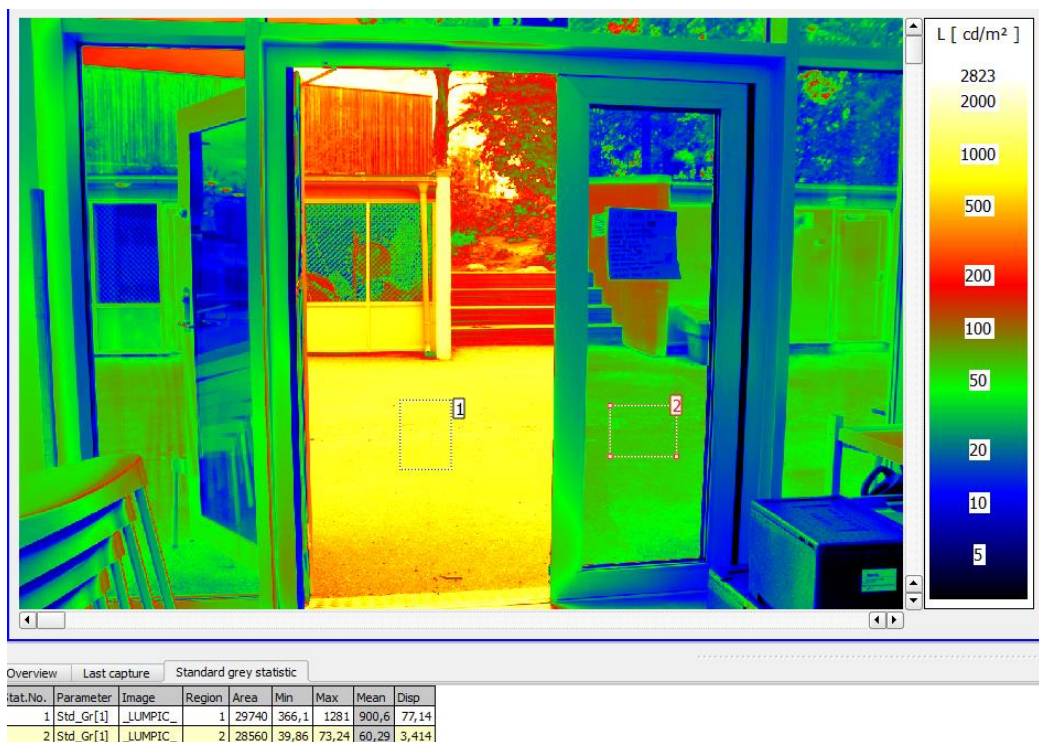
Utvendig screen med meget tette masker.



Figur 36, screen med lite lysinnslipp og tilsvarende dårlig utsyn

Utsyn ansees for å utgjøre en vesentlig kvalitet ved et rom med vindu. Dersom solskjermingen er for tett og ikke gir utsyn, vil rommet når det er fint vær ute oppleves som mørkt og trist.

Spekterbilde av vindusparti med film på vinduene. Det ene dørbladet står i åpen posisjon. Luminansen her er 900 cd/m<sup>2</sup> mot 60 cd/m<sup>2</sup> i feltet ved siden av.

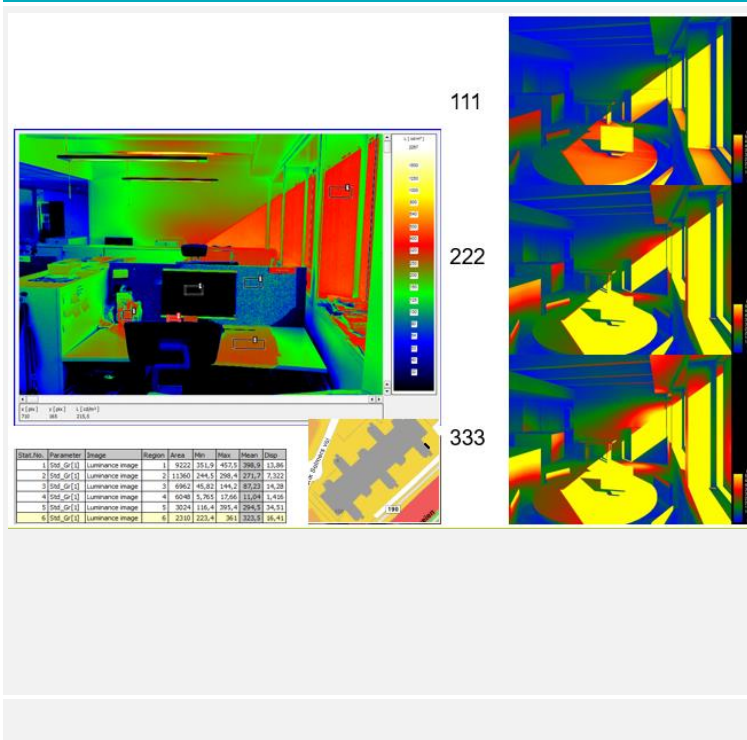


Figur 37, ulike luminanser ved bruk av film på vindu (omkranser åpen dør). Her med en faktor nær 15.

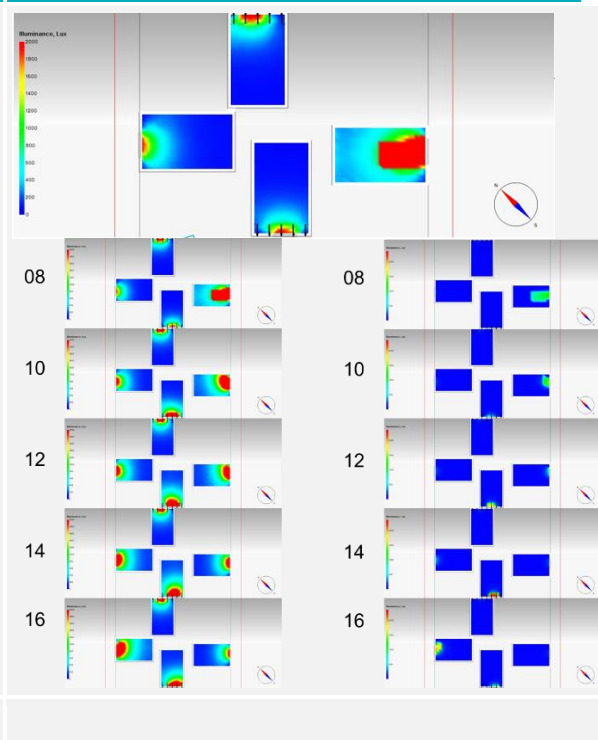


Under er vist simulering av luminanser på arbeidsplassen med ulike blending. Det er også vist hvordan solinnfallet er i rommet, fire himmelretninger ulike tider på dagen.

**Måling med luminanskamera, simulering med tre ulike «screens». Falske farger**

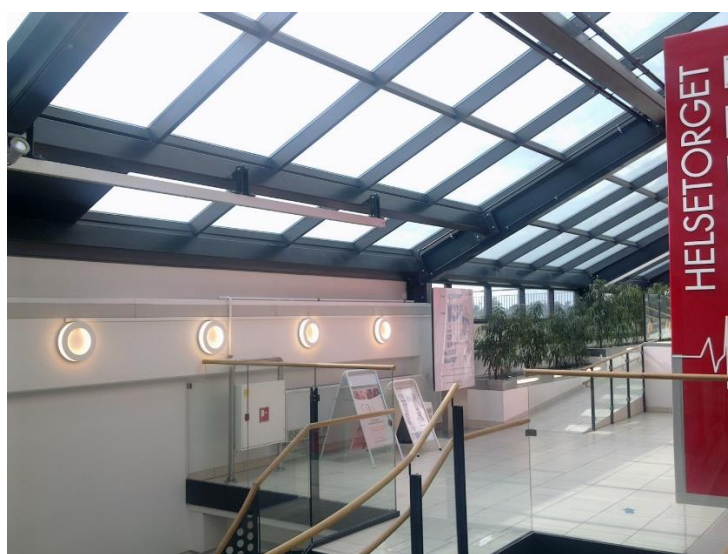


**Dagslysinfall i rommet (visualisert i plan), fire himmelretninger 10 juli**



Figur 38, måling av luminanser, simulering av luminanser med ulike screens, solinnfall for ulike tider på døgnet, vindu mot fire himmelretninger. Falske farger.

For å sikre gode lysforhold foretas det normalt dagslysberegninger av nybygg. Slike beregninger tar i tillegg til hensyn til vinduets utforming og størrelse også hensyn til glasstype, utspring i fasaden, himmelorientering og tilliggende bygninger.



Figur 39, rikelig tilgang på dagslys – til tider for mye?

### 3.8 Universell utforming

Norge er og har vært et foregangsland hva Universell utforming (UU) angår. Allerede i 2009 ble standarden «NS 11001-1 Universell utforming av byggverk -Del 1-: Arbeids og publikumsbygninger» lansert og en revidert utgave er kommet i 2018.

I 2011 ble «NS 11005:2011 Universell utforming av opparbeidete uteområder – Krav og anbefalinger» publisert.

I disse to standardene behandles også krav til belysning. Det er viktig at tiltak for å bedre tilgjengelighet for flest mulig utformes tverrfaglig. Spesielt setter det krav til utformingen av belysningsanlegget sett i forhold til kontraster, synliggjøre mulige farer for bruker samt økt belysningsnivåer i visse sammenhenger. UU omfatter også tiltak for å hindre blending.

Ved planlegging av nye bygg eller dyptgripende renovering må planleggere av belysningsanlegg samarbeide tett med arkitekt/interiørarkitekt om fargevalg, markeringer mv sett i relasjon til belysningen. Videre at man tilrettelegger for individuell styring av lyset på arbeidsplasser og der det for øvrig kan være et spesielt behov med tanke på personer med synshemming mv. UU skal dekke behovene både til ansatte og brukere av bygg og uteområder.



Figur 40, Universell utforming – samspill med god belysning



### 3.9 Renrom - spesielle krav

Renrom stiller spesielle krav til belysningsutstyret. Utstyret skal i tillegg til å være støv- og vanntett også tilfredsstillende hygienekrav til renhold alt avhengig av hvilken klassifisering (ISO 14644 serien) rommet har. Avdekningen må ha en glatt overflate (glass eller plast) som er enkel å renholde og tåler de rengjørings- og desinfeksjonsmidler som benyttes. Armaturene må ha tilpasset løsning for innfesting i himling, herunder gi en tett tilslutning til denne samt ha nipler med tilsvarende egenskaper. Det stilles krav til håndtering av mottak og lagring av utstyret levert på byggeplass.



Figur 41, Illustrasjon av renromsarmatur (Philips).



Figur 42, Innfesting av renromsarmatur i himling (Philips).

Med tanke på primært en enkel tilkobling og senere mulig vedlikehold så må armaturen kunne åpnes etter montasje uten at det forringer klassekravet, som tetning mot rom over tett himling.



Figur 43, tilkobling eventuelt vedlikehold av renromsarmatur (Philips).

I renrom vil det som følge av høyt luftskifte og tilhørende ventilasjonsutstyr ofte være liten plass til utstyr som belysning. Det er derfor viktig med en tidligfase klargjøring av tilgjengelig areal/plassering samt byggehøyde på armaturene.

Armaturer til renrom bør normalt leveres med mulighet for dimming og eksternt fast tilkoplest styring. Trådløs styring er ikke å anbefale i sykehusmiljø av hensyn til mulig interferens med annet teknisk utstyr og eller materialtekniske begrensninger som vanskeliggjør gode antenneplasseringer/løsninger. Trådløs styring er heller ikke ønskelig med tanke på hyppig batteriskift, skade og tap av betjeningsutstyret.

### 3.10 Styring av belysningsanlegg

Aktiv styring av belysning blir stadig mer aktuelt. Dette kommer som en følge av økt krav fra brukere, ønske om energieffektiv drift og de muligheter som ny teknologi gir.

Styring innebærer så mangt, men følgende problemstillinger er trolig de mest aktuelle i et sykehusmiljø:

- Kunne betjene lyset Av/På (og da faktisk kunne aktivt styre det av)
- Automatisk Av/På som følge av deteksjon av tilstedeværelse, setting av tider
- Dimming (nattlys, foredragssal/møterom, operasjonssal mv)
- Dagslysstyring (Av/På og dimming), setting av grenseverdier
- Styring av farger
- Styring av fargetemperatur
- Styring av lysmengde i forhold til dagsrytme
- Styring av lys «alt på» ved utløst brann- eller tyverialarm, spenningsfall

Videre ser man at det i nær framtid kan være aktuelt i enkelte sammenhenger å kunne kople belysningen til brukere og ansatte i den forstand at belysningen tilpasse deres individuelle behov. En aktuell teknologi er deteksjon ved hjelp av nærfelts-informasjonsutveksling (NFC).

#### Valg av styringsløsninger- og system

Ved enkelte sykehusutbygginger er det etablert avanserte løsninger for byggautomasjon, gjerne med koplinger mellom ulike systemer, for eksempel belysning styrt sammen med varme. Erfaringene er delte. Dels skyldes det:

- Systemene kan bli for omfattende og kompliserte
- Vedlikehold er krevende, f.eks ved endring av bruk av lokaler
- Kompetansen er mangelfull, både hos leverandør og byggeier
- Teknologien er ikke alltid like smidig satt opp, noe som medfører at den framstår som uhensiktsmessig for bruker
- Teknisk levetid på styringen er kortere enn på selve belysningsutstyret.
- Oppfølging ved løpende bytte av belysningsarmaturer er tid- og kostnadskrevende
- Såkalte åpne systemer framstår mest som proprietære og leverandørstyrte, spesielt over tid
- Det er vanskelig å kople belysning mot andre systemer

På den annen side er det mange både avanserte/integrerte og frittstående styringssystemer som fungerer godt. Det kan være:

- Manuelt betjent dimming
- Automatisk deteksjon av tilstedeværelse f.eks på toaletter, lagre, kontorer
- Tidsstyrt lys (f.eks automatisk av etter noe tid)
- Trapperomsllys
- Styring av utelys på fotocelle/astronomisk ur

### 3.11 Styring øker levetiden på belysningsarmaturene

Eller rettere sagt, levetiden øker i antall år i operativ drift. Det er slik at med LED blir det enda viktigere enn tidligere å slå av eller dimme lyset etter behov. Dette for å «spare» utstyret, og på den måten forleng levetiden. Med LED er det ikke «bare å skifte lyskilde» som man har vært vant med. Det er trolig lite relevant at man kan gjøre det etter f.eks 10 års drift. Da må nok hele armaturen skiftes.

Men ved effektiv styring, så vil den reelle tiden utstyret er i bruk gå dramatisk ned. Det være seg toaletter, trapper, lagre etc. Derimot i korridorer og resepsjonsområder vil det neppe være like enkelt,

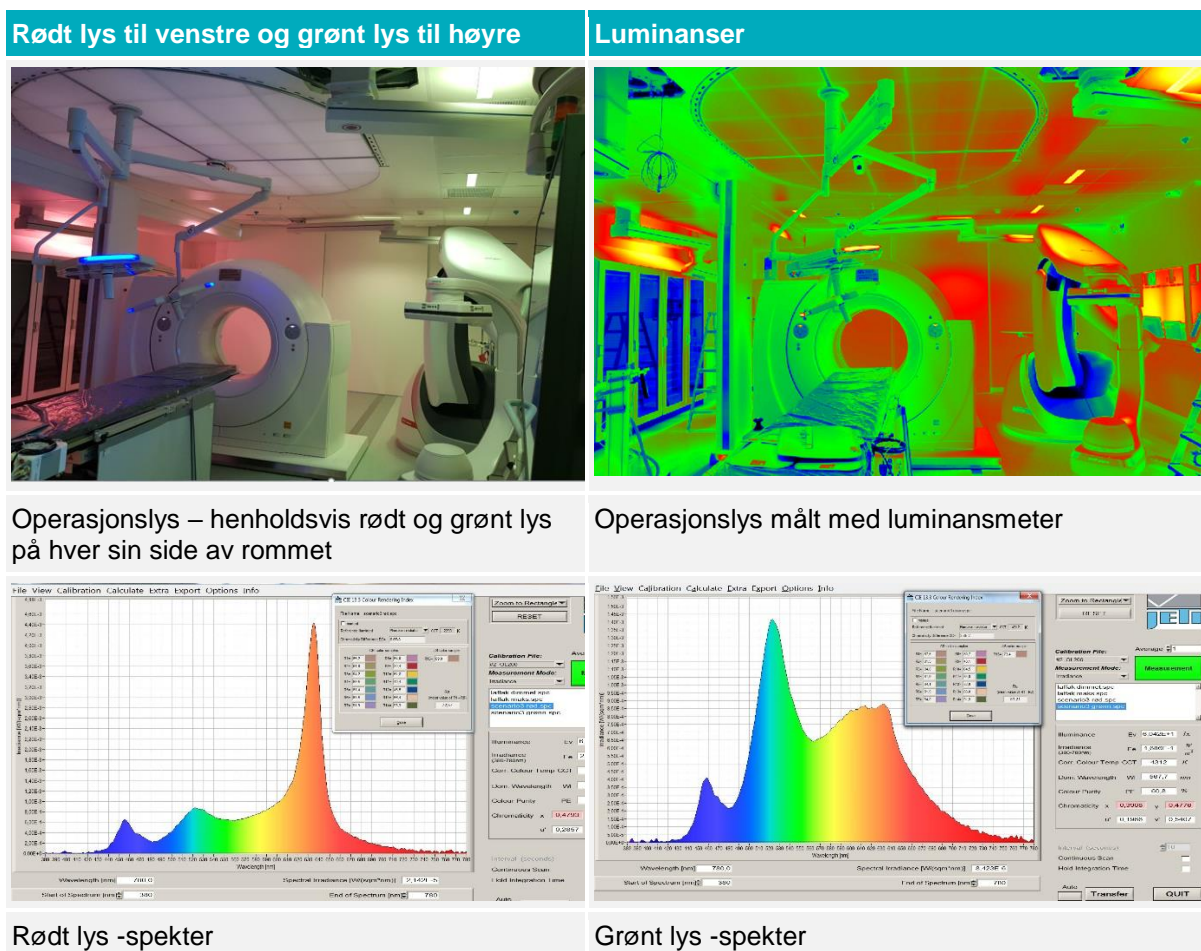
her vil imidlertid en aktiv dimming i forhold til dagslys ofte kunne gi verdifulle bidrag. Se kapittel 3.3 om energibruk.

Det mest brukte protokoll for styring av lys er DALI, gjerne i kombinasjon med KNX. Dette er i dag robuste systemer som er godt kjent i markedet og enkelt kan vedlikeholdes av ulike parter. Samtidig ser man at mekanisk slitasje ofte kan medføre problemer, så det er mer krevende å vedlikeholde. På den annen side vil forlenget levetid og energibesparelse veie opp for dette.

Ved framtidige større utbygginger vil det være naturlig at armaturer forhåndsprogrammeres. Ved at de tilordnes en spesifikk identitet i fabrikk (f.eks supplert med RF-ID), vil montasjen på byggeplass kunne bli mye enklere, samtidig som entreprenør vil kunne følge «komponenten» under arbeidets gang. Dermed vil brenntid under installasjonsperioden også kunne reduseres.

### 3.12 Styring av farger og fargetemperatur

Fortsatt er avanserte armaturer med mulighet for endring av farge og fargetemperatur kostbare. Men sett i forhold til annet teknisk utstyr i de lokaler hvor dette er mest relevant kan det utgjøre svært lite. Bruk av fargeskift f.eks på en operasjonssal er høyst relevant, og tas stadig mer i bruk. Det letter arbeidet til de ansatte og bidrar til å høyne kvaliteten og effektiviteten i arbeidet.



Figur 44, operasjonssal Intervensjonssenteret Rikshospitalet (Mai 2018)

Styring av fargetemperatur skjer etter de samme prinsippene. Det er spesielt andelen blått lys som økes ved økt fargetemperatur. Det vises til Lyskulturs publikasjon nr 24 Lysstyring (2018)

### 3.13 Krav til passivhus

Alle nye sykehus skal tilfredsstille kravet til passivhusstandard. Slik sett er dette også førende for hva man forventer seg av krav til energibruk i belysningsutstyr som skal benyttes ved renovering og løpende utskifting i eksisterende bygningsmasse.

Det er NS 3701 «Kriterier for passivhus og lavenergibygninger-Yrkesbygninger» som er styrende også for energibruk til belysning. Kravet settes i form av LENI (kWh/(m<sup>2</sup>-år)). I det årlige forbruket inngår foruten installert effekt også årlig driftstid, som er fastsatt i forhold til bygningskategori. I TEK er sykehus en egen klasse og normalt være den relevante klassen for sykehusbygg.

Kravet er utformet som maksimalt energibehov og er satt til 29,1 kWh/(m<sup>2</sup>-år) ( NS 3701:2012). Driftstiden er fastsatt til 5824 t/år.

Når man skal beregne energibruken til belysning så skal dette utføres i henhold til NS EN 15193. I denne standarden gis det mulighet for å beregne ulike faktorer som inngår i kalkulasjonen. Det gjelder bruk av dagslysstyring, tilstedeværelse og konstantlysstyring (normalt i kombinasjon med dagslysstyring).

For å få lavest mulig energibruk må disse ulike styringsstrategiene tas aktivt i bruk hvor mulig. Videre vil energieffektivt utstyr i seg selv nærmest være en forutsetning for å kunne nå kravene.

Fordi kravet oppfattes som relativt stramt, må man nøye prioritere utstyr for ulike romkategorier. Typisk vil aktiv styring i rom som lagre, tekniske rom mv være en forutsetning men samtidig også gi god uttelling. Men også for slike lokaler vil energieffektive armaturer være nødvendig.

I rom med lang brukstid må man anvende energieffektive armaturer. I oppholdsarealer med god dagslystilgang vil dagslysstyring måtte anvendes.

Det er likevel viktig å tenke på at lyset er til for mer enn å tilfredsstille energikrav. Man må derfor avveie mellom belysningskvalitet og energieffektivitet i forhold til ulike romtyper og bruk. Og det finnes høyeffektive belysningsarmaturer som også gir god belysningskvalitet, men det vil ofte medføre høyere investeringer. Men over tid vil dette likevel være kostnadsriktig (Ref kap 3.2).



Figur 45, NS 3701:2012. Standarden er under revidering.

## 4 Bruk av belysning i terapeutisk sammenheng

Lys er en viktig kilde til trivsel og velferd. Mange studier viser at fravær av lys ikke er heldig for mennesker. Det går normalt ut over døgnrytme, humør og fysisk aktivitet.

Med ny teknologi tilgjengelig og da også til overkommelige kostnader, har det sammen med ny kunnskap dannet grunnlag for installasjon av flere anlegg med bruk av kontrollert lys i behandlingsøyemed.

Tidligere har «dagslysbehandling» med belysning vært vanlig, f.eks i forhold til (vinter) depresjoner. Nå tas slike virkemidler i bruk ved sykehjem (demens), ved skoler (døgnrytmelys) og i de seneste år ved behandling av ulike diagnoser.

Melatonin – også kjent som søvnhormonet, dannes ved kjemiske prosesser i hjernen og **økt produksjon** av melatonin vil gjøre personen søvnlig. Det er vist at lys i det blå spekteret, med en bølgelengde <530 nm reduserer produksjonen av melatonin. Ved å styre fargen på lyset slik at melatoninproduksjonene reduseres på morgenen og øker på kvelden vil man dermed kunne bidra til å gi pasienten en bedre døgnrytme.

Serotonin – Det er antatt at **lave** mengder serotonin er en medvirkende årsak til depresjoner, bipolar lidelse og angst, foruten at serotonin regulerer søvn og humør. Kroppen stimuleres til økt produksjon av serotonin ved påvirkning av lys i det blå fargespektret. Tilførsel av blått lys på formiddagen og midt på dagen er derfor viktig for å opprettholde produksjonen av serotonin.

Med basis i nyere forskningsprosjekter er det to norske forskningsprosjekter som trekkes frem:

- Bruk av briller med filter ved Valen sjukehus
- Bruk av filter på vindu og justering av farge- og fargetemperatur ved St Olavs Hospital, Østmarka

### 4.1 Nobels pris i medisin 2017 for døgnrytmeforskning.

I 2017 ble prisen for medisin og fysikk gitt til tre forskere som har arbeidet med å avdekke mekanismene rundt kroppens døgnrytme. At kroppen styres av et internt «ur» som igjen «synkroniseres» av dagslyset er godt kjent. Likevel er det fortsatt mye som ikke er kjent. Likevel må denne tildelingen sies å være en anerkjennelse av at det er en klar sammenheng mellom lys og kropp, også utover den stimuli man får gjennom øyet.

Det er foreløpig vanskelig å anskueliggjøre hva denne nye kunnskapen vil medføre i forhold til utforming av belysningsanlegg, men det som er helt klart er at man må være varsom med å etablere spesiell belysning inkludert styring som ikke er godt faglig forankret. I så fall kan man risikere å skade de som oppholder seg der over tid.



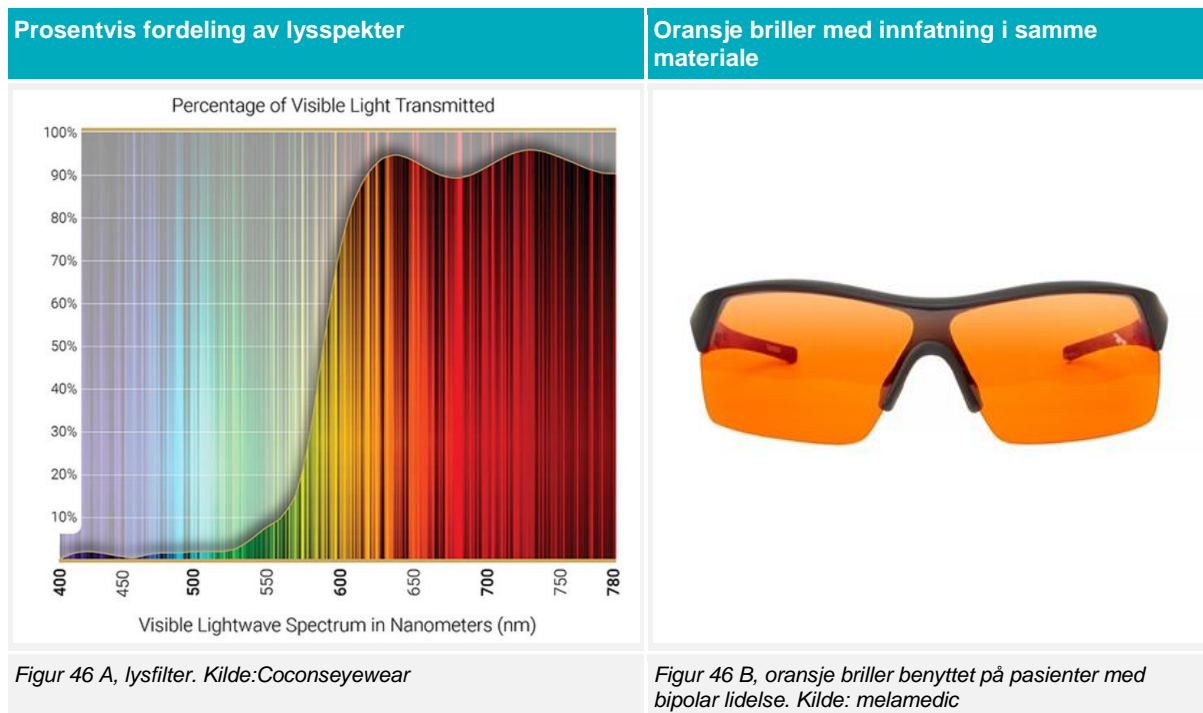
## 4.2 Valen sjukehus

Ved Valen sjukehus har de under ledelse av overlege og psykiater Tone Henriksen testet ut briller på pasienter med bipolar lidelse. Dette er briller som ser oransje ut og som filtrerer vekk mye av det blå lyset. Uttestingen inngår som en del av doktorgradsarbeidet til Henriksen.

Pasientene opplever at den maniske perioden går raskere over. En pasient forteller (til NRK) at bruk av briller også ga umiddelbar virkning for vedkommende. **«Det tok ikke mer enn en to-tre minutter fra jeg tok på brillene til jeg merka at hele verden dempa seg, forteller Tuva Maria Martinussen»**

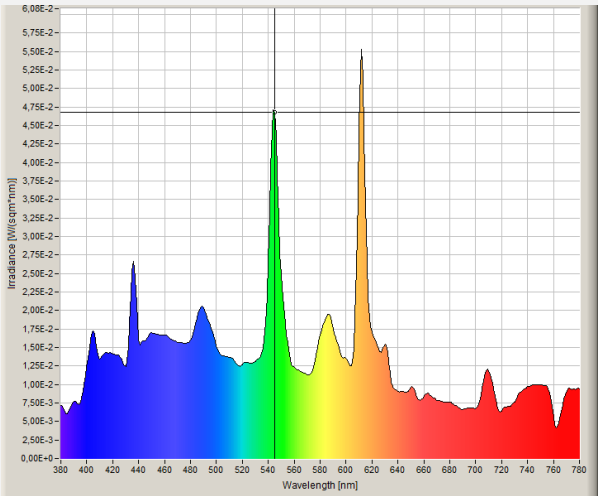
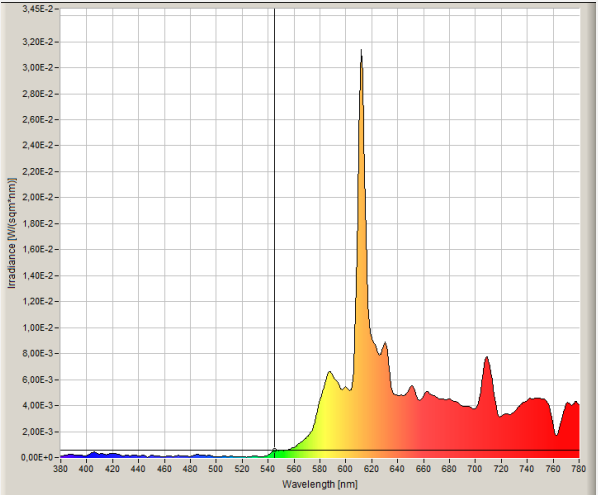
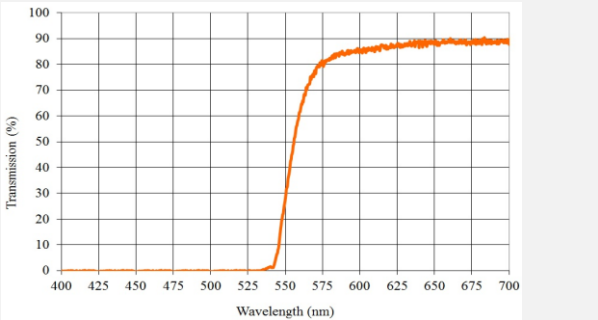

Henriksen forteller (til NRK) at **«Av en grunn som vi ikke har oversikt over enda, er nok bipolare i manisk fase ekstra følsomme for blått lys. Det ser ut til at blått lys holder i gang den maniske episoden»** Hun forteller videre: **«Vi er vant til at maniske episoder varer i uker og måneder. Nå så vi en signifikant endring etter bare noen få dager. Jeg er ikke vant til dette enda, det er nesten vanskelig å tro for oss som har sett det».**

Det er flere måter å illustrere hvordan slike briller eller filtre fungerer. Her er også vist et foto av den type briller som benyttes ved Valens Sjukehus.



Ser man på hvordan disse brillene filtrere ut lyset får man en klar forståelse av hva som skjer. Under er vist spektermåling av referanselys (rad 1) i et vanlig kontormiljø med vindu (dagslys) og lysrør (T5 - Ra80 og 3000K). Måler man lyset (rad 2) gjennom brillen ser man at den effektivt filtrerer ut alle bølgelengder fram til ca 550 nm. Lave verdier i dette området kan skyldes lekkasjelys, ikke helt ulikt en vanlig situasjon med briller på nesen. Målinger er sammenholdt med oppgitte data, graf (rad 3).

Bildet (fig 46 B) viser en «utenpå briller» hvor også selve innfatningen bidrar i noen grad til også å filtrere innkommende lys fra sidene.

Briller	Fargetemperatur (K)	Fargeindeks (Ra)	Graf /illustrasjon
Referanselys (kombinasjon av dagslys fra vindu og lysrørarmatur)	5236	96	
Oransje briller	1089	27	
Oransje briller	Spekter oppgitt av produsent		
Oransje briller	LowBluelights		

Figur 47, data for oransje briller

### 4.3 St Olavs Hospital, Østmarka

Østmarka er en avdeling ved St. Olavs hospital, Divisjon psykisk Helsevern. Her har man bygd opp en egen liten fløy hvor det blå lyset filtreres ut. Det er benyttet film på vinduer og spesielt tilpassede belysningsarmaturer. Arbeidet ledes av seksjonssjef og lege Knut Langsrud.

Her er man opptatt av at for mye lys på feil tid av døgnet kan skade kroppens døgnrytme. Det kan bidra til å gjøre personer både fysisk og psykisk syke.

Fram til nå har man benyttet terapi ved bruk av lys og mørke:

- Sterkt lys i enkelte perioder (like etter at pasient har stått opp. 10.000 lx i 30 min)
- Blende ute alt lys (Mørketerapi)

Ved Østmarka har man ved en avdeling gått lengre og altså fjernet det blå lyset. Det er om kvelden at man benytter seg av denne teknikken. Det benyttes hvitt lys om dagen og filtrert lys om kvelden fram til morgenen etter (18.00/18.30 til 07:00). Det innebærer også bruk av nattlys (reduisert lysmengde om natta og med filter).

Vindu med lysfilter ( Screen)



Figur 48 A, filter på vindu. Foto: NTNU

Vindu i dør med fast montert film



Figur 48 B, oransje avdeling på akuttpsykiatrisk Østmarka. Dagslysterapi til høyre på bildet..

Forskningen ved Østmarka fortsetter ved oppstart av et nytt prosjekt fra oktober 2018.

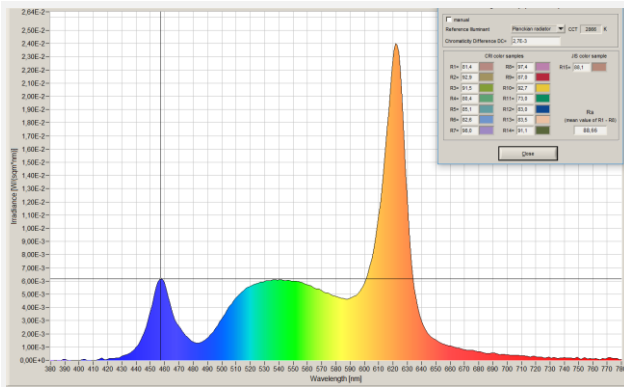




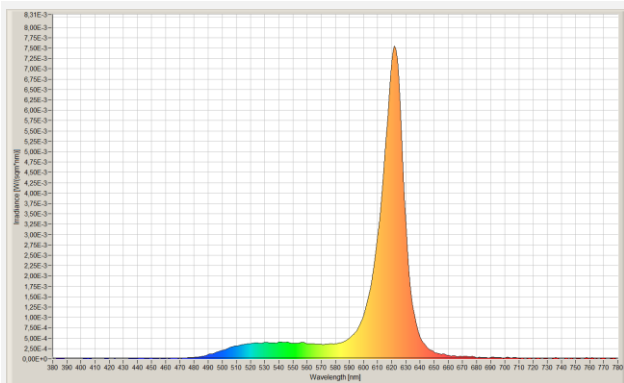
Figur 49, beboerrom og korridor utstyrt med fargeskift (Østmarka)

Under er vist målinger av spektersammensetningen på belysningen ved Østmarka, samt luminanser på ulike overflater.

**Spektrafordeling hvitt lys pasientrom**

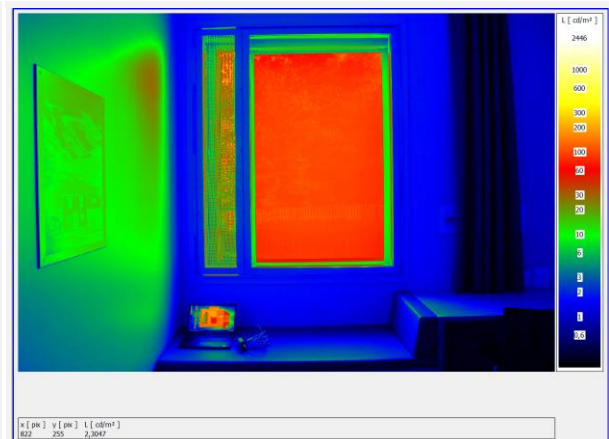


Ra 89, 2866 K

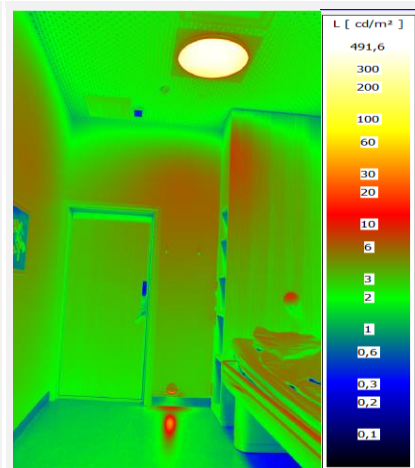


Beboerrom 100 % «amber»

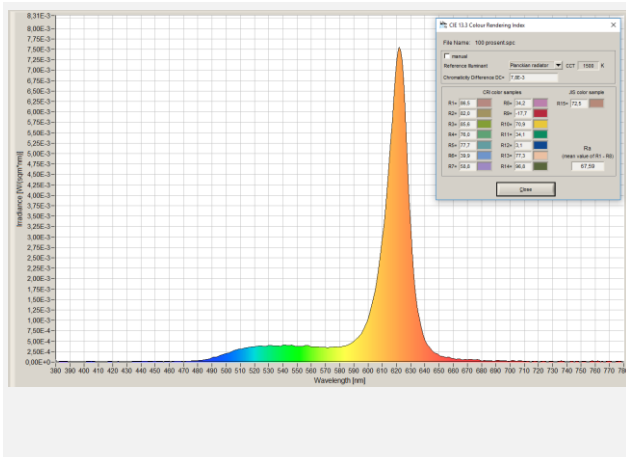
**Dagslyssituasjon gjennom vindu med hvit skjerm**



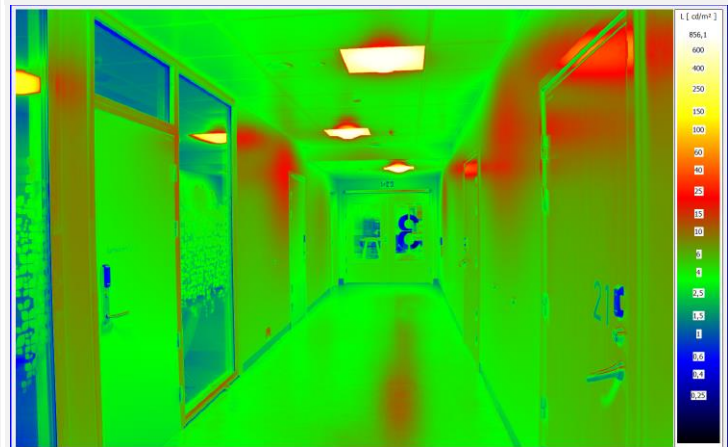
Luminansbilde gjennom hvit skjerm. Luminanser omlag som på PC skjerm



Lave luminanser på overflater. Lyskilder på vegg er godt skjermet



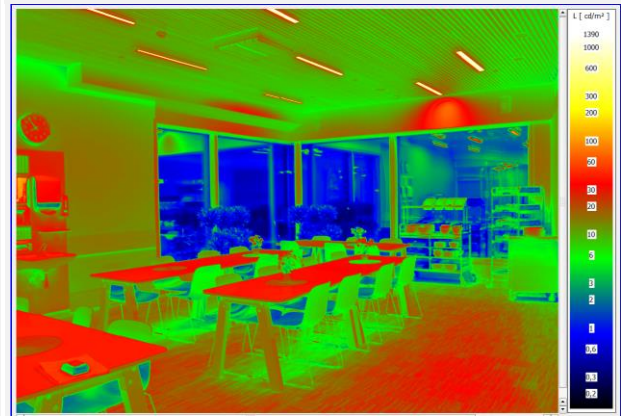
Korridor kveld – nær helt likt beboerrom



Lave luminanser på overflater unntatt der lyset speiler seg i glassvegg



Spiserom dagtid



Luminanser spiserom

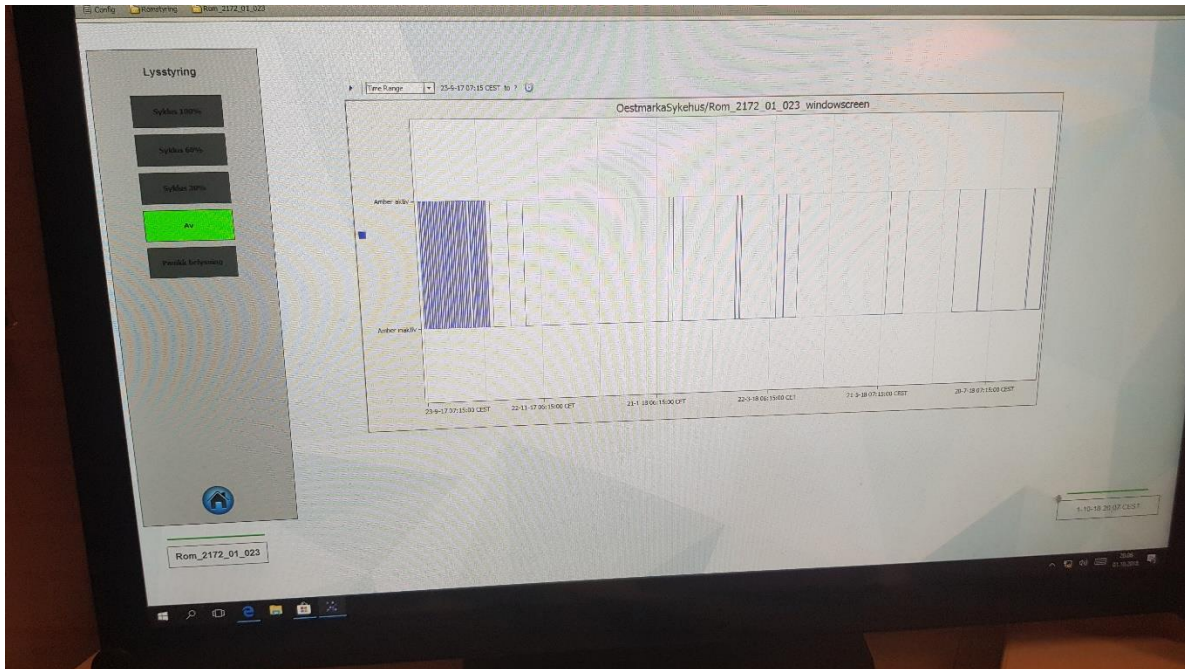
Figur 50, spekter- og luminansmålinger Østmarka

Målinger utført med vanlig lux-meter viser lave belysningsverdier i den perioden av døgnet hvor man ønsker tilpasning mot natt.

Belysningsnivå	Amber målt med lux-meter	Korridor
100 %	60 lx	54 lx
60 %	46 lx	
30 %	27 lx	

Figur 51, belysningsstyrker beboerrom

Figuren under viser et betjeningspanel for belysningen. Her kan de ansatte legge føringer for hvorvidt beboer kan betjene lyset selv eller ikke. Videre kan de ansatte overstyre lyset hos beboer ved behov.



Figur 52, viser «brytere» til venstre og tidsforløp med av/på indikasjon.

### 4.3.1 Tekniske utfordringer

Ved Østmarka har man gjort seg noen erfaringer med teknologien. Det er installert lysarmaturer med mulighet for endring av farge og fargetemperatur. Men det viser seg at det ikke er så enkelt å få «vanlig hvitt lys» all den stund at det er benyttet RGB armaturer, og ikke RGBW som også inneholder normale hvitt lys.

Videre er erfaringen at det er vanskelig å få til individuell styring (i praksis) med den styreløsningen som er valgt. Det er også ønskelig å kunne dimme på individuelt/rom nivå.

Ved Østmarka er det påkrevd med vandalsikkert utstyr. Det sammen med den valgte styresystemet har medført store utfordringer for den tekniske driften.

Erfaringene tilsier at man for framtidige prosjekter må ha en tydelig strategi, for så å følge den. Helse midt skulle helst sett en løsning med KNX som håndterer givere og betjeningsutstyr. Og at DALI kun benyttes til lysstyring. I dette prosjektet er det benyttet en Windows basert PC i tillegg opp mot overordnet Sentral driftskontroll og betjeningspanelene på vaktrommene er i sin tur avhengig av denne. Det er uheldig.

Man skal også merke seg at når belysningen er blitt en integrert del av behandlingen, så må også alt utstyret som betjener dette være forsynt via UPS. Ved Østmarka har man erfart at enkelte komponenter mangler UPS/prioritert forsyning og faller ut ved omlegginger i nettet. Det er ikke akseptabelt.

At man i tillegg har integrert lede-lys på enkelte av de samme armaturene gjør at lede-lyset vil kunne svikte ved behov.



## 5 Bruk av farget lys i andre sammenhenger

### 5.1 Eksempler

#### 5.1.1 Rindal sykehjem

Ved Rindal helsetun er det tatt i bruk belysning hvor man kan skifte farge og fargetemperatur.

Målet er at det skal gi beboere bedre søvn og livskvalitet. «Demente har lett for å småsove seg gjennom dagen og være mye våken om natten. Intenst, hvitt lys gjør kroppen mer våken. Meningen er at de da skal sove mindre på dagen og dermed sove bedre om natten».

Foreløpig er det kun en dagligstue som har fått løsningen installert.



Figur 53 Foto: Eirik Haukenes (montasje) / NRK

### 5.1.2 Aabenraa psykiatriske sykehus (DK)

I Danmark er det installert mange anlegg med døgnrytmelys. Ved Aabenraa er alle ganger og sengerom utstyrt med RGBW. Totalt over 1000 armaturer. Her er det kun i skyllerom, vaskerom, toaletter/garderober, rengjøring, tøylager, avfallsrom hvor det ikke er installert.

I spesifikasjonen var det krav om:

- 6 kanaler (Varm hvit, kald hvit, rød, grønn, blå og amber)
- Ra 85 og mellom 2700-6500 K
- Blåfritt lys til nattlys
- Presis justering av spekter innenfor 410-760 nm.

Det er lagt opp til at betjeningspanel skal kunne ha preinnstilte scener, f.eks:

- Akuttlys
- Arbeidslys
- Beroligende lys
- Avslapningslys
- Våke lys



Figur 54, illustrasjonsfoto av Aabenraa psykiatriske sykehus. Foto/montasje Wikipedia

Det er også lagt opp til at det skal være en fast døgnrytmestyrte lys så lenge dette ikke overstyres.

#### Mock up

Det ble som en del av installasjonen forlangt oppsett av en testinstallasjon ved to av sykehusets rom. Her ble de ulike funksjoner testet ut og verdier satt før programmeringen på hovedleveransen endelig ble fastsatt.

### 5.1.3 Erfaringer med liggetid for folk med depresjon

En studie fra Danmark viser at liggetiden på pasienter med depresjon er vesentlig mindre for pasienter med rom med vindu sør-øst enn for pasienter med rom med vindu mot nord-vest. Spesielt de sør-øst vendte rommene får betydelig mer dagslys enn mot nordvest. Forskjellene er spesielt på vinterhalvåret.

Studien viser at oppholdet varierer fra 29 døgn for pasienter med rom mot sørvest til 59 dager for de med rom mot nordvest.

En av forskerne er Klaus Martiny, klinisk førsteamanuensis fra Københavns Universitet. I følge Martiny er det viktig at man klarer å opprettholde en god døgnrytme, det vil bidra å komme raskere igjennom sykdomsforløpet. Forskerne peker på at døgnrytmelys i framtiden kan bidra for å oppnå denne effekten.



Her et av de mørke sykehusrommene (t.v.), plassert mot nordvest, og et av de lyse rommene (t.h.), plassert mot sørøst. Bildene er tatt på samme tidspunkt, klokken 12.00, ved vårjevndøgn (20. mars). (Foto: Carlo Volf, MAA)

*Figur 55, bilde av rom mot ulik himmelretning. Kilde: Forskning.no*

## 6 Beskrivelse av romtyper

### Prinsipløsninger for ulike romkategorier

I det etterfølgende er det gitt noen beskrivelser og anbefalinger i valg av belysningsløsninger for gitte kategorier av rom i sykehusmiljø. Romkategoriene følger inndeling gitt av «Klassifikasjonssystem for helsebygg, mars 2015»

Inndelingen i klassifikasjonssystemet er ikke alltid helt treffende for inndeling av belysningskrav. Belysningskrav er knyttet til den funksjon rommet har, men også de «arbeidsoppgaver» som utføres. Det er også slik at en romtype kan brukes til ulike oppgaver, herav vil belysningsbehovene kunne variere.

Under er det forsøkt indikert hvilke krav til belysning, i sin alminnelighet, som gjelder for de ulike romtyper. Materialkrav er i hovedsak ikke omtalt.

	Hovedfunksjon	Kommentar
1	Opphold	Vanlige krav til belysning, men det kan være enkelte typer rom hvor det er spesielle behov som må hensyntas. Enkelte rom i denne kategorien kan periodevis ha funksjon som kategori 2 rom.
2	Undersøkelse og behandling	For disse romkategoriene er det spesielle krav til fargegjengivelse, blending og individuell kontroll av belysningen
3	Medisinsk service	Her er det normale krav til belysning, men det kan være enkelte funksjoner/arbeidsoppgaver som må hensyntas særskilt, f.eks laboratorier mv.
4	Ikke- medisinsk service	Vanlige krav til belysning
5	Administrasjon	Vanlige krav til belysning
6	Personalservice	Vanlige krav til belysning
7	Pasientservice	Vanlige krav til belysning
8	Undervisning	Vanlige krav til belysning, men det kan være spesielle krav til belysning, f.eks bruk av skjermframvisning, undersøkelse mv.
9	Tekniske arealer	Vanlige krav til belysning
10	Trafikkarealer	Vanlige krav til belysning, men det kan være spesielle krav til f.eks blending, nattlys og eventuelt døgnrytmelys.
11	Utomhus	Vanlige krav til belysning, med vekt på universell utforming
12	Ledig	Må tilpasses aktuelt eller planlagt framtidig behov

Figur 56, romkategorier. Kilde Sykehusbygg

Med «vanlige krav til belysning» forstås normalt referanser til Lyskulturs publikasjoner (Kap 8) samt relevante europanormer (EN).



## 6.1 Rom for opphold

I det etterfølgende er det gitt noen beskrivelser og anbefalinger for valg av belysningsløsninger for hovedfunksjon «Oppholdsrom». I denne kategorien finner vi rom som

- Sengeområde, barnesengområde
- Observasjon
- Lett overvåking
- Intensiv, barneintensiv
- Dagområde
- Pasienthotell

I denne type rom vil observasjon av pasienten være essensielt. Da er god fargegjengivelse viktig.

Videre vil pasienten ofte være sengeliggende med synsretning mot taket. Det er her viktig å begrense blendingen i forhold til den sengeliggende så vel som for de som sitter eller står oppreist.



Figur 57, Visualiseringer ulike romtyper

Da er det viktig at avskjerming av lyskilden er ivaretatt. Det kan man oppnå ved å anvende armaturer med lav overflateluminans, ved for eksempel å velge armaturer uten blanke reflekterer, ved bruk av indirekte lys eller velge armaturer som fyller et større areal og derigjennom reduserer luminansen fra den lysende overflaten. Eller ved bruk av avskjerming, prismatisk eller annen avdekning.

Normalt vil annet teknisk utstyr medføre at armaturene ikke bør henge ned under himling, men være innfelte. Vertikal belysning er viktig for å skape gode tredimensjonale synsforhold, noe man kan oppnå med supplerende belysning mot vegg. Eventuelt kan man benytte lavtbyggende plafonder med sidelys. Ved seng skal det være godt lese- og undersøkelseslys av typen veggarmatur med opp- og nedlys ofte supplert med leddet armatur festet til vegg/armaturskinne. Orienteringslys, ofte plassert lavt på vegg gjør det lettere å finne frem når øvrig belysning er slukket om natta.

Når det gjelder f.eks barneintensiv skal man være spesielt oppmerksom på at nyfødte barns øyne ikke er ferdig utviklet. Nyfødte barn reagerer annerledes på blått lys enn voksne, og vil dermed ikke adaptere seg like godt på dette. Bruk av LED lys med høy andel hvitt lys (høy fargetemperatur, K) må derfor ikke benyttes.

Når det gjelder f.eks lekerom skal man være spesielt oppmerksom på at barns øyne ikke er ferdig utviklet. De har riktignok et godt syn, dvs at det trenger mindre lys enn eldre, men samtidig er forholdet

mellom sentralsyn og sidesyn ikke som for voksne. Barn vil være mer utsatt ved et belysningsanlegg som blander enn hva eldre pasienter og ansatte vil oppleve.



Figur 58, nattlys/orienteringslys.

I sikkerhetsavdelinger er det spesielle krav til utførelsen og plasseringen av belysningsarmaturer. De må være sikre mot slag og annet hærverk. Det kan i enkelte sammenhenger også stilles krav til materialbruken. Og innfesting av selve armaturen kan være krevende å få til. For eksempel ikke bruk av glass eller metall, men pleksiglass/plast. Bruk av og eventuell plassering av belysningsutstyret så vel som betjeningsutstyr må tilpasses bruken.

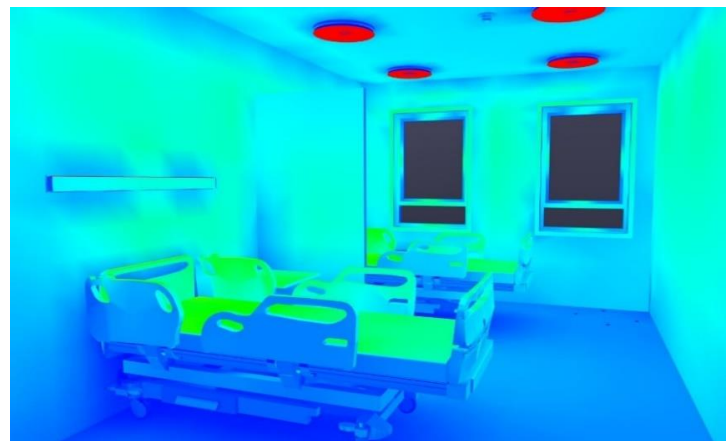
I rom for skjerming er det viktig at de ansatte kan betjene belysningen ut fra situasjonen. Slik sett vil bruk av sentral styring (på rom- eller avdelingsnivå) gjennom bus- eller trådløs kommunikasjon mellom armatur og betjeningspanel være et naturlig valg.

Det må settes strenge krav til nøyaktig plassering og utforming i forhold til den aktuelle romtypen og bruk.

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur CRI (K)	Fargekvalitet Ra (<100)	Dimming	Sensor - Tilstede værelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
1 A og 1 B	Opphold	3000	>90	Ønskelig på rom med seng	Ja	Ja	Lyset må kunne overstyres av bruker	Dagslysstyring kun ved tilstrekkelig dagslysinnslipp. Normalt kun mot syd og vest.	Kan være aktuelt med nattlys
1 A og 1 B	Opphold, veggmontert leddet armatur	3000	>90	Ja	Nei	Ja	Av/på bryter på armatur	Betjenes lokalt. Scener kan være aktuelt. Dagslysstyring om relevant	Dimming ikke nødvendig i alle tilfeller.
1 A og 1 B	Opphold - bad	3000-4000	>80	Nei	Ja	Nei	Manuell på automatisk av		

Figur 59, krav romkategorier 1

Under er vist simuleringer av belysningsløsning med virkelighetsnært bilde til venstre og falske farger for å vise luminanser til høyre.



Figur 60, illustrasjon av ulike renderinger, «reelt» og «luminanser»



Figur 61 Visualiseringer ulike romtyper, tv desinfisering/sluse, th medisinrom



Figur 62, Visualiseringer ulike romtyper, helsesøster overvåkningskontor

## 6.2 Rom for undersøkelse og behandling

Ved valg av belysningsutstyr er det avgjørende at det velges utstyr som letter de arbeidsoppgaver som foregår i rommet slik at disse kan foregå på en sikker måte og at de samtidig bidrar til velvære for de ansatte. For rom hvor det foregår undersøkelser og behandling vil det være svært ulike arbeidsoppgaver som pågår. I enkelte tilfeller er det 1:1 behandling, i andre sammenhenger er det mange ansatte som jobber i team. Det er utførende for belysningsplanleggeren.

- Akuttmottak
- Kliniske spesiallaboratorier
- Legevakt
- Poliklinikk
- Operasjon
- Oppvåkning
- Radiologi
- Familieterapi

Et kjennetegn for denne type rom er at pasienten har relativt kort oppholdstid, mens det kan være fast arbeidsplass til enkelte ansatte selv om disse beveger seg mellom mange rom i løpet av arbeidsøkten.

I enkelte av rommene vil det i tillegg til grunnbelysning være ekstra belysning i form av lys knyttet til utstyr og spesiallys. Det kan være undersøkelses-/operasjons-lampe som kan være mobil eller gjerne er festet på arm fra vegg eller tak. Også belysning i LAF-tak kan gjerne ha spesielle spesifikasjoner, ofte høy fargetemperatur.

Krav til fargegjengivelse er spesielt viktig av hensyn til å vurdere en pasient, samt for å skape velvære for denne og de ansatte. LED kan leveres med høy Ra indeks. Det er ikke alle fabrikanter som tilbyr dette uten videre i sine standardprodukter. Likevel kan det ofte leveres på forespørsel. Det betyr at man må være observant i forhold til å etterspørre en slik kvalitet. Videre må man se til at lyskilden leveres med MacAdam spesifisering (binning) bedre eller lik 3.

Det er viktig å unngå blending, sikre god fargegjengivelse og god rommelighet i belysningen. Vertikal belysningsstyrke må følge anbefalinger gitt i Lux-tabellen fra Lyskultur som er ihht NS-EN 12464-1. Dette er mer utfordrende med LED armaturer som i sin natur har rettet lys og ikke i seg selv er like rundtstrålende som lysrør.



Figur 63, Visualiseringer ulike romtyper, oppvåkingsrom, uten flyttbar skillevegg

De økte krav til belysningsstyrke i slike rom vil enten måtte dekkes av spesialbelysningen eller ved økt lysmengde fra allmenbelysningen. I det siste tilfellet må det settes større krav til linse-, reflektor og avdekningsutforming av belysningsutstyret og aktiv bruk av indirekte belysning mot veggflater. LED downlights er en effektiv løsning som er mye brukt, men som også må ha god avskjerming ettersom intensiteten på den lysende overflaten er høy. Er rommet bestykket med spesialbelysning i form av undersøkelses eller operasjonslamper så kan allmenbelysningen være som normalt.

I rom for kortere tids opphold bør det brukes tilstedeværelsesdetektor. LED er langt mer velegnet til hyppige av og på sykluser, da den yter fullt lysutbytte umiddelbart etter tenning samtidig som at levetiden ikke reduseres av dette.

Mulighet for dimming av grunnbelysningen er mer og mer vanlig. I operasjonssaler og rom for radiologi er det standard. Lysarmaturer med mulighet for dimming koster ikke mye mer enn vanlige armaturer i innkjøp, men det tilkommer kostnader for selve dimmeren eller styresystemet og betjeningspanel.

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor - Tilstedeværelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
2A	Operasjon	3000	>90	Ja	Ja	Nei	Lys slås automatisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter 2t inaktivitet
2A	Oppvåkning	3000	>90	Ja	Nei	Nei	Betjenes av ansatte		God fargegjengivelse for å observere almentilstand
2A	Akuttomtak	3000	>90	Nei	Nei	Nei			God fargegjengivelse for å observere almentilstand
2A	Radiologi	3000	>80	Ja	Ja	Nei			Ikke vanlig med dagslys i slike rom
2A	Laboratorium	3000-5000	>80	Ja	Ja	Ja		Kan være krav til høyt lysnivå og høy fargetemperatur	

Figur 64, krav romkategorier 2

For kontorer er det viktig å følge anbefalingene i Lux-tabellen i forhold til belysningsnivåer mellom arbeidsflaten og omgivelsene. Videre må man ivareta at belysningen ikke skaper reflekser i terminalskjermer selv om dagens skjermer er langt bedre enn tidligere.

### 6.2.1 Operasjonsrom

Omfatter rom for operasjoner hvor god belysning primært skal dekke helsepersonellens behov.

For operasjonsrom er krav til fargegjengivelse viktig. Det må skilles mellom operasjonslampe, belysning integrert i LAF-tak og allmenbelysningen i operasjonsrommet. Samtidig må også belysningen fra de ulike lyskildene harmonere.

På operasjonsrom (inkludert laparoskopi, intervensjon, endoskopi) kan man av hensyn til skjermbruk også ta i bruk «farget» lys. LED er velegnet til dette formål, men man må da benytte en trefarget LED bestykning (RGB), eller supplert med hvitt lys (RGBW) hvor man på betjeningspanelet kan velge fargekombinasjon.

På grunn av hensyn til hygiene er det ekstra materialkrav til belysningsarmaturene. Normal utforming av armaturene som følge av kravene fører ofte til et flatt lys og ekstra armaturer for å ivareta tilstrekkelig vertikal belysning er nødvendig.



Figur 65, Visualiseringer, tv operasjonsstue, midten betjeningspanel for lysfarge (Philips), th Sørlandets sykehus operasjonsrom

Det er ikke uvanlig at belysningen i en operasjonsstue leveres sammen med det medisinske utstyret. Da er det viktig å stille krav til den aktuelle tekniske leverandøren.

Også for bruk i rom for fjerndiagnostikk vil det være behov for andre belysningsløsninger enn de tradisjonelle. Både for god billedgjengivelse og for de som fjern-diagnostiserer vil en justerbar belysningsløsning være helt avgjørende. Da kan en ren RGB belysning eventuelt i kombinasjon med tradisjonell belysning være det riktige valget, alternativt at det benyttes belysningsarmaturer som kombinerer disse to løsningene/teknikkene.



Figur 66, Visualiseringer ulike romtyper, operasjonsstue, Bruk av fjerndiagnostikk. (Viju AS)

#### Krav til belysningsløsning for operasjonsrom.

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor Tilstede	Senor - værelse	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
2A	Operasjonsrom	3000	>90	Ja	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter 2t inaktivitet
	Med mulighet for endring av farger	2700-6500	>90	Ja	-	-	Styres sammen med øvrig lys i stuen	Scenariestyring	
	LAF tak	2700-6500	>90	Ja	-	-	Må kunne dimmes ned til under 1 %		

Figur 67, krav romkategorier 2A



### 6.3 Rom for medisinsk service

- Blodbank
- Apotek
- Ambulansetjeneste
- AMK-sentral

For oppholdsrom som benyttes for å gi blod er det foruten å gjøre det komfortabelt for blodgiveren også viktig at personalet lett finner fram til blodårene. Andelen rødt lys bør derfor være relativt høy av hensyn til å observere huden, det vil si lav fargetemperatur (K). Samtidig må man sikre tilstrekkelig andel kortbølget lys (blått) for å få fram selve blodårene.



Figur 68, Visualiseringer ulike romtyper, venterom

For alarmsentral (AMK) må belysningsanlegg være tilpasset skjermbruk. Plassering av armaturer i forhold til skjermer, overflateluminans på armaturene samt mulig blending fra vindu må hensyntas. Det bør også vurderes benyttet døgnrytmelys for å tilpasses de ansattes døgnrytme på best mulig måte.

For apotek er god lesbarhet på esker og etiketter fortsatt viktig selv om mye av håndteringen skjer ved hjelp av strek-koder og «plukking» foregår mer eller mindre automatisk. Også her er det mye bruk av skjerm og belysningen må tilpasses dette.

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor - Tilstede værelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
3	Blodbank	3000	>90	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Lav fargetemperatur for lettere å finne blodårer	
3	Apotek	3000	>80	Nei	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		
3	Ambulansetjenest	3000	>80	Ja	Nei	Nei			
3	AMK sentral	3000	>80	Ja	Nei			Lav luminans på armatur av hensyn til fare for speiling i skjermer. Plassering av armaturer i forhold til skjermer	Kan vurdere dagrytmelys. Må kunne styres/overstyres av ansatte.

Figur 69, krav romkategorier 3

## 6.4 Rom for ikke-medisinsk service

Belysningen for denne type lokaler vil normalt kunne dekkes opp gjennom generelle krav som angitt gjennom Lyskulturs anbefalinger og veiledninger, samt NS EN 12464.

I disse lokalene, som ofte kan stå tomme over lengre perioder er styring etter tilstedeværelse naturlig. Det finnes flere metoder, både Infrarød (IR) og basert på lyd. Detektering ved hjelp av lyd er noe dyrere i innkjøp, men kan i lokaler med lite støy være godt egnet og kostnadseffektivt gitt at man klarer seg med færre detektorer enn ved bruk av IR.

Det kan være hensiktsmessig å sette relativt lang forsinkelse før lyset automatisk slukker. I rom med vinduer vil manuell «På» og automatisk «Av» bidra til å øke levetiden på utstyret.

- Renhold
- Sterilsentral
- Transport- og portør
- Tøyhåndtering
- Sentrallager
- Sentralkjøkken

På kjøkken vil det normalt være mye blanke flater av rustfritt stål. Lysarmaturer vil derfor lett kunne skape indirekte blanding ved uheldig plassering og må tas hensyn til. På kjøkken er det også viktig med god fargegjengivelse i forbindelse med håndtering av råvarer som kjøtt, frukt og grønnsaker.

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor - Tilstede værelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
4	Renhold	3000	>80	Nei	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter inaktivitet
4	Sterisentral	3000	>80	Nei	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter 0,5t inaktivitet
4	Transport og portør	3000	>80	Nei	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter 1t inaktivitet
4	Tøyhåndtering	4000	>80	Nei	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter inaktivitet
4	Sentrallager	4000	>80	Nei/Ja	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Soneinnde/seksjonere lik at ikke alt tennes ved aktivitet	Dimming kan vurderes sammen med styring
4	Sentralkjøkken	4000	>80	Nei	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter 0,5t inaktivitet

Figur 70, krav romkategorier 4



Figur 71, Blanke overflater i kjøkken kan lett skape blanding



## 6.5 Rom for administrasjon

Belysning for denne type rom bør i utgangspunktet kunne følge veiledninger fra Lyskultur, herunder publikasjon nr 12 – Kontorbelysning.

- Administrative-, sentral- og merkantile kontorfunksjoner
- Trykkeri, Museum



Figur 72, ulike løsninger for belysning i møterom, tv. kombinasjon av direkte og indirekte belysning, th kun indirekte belysning

Belysning i trykkerier følger normalt veiledning for industriarbeidsplasser. For Museer finnes det veiledning fra Lyskultur, men denne er noe utdatert. Belysning må tilpasses lokal utforming.

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor Tilstede værelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
5	Administrative-, sentral- og merkantile	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter inaktivitet
5	Trykkeri, Museum	3000-5000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Aktuelt med spesiell belysning for arbeidsplasser og montre	Auto "AV" etter inaktivitet

Figur 73, krav romkategorier 5



Figur 74, Visualiseringer ulike romtyper, kontor

## 6.6 Rom for personalservice

Belysning for denne type rom bør i utgangspunktet kunne følge veiledninger fra Lyskultur.

- Garderobe
- Kantine
- Rekreasjon
- Overnatting
- Bedriftshelsetjeneste
- Barnehage

For belysning i garderober og bad gjelder spesielle materialkrav, inkludert syrefaste armaturer om det er basseng med klorbehandling. I treningsrom må man også tenke på blendingsfare i forbindelse med øvelser hvor brukeren ligger på ryggen.

Kantiner benyttes i en del tilfeller også til fellessammenkomster, informasjonsmøter mv. For å dekke slike behov må belysningen kunne dimmes og gjerne seksjoneres. Videre vil det være behov for mye lys ved disker etc ( gjerne integrert i kjølemøblene), men belysningsnivåene ved spisebord følger veiledning for rekreasjon/oppholdsrom.

Belysning for rekreasjon anbefales som for romkategori dagområde, 1A-3.

Belysning for overnatting anbefales som for romkategori pasienthotell, 1 A-11.



Figur 75, Visualiseringer ulike romtyper, sengerom og bad

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor - Tilstede værelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
6	Garderobe	3000	>80	Nei	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Unngå blending ved speil	Auto "AV" etter inaktivitet
6	Kantine	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Kunne tilpasses ulik bruk, feshigheter mv	Auto "AV" etter inaktivitet
6	Rekreasjon	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter inaktivitet
6	Overnatting	3000	>80	Nei	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Nattlys aktuelt	Auto "AV" etter inaktivitet
6	Bedriftshelsetjeneste	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	God arbeidsplassbelysning	Auto "AV" etter inaktivitet
6	Barnehage	3000	>80	Ja	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Dimming og dagslys kun i enkelte områder	Auto "AV" etter inaktivitet

Figur 76, krav romkategorier 6

## 6.7 Rom for pasientservice

Belysning for denne type rom bør i utgangspunktet kunne følge veiledninger fra Lyskultur.

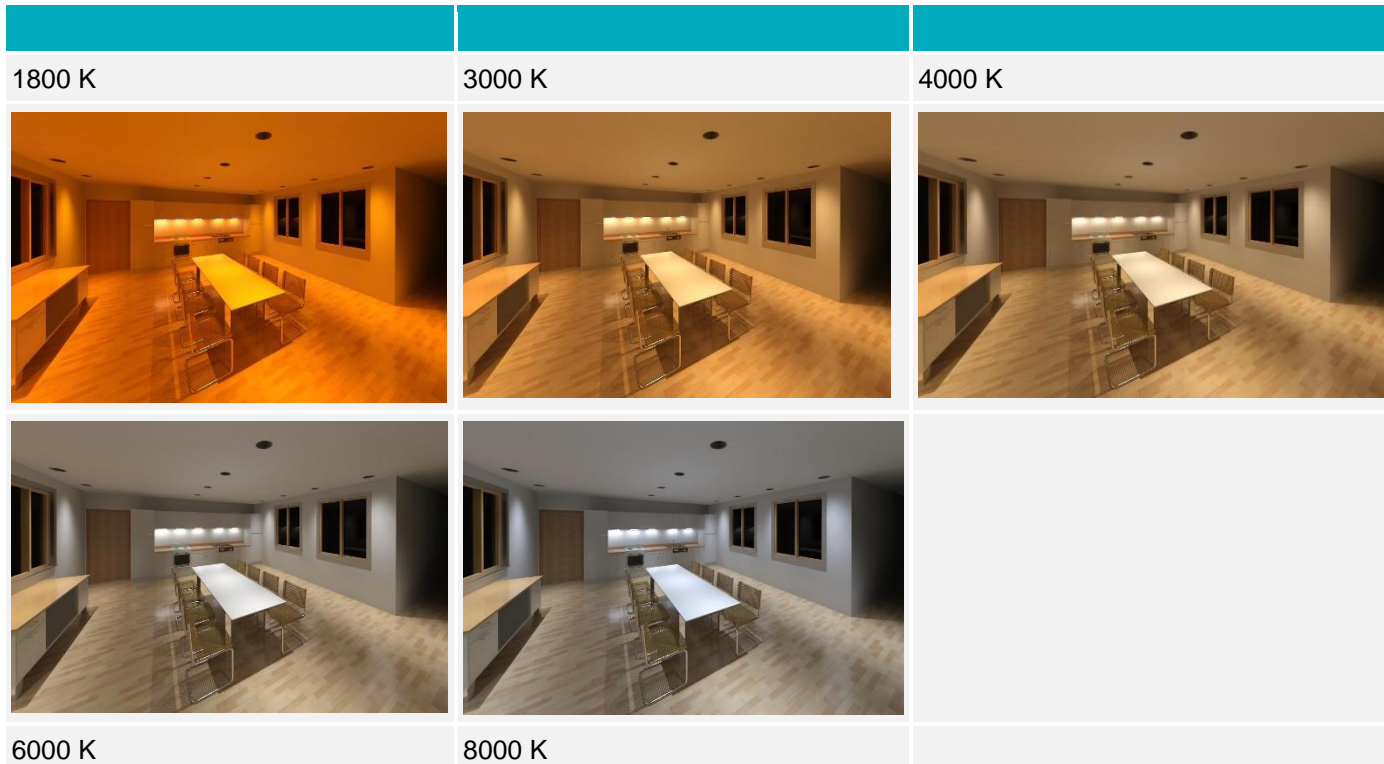
- Pasientbibliotek
- Rekreasjon

Belysningsutforming kan gjøres som for Undervisning (8) (Pasientbibliotek) og Dagområde (1A) (Rekreasjon)

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor - Tilstedeværelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
7	Pasientbibliotek	3000	>80	Nei	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Evt dimming om lokalet benyttes til foredrag mm	Auto "AV" etter inaktivitet
7	Rekreasjon	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Dimming og dagslys kun i enkelte områder	Auto "AV" etter inaktivitet

Figur 77, krav romkategorier 7

Rendingene illustrerer belysningen ved ulike fargetemperaturer. I et slikt miljø vil normalt 3000 K benyttes. Sett i forhold til de andre renderingene kan det virke veldig «varmt». Det er uvanlig å benytte høyere enn 4000 K i vanlige oppholdsrom, men ved bruk av dynamisk lys kan det i perioder være relevant.



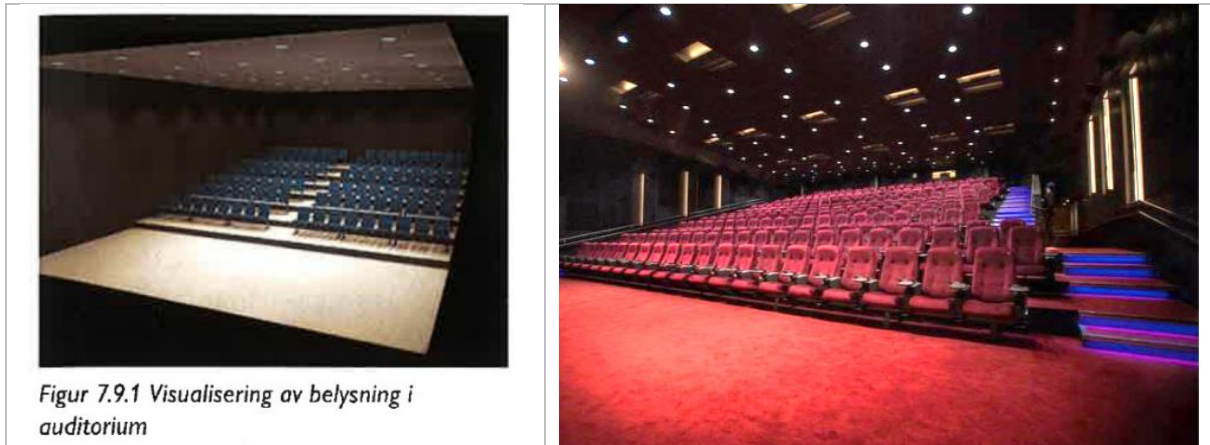
Figur 78, samme rom belyst med armaturer med ulik fargetemperatur, hhv 1800 K, 3000 K, 4000 K 6000 K og 8000 K

## 6.8 Rom for undervisning og forskning

Belysning for denne type rom bør i utgangspunktet kunne følge veiledninger fra Lyskultur, herunder publikasjon nr. 20 - Lys i læringsmiljøer i forhold til kategoriene Forskning og Undervisning.

- Dyrestall
- Forskning
- Undervisning

Belysning til kategori Dyrestall må tilpasses den aktuelle situasjonen og bruken. Det er imidlertid viktig at dyrene får en belysning tilpasset nattlig behov.



Figur 7.9.1 Visualisering av belysning i auditorium

Figur 79, Visualiseringer ulike romtyper (tv Auditorie, Lyskultur, th auditorie foto)



Figur 80, Visualiseringer ulike romtyper; møterom

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor - Tilstede værelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
8	Dyrestall	3000	>80	Nei	Nei	Ja	Må gi dyr naturlig døgnrytme	Belysning må tilpasses bruken	Auto "AV" etter inaktivitet i områder uten dyr
8	Forskning	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Dimming og dagslys kun i enkelte områder	Auto "AV" etter inaktivitet
8	Undervisning	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Dimming og dagslys kun i enkelte områder. Styring tilpasses bruk av skjerm/lerret mv.	Auto "AV" etter inaktivitet

Figur 81, krav romkategorier 8

## 6.9 Rom for teknisk bruk

Belysning for denne type rom bør i utgangspunktet kunne følge veiledninger fra Lyskultur. Slike rom har lett for å bli stående med lyset på uten at de er i bruk. Derfor vil det være naturlig at det leveres deteksjon av tilstedeværelse. For rom hvor det foregår mye vedlikehold vil eventuelt dimming ved inaktivitet vurderes, da får man mulighet til å ta aksjon om man skulle befinne seg i en blindsoner. LED lys som står på hele tiden vil raskt gå utover faktisk levealder. 100.000 timers levetid ved kontinuerlig drift medfører behov for utskifting etter 11-12 år.

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor Tilstede værelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
9	Tekniske rom	3000	>80	Nei	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter inaktivitet

Figur 82, krav romkategorier 9



Figur 83, elektrisk hovedtavlerom med god belysning langs tavlerekke



## 6.10 Trafikkareal

Belysning for denne type arealer bør i utgangspunktet kunne følge veiledninger fra Lyskultur. I trapper, og særlig bitrapper, kan det i mange tilfeller være egnet med akustisk sensor og da gjerne i kombinasjon med at armaturene sender signal til naboarmatur. På den måten vil man unngå at hele trappa tennes om den kun er i bruk mellom to etasjer.

I korridorer hvor man opplever at det blir korridorpatienter, må denne bruken hensyntas. I korridorer er dagslysstyring svært relevant om dagslys er tilgjengelig. Slik styring vil forlenge faktisk levealder på armatur.

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor - Tilstedeværelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
10	Internt trafikkareal	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Dimming og dagslys kun i enkelte områder. Nattdlys i korridorer	Auto "AV" etter inaktivitet 1 t
10	Trapper	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Kan benytte akustisk deteksjon og dimming til 10 % ved inaktivitet før 100 % av etter 15 min.	Dimming og dagslys kun om relevant	Auto "AV" etter inaktivitet
10	Korridorer med sengepasienter	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Dimmes og/eller nattdlys	Dimming og dagslys kun i enkelte områder. Nattdlys i korridorer	
10	Trafikkareal mellom bygg	3000	>80	Nei	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter inaktivitet

Figur 84, krav romkategorier 10



Figur 7.5.1 Visualisering av belysning i korridor



Figur 85, Visualiseringer ulike romtyper, korridorer downlights (tv Lyskultur), th rendering lineær belysning

## 6.11 Utomhus

Belysning for denne type rom bør i utgangspunktet kunne følge veiledninger fra Lyskultur, herunder publikasjon nr. 25 -Belysning av veier, gater og byrom.

- Garasje
- Hage/park
- Landingsplass
- Parkering
- Utomhus opphold
- Sikkerhetssoner og luftgårder (sikkerhetsbygg innen psykiatrien)

For garasjeanlegg kan kombinasjonen deteksjon og dimming være høyst aktuelt. Da kan det også tilrettelegges for seksjonering. Ved at det dimmes blir det ikke «stupmørkt», og det føles trygt å gå fra en opplyst sone mot en neddimmet sone. En slik løsning vil forlenge levetiden på armaturene og på den måten dekke opp for merkostnader langt utover merinvesteringen.

På utendørs parkeringsanlegg og åpne plasser bør det benyttes armaturer som dimmer i perioden 23:00-05:00. Foruten å øke levetiden på armaturene, vil det også være ofte være ønskelig for å redusere lysforurensing mot omgivelsene/naboer.

For utendørsarmaturer som pullerter, lave stolpearmaturer med flere gjelder at LED er velegnet. Man må sikre seg mot at små barn kan kikke rett inn i lyskilden som følge av barnets lave høyde eller lek på bakken. Lys utendørs skal ikke rettes (over horisontalplanet) direkte opp mot himmel av hensyn til lysforurensing. Også for lavsittende belysning er dette viktig, spesielt med tanke på rullestolbrukere og barn.

For utendørs anlegg i tilknytning til sikkerhetsbygg vil veiledere tilpasset militære anlegg og fengsel være aktuelle.

Næringslivets sikkerhetsråd (NSR) har i samarbeid med Lyskultur og arkitekter/rådgivere og andre etater utarbeidet en enkel veiledning.

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor - Tilstede værelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
11	Garasje	4000	>80	Nei/ja	Ja	Ja	Kan være aktuelt med dimming til 10 % ved inaktivitet for 100 % av etter 15 min	Evt kun i soner	Auto "AV" etter inaktivitet
11	Hage/park	3000-4000	>80	Nei/ja	Ja	Fotocelle	Dimming kl 23-05	Evt kun i soner	Auto "AV" etter inaktivitet
11	Helikopterlanding	3000	>80					Følger egne krav	
11	Parkering	3000-4000	>80	Nei/ja	Ja	Fotocelle	Dimming kl 23-05	Evt kun i soner	
11	Utomhus opphold	3000-4000	>80	Nei/ja	Ja	Fotocelle	Dimming kl 23-05	Evt kun i soner	Auto "AV" etter inaktivitet

Figur 86, krav romkategorier 11

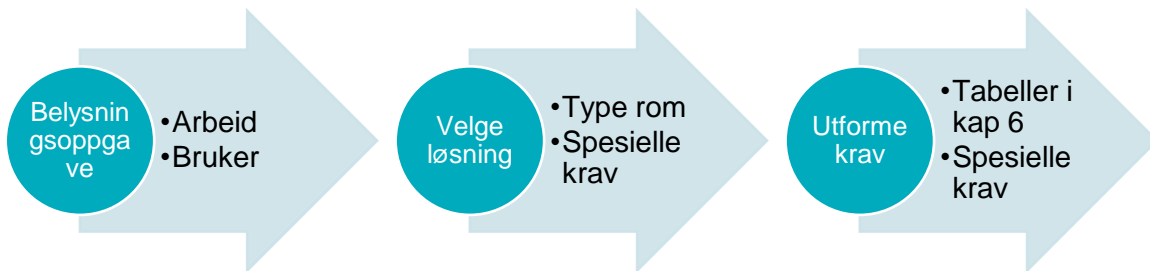
## 6.12 Ikke i bruk

For denne kategorien rom må belysningen tilpasses bruken. Ved midlertidige installasjoner vil behovsstyrt lys for eksempel basert på deteksjon være relevant for å redusere energikostnader.

## 7 Tekniske krav

### 7.1 Prosess for innkjøp av belysningsutstyr

Ved innkjøp av belysningsutstyr kan følgende prosess støttet av denne veilederen være nyttig å anvende. Et innkjøp kan deles inn i ulike faser:



- Definere alle typer rom og beskriv konseptuelle løsninger. (Referert Standardromskatalogen). Gjennomgå alle typer funksjonsrom med representanter for ansatte som skal bruke eller arbeide der. Tilbakemeldinger fra medvirkningsrepresentantene drøftes og innarbeides i konseptet dersom de representerer informasjon som korrigerer oppgaven, eller på annen måte bidrar til bedre løsninger. Gjennomfør samme prosess for korridorer og andre sentrale områder som representantene for medvirkning viser interesse for
- Prosjekter løsningene i tverrfaglig samarbeid med arkitekt og andre faggrupper som disponerer plass i tak/himling
- Spesifiser produktene funksjon, egnethet og kvalitet og «utforme øvrige krav til leveranse». Egne kontrakter for levering av belysningsutstyr er benyttet i flere store nybyggsprosjekter. Kontraktene har da blitt overført (tiltransportert) til entreprenør (el-installatør) for videre håndtering.
- Vær nøye med å beskrive konkurransereglene og følg disse. Kvalifikasjonskriterier og evalueringskriterier skal klart fremgå. Dersom produktbeskrivelsen grupperes, kan vekten av evalueringskriteriene varieres, slik at ikke pris blir for dominerende der egenskapene må telle mest. Anskaffelsesprosessen må dokumenteres nøye og være forberedt på klage og innsyn. Vær oppmerksom på at dersom anskaffelse av belysningsutstyr blir overlatt til en elektroentreprenør underlagt en totalentreprenør, har man mistet kontrollen på kvalitet og kan måtte forhandle i etterkant om endring av produkter som er uegnet, men likevel er del av kontrakten
- Belysningsrådgiver kan bli engasjert til «oppfølging av kontrakt/avtale og eventuelt test, kontroll og målinger etter endt installasjon»

I kapittel 6 er det satt opp forslag til krav. Ved å vise til disse i en forespørsel er det enkelt for leverandør å forstå hva som er behovene og hvilken løsning som vil kunne møte kravene. Det kan være nyttig å vise til aktuell rad i den relevante tabellen/figuren. Se eksempel under:

Romkategori	Romtype	Fargetemperatur	Fargekvalitet	Dimming	Sensor - Tilstedeværelse	Senor - dagslys	Styrestrategi	Spesielle forhold	Merknad
6	Garderobe	3000	>80	Nei	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Unngå blending ved speil	Auto "AV" etter inaktivitet
6	Kantine	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Kunne tilpasses ulik bruk, fesiigheter mv	Auto "AV" etter inaktivitet
6	Rekreasjon	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet		Auto "AV" etter inaktivitet
6	Overnatting	3000	>80	Nei	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Nattlys aktuelt	Auto "AV" etter inaktivitet
6	Berdiftshelsetjene ste	3000	>80	Ja	Ja	Ja	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	God arbeidsplassbelysning	Auto "AV" etter inaktivitet
6	Barnehage	3000	>80	Ja	Ja	Nei	Lys slås auto-matisk av etter lengre periode med inaktivitet	Dimming og dagslys kun i enkelte områder	Auto "AV" etter inaktivitet

Figur 76, krav romkategorier 6

Videre vil bruk av tabell i kap 7.2 bidra til en kvalitetssikring av det utstyret leverandøren tenker å levere. Leverandøren må fylle inn sine data, noe som vil forenkle kontroll av at leverandørens utstyr dekker minstekrav, samt hvordan funksjonalitet, egnethet og kvalitet fremstår i forhold til konkurrentenes produkter.

## 7.2 Eksempel på kravspesifikasjon for en gruppe av armaturer eller enkeltarmaturer.

Tabellen fungerer som en mal, hvor krav justeres etter behovet. Disse er markert med farget skrift. Enkelte felter skal kun fylles ut av leverandør.

Parameter	Angitt i	Krav	Fylles ut av leverandør Skal fylles inn med aktuell verdi for tilbudt utstyr
Lysflux 100 %	lm		
Lysflux ved dimmet 50 % (el effekt)	lm		
Ra	[<= 100]	> 90	
Ra ved dimmet 50 % (el effekt)	[<= 100]	> 90	
Fargetemperatur	[°K]	3000	
Blending UGR <sub>L</sub>	[16-28]	< 19	
Armaturvirkningsgrad	[%]	>85	
Energieffektivitet	[lm/W]	>100	
Installert effekt per armatur	[W]		
Karakteristikk for inrush (første 5 sekunder)	[% av I <sub>n</sub> ]		
Levetid på LED-lyskilden (L80, B50)	[t]	> 60.000	
Levetid på driver	[t]	> 100.000	
Overharmonisk støy ved full drift	[0-100 %]	< 8 %	
Overharmonisk støy ved 70 % drift	[0-100 %]	< 10 %	
Effektfaktor ved full drift, cos phi	[0-1]	> 0,95	
Effektfaktor ved 70 % drift, cos phi	[0-1]	> 0,9	
Lystilbakegang ved 5', 10', 30' og 60.000 t	[%]		Verdier for fire levetider fylles inn
DALI	Ja/Nei		
Dimmbar	Ja/Nei		
Konstantlys, CLO – Nominelt effektforbruk ved 5', 10', 30' og 60.000 t	[W]		Verdier for fire levetider fylles inn
Nedre grense for dimming	[%]	< 2%	
Flimmerfri dimming ved 5 % lysflux	Ja/Nei		

Figur 87, krav til tekniske ytelser på belysningsutstyr, eksempel



## 8 Referanse til andre dokumenter

### 8.1 Beregning av vedlikeholdsfaktor (MF)

Vedlikeholdsfaktor innbefatter flere elementer:

- Lystilbakegang i lyskilde
- Refleksjonsegenskaper i armatur
- Nedsmussig og vedlikeholdsrutiner

Det vises til Lyskultur sine anbefalinger. Disse er å finne på Lyskultur sin hjemmeside, kun er tilgjengelig for medlemmer.

### 8.2 Faktaark LED

Lyskultur har utarbeidet en veiledning vedr kjøp av LED. Veiledningen angir sentrale temaer som man må ha kunnskap om og vurdere ved bruk av LED. Faktaark er å finne på Lyskultur sin hjemmeside for medlemmer.

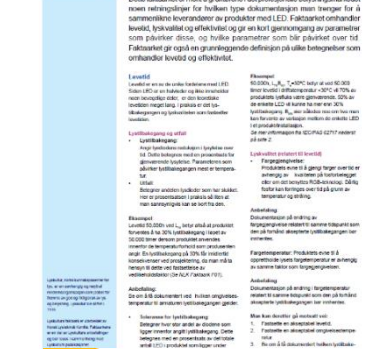
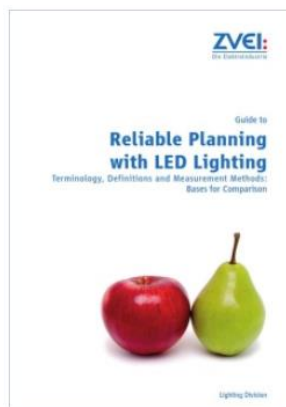
### 8.3 Faktaark LED og flimmer

Veiledning om LED og flimmer. Faktaark er å finne på Lyskultur sin hjemmeside for medlemmer.

### 8.4 Zvei – Veileder for planlegging av LED anlegg

Zvei er bransjeforeningen for tysk elektroindustri. Publikasjonen kan fritt lastes ned.

<https://www.zvei.org/en/press-media/publications/guide-to-reliable-planning-with-led-lighting-revised-2nd-edition/>



### 8.5 Andre referanser

- CIE 205:2013 - Review of lighting quality measures for interior lighting with lighting systems
- NS-EN 12464-1:2011 Lys og belysning - Belysning av arbeidsplasser - Del 1: Innendørs arbeidsplasser

- NS-EN 12464-2:2014 Lys og belysning - Belysning av arbeidsplasser - Del 2: Utendørs arbeidsplasser
- NS-EN 15193-1:2017 Bygningers energiytelse - Energikrav i lysanlegg - Del 1: Spesifikasjoner, Modul M9
- NS-EN 1838:2013 - Anvendt belysning - Nødbelysning
- ISO 14644 - serien
- NS EN 11001:2018 Universell utforming av byggverk - Del 1: Arbeids- og publikumsbygninger
- NS EN 11005:2011 Universell utforming av opparbeidete uteområder - Krav og anbefalinger
- NSR – Sikringsbelysning (2018)
- Figur 20 er generert fra data oppgitt av Cree ihht tabell

## 8.6 Figurer og kilder

Alle figurer er hvor ikke annen kilde er oppgitt opphavsrettslig tilknyttet Norconsult. Det gjelder fotos, illustrasjoner, renderinger, målinger (luminans og spektermålinger)