

Kravställning för LED-armaturer med vitt ljus inom scen- och utställningsbelysning

APPENDIX



EESU

Energieffektiv scen- och
utställningsbelysning

Detta dokument är finansierat av Energimyndighetens forskningsprogram EELYS
– Energieffektivitet inom belysningsområdet och framtaget i samarbete med:



Innehåll

Förord	4
Introduktion	4
 Kapitel 1 – Ljus, ögat och hjärnan	 4
1:1 Ögat	4
1:1:1 Uppfattning	4
1:1:2 Uppbyggnad	4
1:2 Vad är ljus?	4
1:3 Reflektans	5
 Kapitel 2 – LED-belysning, en kort introduktion	 5
Fördelar	5
Nackdelar	5
2:1 Vitt ljus	6
2:2 Skapa vitt ljus med LED	6
2:3 Fotometriska krav för vitt ljus	7
 Information kopplat till bör- och ska-krav	 7
 Kapitel 3 – Modell/typ	 7
3:1 Typ av armatur	7
Spotlight	7
PC	7
Fresnel	7
Profil	8
Flodljus och wash	8
Linjär belysning	8
Följestrålkastare	8
PAR- och reflektorljuskällor	8
Moving head	8
Scanner	8
Några ord om armaturtyper för utställningar	8
3:2 Tillbehör	9
Barndoors	9
Spadar	9
Iris	9
Donut	9
Tophat	9
Linser, reflektorer och spridningsfilter	9
Gobohållare/gobo	9
Filter och filterhållare	9
Bikakeraster	9
Fästeanordning (hakfäste inom teater)	9
Säkerhetsvajer	9
 Kapitel 4 – Ljuskälla/optik	 10
4:1 Ljuskälla	10
LED	10
Glödljus	10
Urladdningsljus	10
Induktionsljus	11
4:2 Armaturljusflöde(Lumen) / Illuminans (Lux)	11
Armaturljusflöde	11
Belysningsstyrka (Illuminans)	11
4:3 Spridningsvinkel/ljusfördelning	11
4:4 Livslängd / Ljusflödesbibehållning	11

4:5 Flimmer, Temporal Light Artefact (TLA)	12	Kapitel 10 – Information kopplat till LED och kamera	23
4:6 Ljusstyrka (luminans)	13		
4:6:1 Ljusstyrka (luminans)	13	Kapitel 11 – Information kopplat till utställningsbelysning	23
4:7 Övrigt	13	11:1 Att ljussätta en utställning	23
		11:2 Kort om bevarande och nedbrytningsprocesser	23
Kapitel 5 – Färgåtergivning/färgprestanda	13		
5:1 Färgblandning	13	Kapitel 12 – Fördjupning: Hur mäter och redovisar vi ljusets egenskaper?	24
5:2 Färgåtergivning och färgtemperatur	14	12:1 CRI, Ra och Re	24
Korrelerad färgtemperatur, CCT	14	12:2 TM-30	24
5:3 IR	15	ANSI/IES TM-30-20	24
5:4 UV	15	TM-30-20 appendix E & F	25
5:5 MacAdam SDCM	15	12:3 CQS	26
5:6 Övrigt	15	12:4 GAI, gamut area index (Rg)	26
		12:5 TLCI	26
Kapitel 6 – Kontroll/styrning/effekter/kalibrering	16	12:6 Våglängdstopp, λ_p	26
6:1 Kanaler	16	12:7 Färgrymd	26
6:2 Protokoll för styrning, kontroll och programmering	16	12:8 Spektrum	27
6:3 Dimring	16	12:10 DUV	28
6:4 Färgåtergivning vid dimring	17		
6:5 Färgåtergivningens beständighet över tid	17	Index Bilder	29
6:6 Övrigt	17		
Kapitel 7 – Temperaturhantering	18		
7:1 Kylning	18		
7:2 Värmeavgivning	18		
7:3 Ljudnivå (dB)	18		
7:4 Övrigt	18		
Kapitel 8 – Elektriska data	19		
8:1 Armatureffekt	19		
8:2 Drivspänning	19		
8:3 Ljusutbyte (lumen per watt, lm/W)	19		
8:4 Övrigt	19		
Kapitel 9 – Konstruktion/mått/montering/installation/garantier	20		
9:1 Anslutningar	20		
9:2 Färg på armatur	20		
9:3 Hållbarhet	20		
Hållbarhet	20		
Ekodesign och Energimärkning	20		
9:4 Kompatibelt skensystem/transformator	20		
Skensystem	20		
9:5 Låsning av höjdlöd och sidled på armatur	20		
Justering av armatur	20		
9:6 Mått	21		
9:7 IP klass	21		
Kapslingsklass	21		
Första siffran	21		
Andra siffran	21		
9:8 Vikt	21		
9:9 Drivdonsbortfall	22		
9:10 Garantier och standarder	27		
Garantier	22		
Standarder och märkning	22		
9:11 Övrigt	22		
Fördjupning	22		

Förord

Appendixen innehåller fördjupad information, bland annat gällande de val som behöver göras i kravställningen. Enskilda ord och uttryck förklaras även i den tillhörande ordlistan.

Appendix och Kravställning är tänkta att användas parallellt.

Introduktion

1. Ljus, ögat och hjärnan

1:1 Ögat

1:1:1 Uppfattning

Det mänskliga ögat kan inte se ljus utom när det kommer rakt in i ögat eller när det reflekteras mot en yta. Ögat registrerar det återreflekterande ljuset och hjärnan tolkar signalen som något vi ser. Detta kallas för perception eller uppfattning.

Har ljuset träffat en yta och infallit i ögat så kan hjärnan analysera och tolka färger, strukturer och former.

1:1:2 Uppbyggnad

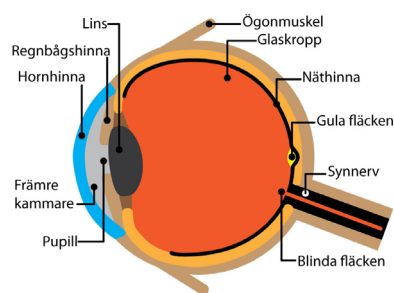
Starkt förenklat kan man tänka sig ögat som en kamera med kamerahus, lins, bländare, sensor, och överföringskabel.

Ljuset passerar hornhinnan och linsen så att fokus blir på näthinnan. Hornhinnan är det skyddande "fönstret" och har en känslig yta som kan trigga blinkreflexen för att få bort eventuellt skräp.

Två tredjedelar av ljusets brytning sker i hornhinnan och detta är en fast brytning. Resterande brytning av ljuset görs i linsen, som är flexibel och ändrar form för att justera avståndet till fokus. Efter att ljuset passerat hornhinnan regleras ljusnivån i ögat genom iris, som motsvarar bländaren på en kamera. När mycket ljus träffar ögat blir pupillen liten, och när ljusnivån är låg blir pupillen större för att släppa in mer ljus.

Ljuset fortsätter genom glaskroppen, den geleartade vätska som fyller ögat, och träffar näthinnan. Näthinnan består av tappar och stavar. Tapparna används för att se färger, medan stavarna uppfattar ljusnivån. I centrum av näthinnan finns gula fläcken med centralgropen som är helt klädd med tappar. Ögat är konstruerat för att skapa en skarp bild i gula fläcken men inte i periferiseendet. Därför rör man ögonen dit man vill se.

Då stavarna saknar färgseende, har man svårare att uppfatta färger i mörker och får även sämre synskärpa. Hos människor finns tapparnas signalprotein i tre varianter som hanterar röda, gröna och blå våglängder. Om alla tre varianterna stimuleras samtidigt upplevs ljuset som vitt. Signalerna från tapparna och stavarna skickas sedan via synnerven till hjärnans syncentrum.



Mänskligt öga i genomskärning

1:2 Ljus och fotometri

Synen är det sinne vi har för att uppfatta ljus. I fysikalisk mening är ljus elektromagnetisk strålning, precis som UV-strålning, mikrovågsstrålning och radiovågor. Det synliga ljuset är den del av det elektromagnetiska spektrumet som vårt öga har utvecklats för att uppfatta. Formellt definierar man det synliga spektrumet som våglängder mellan 380 och 780 nanometer (nm). Det finns dock skillnader mellan individer och vissa personer kan se ett lite bredare spektrum än andra.

Ögat är inte lika känsligt för alla våglängder utan har lättare att se färger i mitten av det synliga spektrumet. För att mäta ljus har man därför skapat ett system som kallas fotometri och som är anpassat efter ögats känslighet. Inom fotometrin har man definierat de specifika fotometriska enheterna candela, lumen och lux som alltså är anpassade till hur människan upplever ljus.

Ju äldre vi blir desto sämre blir vår förmåga att uppfatta ljus. Därför behöver man beakta att äldre människor har ett större ljusbehov.

1:3 Reflektans

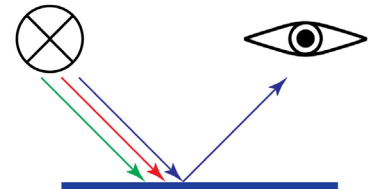
Ljus som träffar en yta kommer reflekteras, transmitteras eller absorberas. Fördelningen beror på ljusets växelverkan med materialet. Ett transparent material släpper igenom en stor del av ljuset medan det mesta ljuset reflekteras mot, eller absorberas av, ett ogenomskinligt material.

Hur vi upplever ett objekts färg och struktur beror på:

- det infallande ljuset
- objektets beskaffenhet, det vill säga hur ljus sprids och reflekteras mot objektet
- omgivningen
- observatören

Ljuset från en ljuskälla består av flera olika våglängder (färger). Vitt ljus består av alla färger. De våglängder som reflekteras mest av objektet, når ögat och registreras av vår hjärna som tolkar signalen som en ljushet och en färg. Gröna växter reflekterar exempelvis mest ljus i det gröna våglängdsområdet medan blå och röda våglängder till stor del absorberas, vilket gör att vi upplever växterna som gröna. En vit vägg reflekterar alla färger men om det infallande ljuset bara består av gröna våglängder kommer vi att uppleva väggen som grön.

Ystrukturen spelar också stor roll för upplevelsen av en yta. En speglande eller glansig yta reflekterar mycket av ljuset i en riktning medan en matt yta sprider ljuset mer jämnt i flera riktningar. En del material, som till exempel pärlmor, reflekterar olika färger i olika riktningar och den upplevda färgen kommer därför att bero på observatörens position i förhållande till objektet.



Reflektion av färg, en blå yta absorberar alla färger utom blått som reflekteras.

2. LED-belysning, en kort introduktion

En lysdiod (eller LED, från engelskans Light Emitting Diode) är en ljuskälla baserad på halvledarmaterial. Den utstrålar ljus inom ett smalt våglängdsspektrum då elektrisk ström flyter i diodens främatriktning.

Genom blå, millimeterstora lysdioder som började framställas i början av 1990-talet lade man grunden till att utveckla vitt ljus för allmänbelysning. Detta skedde först genom färgväxling mellan röda, gröna och blå dioder, därefter huvudsakligen genom att belägga blå högeffektsdioder med en fluorescerande fosforbaserad yta. Metoden är skonsam mot miljön och mycket ljuseffektiv i förhållande till det låga energibehovet. Lysdioder för allmänbelysning används huvudsakligen på två sätt, dels med grupper av lysdioder (moduler) som är integrerade i särskilda LED-armaturer, dels som enskilda ljuskällor utformade som ersättningsljuskällor för glödlampor.

Lysdioder sitter vanligtvis i grupp. En sådan diodgrupp kallas för LED-modul och utgör den egentliga ljuskällan inuti en LED-armatur. Det är modulens sammanlagda effekt och prestanda som vi behöver bry oss om.

Teater- och museiarmaturer är, som de ser ut idag, kompletta LED-armaturer med inbyggd ljuskälla. En sådan armatur är avsedd för och försedd med en speciellt utformad diodmodul.

Fördelar

- Energieffektivitet och livslängd.
- En armatur kan ha fler egenskaper än motsvarande strålkastare med halogen som ljuskälla.
- Låg värmestrålning i ljusriktningen.
- Ingen, eller låga värden av, UV- eller IR-strålning.
- Vid behov kan man själv välja spektrum.
- Lägre pris för underhåll och drift.

Nackdelar

- Det finns ingen standard, vilket gör det svårt att jämföra armaturer från olika företag när det gäller färgåtergivning.
- Det krävs nya hård- och mjukvaror för styrning av mer avancerade armaturer (vanligtvis på teatrar).
- En del armaturer behöver använda många kanaler för styrning (vanligtvis på teatrar).
- Problem med färgåtergivning och färgåktethet.
- Problem med flimmer TLA – Temporal Light Artefacts, på svenska: temporär oönskad störning av ljus.
- Problem med dimring (vanligtvis teatrar).
- Svårigheter med den optiska kvaliteten.



forts. Nackdelar

- Svårighet med värme på vissa armaturer. Värmen behöver ledas bort för ökad livslängd.
- Högre pris vid inköp.
- Högre vikt (gäller teatrar).
- När LED-modulen går sönder behöver man ibland byta ut hela armaturen.

2:1 Vitt ljus

Vitt ljus bildas av alla synliga våglängder i ett fullt spektrum. Vitt ljus kan alstras genom upphettnings av ett material och kallas då med ett samlingsnamn för temperaturstrålare. Exempel på temperaturstrålare är solen, eld, samt glöd- och halogenlampor. LED ingår inte i gruppen temperaturstrålare utan där alstras det vita ljuset på andra sätt. Det är dock viktigt att förstå att alla våglängder inte matas ut i samma relativa proportioner för olika ljuskällor. Vitt ljus som alstras av en temperaturstrålare har en mycket god förmåga att återge alla färger på ett naturtroget sätt, och har färgfidelitetsvärden (till exempel CRI Ra, TM-30 Rf) på 100 eller väldigt nära.

2:2 Skapa vitt ljus med LED

För att skapa vitt ljus med LED kan man använda olika tekniker. Vanligast är att man har en blå eller lila lysdiod försedd med ett lyspulver som omvandlar strålningen till vitt ljus. Andra tekniker är att genom additiv färgblandning skapa vitt ljus, till exempel genom blandning av rött, grönt och blått ljus (RGB).

För scen- och utställningsbelysning tillverkas armaturer med:

- en vit ljuskälla med en bestämd korrelerad färgtemperatur (CCT)
- två vita ljuskällor med bestämda korrelerade färgtemperaturer som brukaren steglöst kan skifta mellan
- tre eller flera färgade ljuskällor som genom additiv färgblandning kan skapa ett ”vitt” ljus.

Exempel på färgblandningar:

- Varmvit, kallvit
- Röd, grönn, blå
- Röd, mintgrön, blå, indigo
- Röd, grönn, blå, vit
- Röd, grönn, blå, limegrön
- Röd, grönn, blå, vit, amber
- Röd, grönn, blå, amber, limegrön
- Röd, röd-orange, mintgrön, blå, indigo
- Djupröd, röd, mintgrön, cyan, blå, indigo
- Röd, grönn, blå, amber, cyan, limegrön
- Röd, grönn, blå, amber, cyan, djupblå, limegrön
- Röd, amber, limegrön, grönn, cyan, blå, indigo
- Djupröd, röd, amber, limegrön, grönn, cyan, blå, indigo

Dessa olika sätt att alstra ljus har sina respektive för- och nackdelar

En LED-armatur med enbart en vit ljuskälla ger oftast bättre färgfidelitet än flera ljuskällor med olika färger som blandas till vitt. En vit LED-ljuskälla blir även mindre till ytan, vilket skapar bättre optiska förutsättningar. Enstaka chip måste dock drivas hårdare och blir inte lika energieffektiva.

En armatur med flera LED-ljuskällor i olika färger skapar fler möjligheter att åstadkomma andra designintentioner än bara hög färgfidelitet. Med en armatur med flera färger kan man uppnå mer subjektiva designintentioner, som att skapa en viss stämning eller framhålla vissa ytfärger framför andra. Dessa flerfärgsarmaturer har en större LED-ljuskälla (på grund av fler dioder i en matris), vilket kan leda till sämre optiska egenskaper. Armaturen kan också bli tyngre och dyrare, samt dra fler kontrollkanaler.

2:3 Standarder för mätning eller rapportering av ljus

CIE har givit ut ett flertal standarder och tekniska rapporter om mätningar av olika fotometriska parametrar, exempelvis för ljusflöde: CIE 084-1989 Measurement of luminous flux, för ljusfördelning: CIE 121-1996 The Photometry & Goniophotometry of Luminaires, för färgåtergivning: CIE 015:2018 Colorimetry, 4th Edition och CIE 224:2017 Colour Fidelity Index for accurate scientific use. Dessa rapporter finns att beställa på CIE:s hemsida.

ANSI har gett ut standarder för belysning inom underhållningsbranschen, exempelvis för utvärdering av färgåtergivning ANSI/IES TM-30-20, För mätning och rapportering av fotometriska prestandadata ANSI E1.41-2016, samt för rapportering av fotometriska prestandadata ANSI E1.9-2007 (R2017). ANSI standarder kan laddas ned gratis från Entertainment Services and Technology Association, ESTA.

Information kopplat till bör- och ska-krav

3. Modell/typ

3:1 Typ av armatur

Ange den typ eller de typer av armatur du är intresserad av. Om man har specifika krav på armaturens funktion är det viktigt att ange vilken typ av armatur man önskar. Har man behov av en viss armaturtyp, exempelvis en "profilarmatur", anger man det som ett ska-krav.

Olika armaturtyper har olika förutsättningar. Vissa slags armaturer är bättre för vissa ändamål, så valet beror på vad man vill uppnå. Ljusfördelningen kan vara symmetrisk, asymmetrisk eller ha en annan form. Be om att ett ljusfördelningsdiagram som visar ljusets utbredning ska ingå i databladet.

För att säkerhetsställa att rätt tillbehör ingår är det viktigt att tillbehören anges. Om du till exempel behöver ha möjligheten att montera färgfilter på armaturerna ska detta anges som ett ska-krav.

Nedan följer de vanligaste armaturtyperna.

Spotlight

Spotlights är ett samlingsnamn för armaturer som skapar ett riktat ljus.

PC

PC-armaturer kan ha två olika linser: plankonvex eller pebble-konvex.

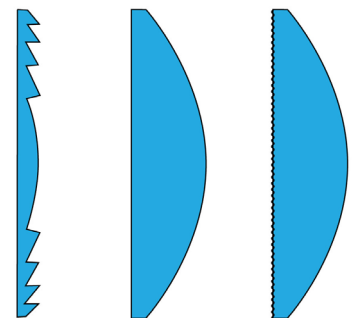
Dessa armaturer har ofta en variabel spridningsvinkel som ändras genom att man flyttar ljuskällan eller linsen. En plankonvex lins är platt på den sida som vetter mot ljuskällan medan den konvexa sidan vetter bort från ljuskällan. En armatur med plankonvex lins ger en mindre avtoning i ljuskäglans kanter än en armatur med en fresnel-lins. Skuggor från belysta objekt med denna typ av armatur är lite skarpare.

På en pebble-konvex lins har den plana ytan små fördjupningar likt ytan på en golfboll. Det ger en mjukare övergång i ljuskäglans kant. Vanliga tillbehör är barndoor och färgfilterhållare.

Fresnel

Fresnelarmaturer har en speciell lins som från början användes i fyror. Denna typ av lins är tunnare och lättare än en motsvarande plankonvex lins. Fresnelens ljuskägla är rund och har en mjukt avgränsad ljusbild. Den lämpar sig väl när man ska använda flera armaturer för att täcka en större yta.

Dessa armaturer har ofta en variabel spridningsvinkel som ändras genom att man flyttar ljuskällan eller linsen. Vanliga tillbehör är barndoor och färgfilterhållare.



Fresnel lins, plankonvex lins och pebblekonvex lins



Plan Convex strålkastare



Fresnelstrålkastare



Profilstrålkastare



Asymmetriskt flodljus



Par-strålkastare



Moving head



Olika typer av utställningsbelysning

Profil

Profilarmaturer har oftast flera linser och därför går det att sätta fokus efter en punkt i armaturen. Det gör att man kan välja mellan att få en skarp avgränsning på ljuskägla eller en mjukare avtoning. Avgränsningen är dock mycket mer markerad i en profilarmatur än i en fresnel. Man kan köpa till ett så kallat frostfilter, en bit plast som gör ljuskägla avgränsningar diffusa. Om armaturen har så kallade spadar kan man beskära ljuset runt det belysta objektet.

Profilstrålkastare finns med fast spridning eller med zoom. En armatur med zoom har en justerbar spridningsvinkel så att man kan ändra storleken utan att beskära ljuset. Profilarmaturer kallas i vissa branscher för konturarmaturer. Vanliga tillbehör till profilarmaturer är gobohållare, iris och färgfilterhållare.

Flodljus och wash

Flodljus är ett samlingsnamn för armaturer som sprider ljuset brett över en större yta.

I ett symmetriskt flodljus breder ljuset ut sig likadant åt alla håll. I ett asymmetriskt flodljus blir ljuset koncentrerat i en viss riktning via reflektorn. Ett asymmetriskt flodljus är användbart om man exempelvis vill belysa en vägg med ett jämnt ljus uppför. Dessa armaturer kan beroende på bransch även kallas flodljus eller wallwasher.

Linjär belysning

Linjär belysning är ett samlingsnamn för långa och smala armaturer. Det kan till exempel vara en ljuslist med många små LED-chip eller lysrör placerade i rad. Linjär belysning kan vara användbar när man behöver ett brett lågintensivt ljus som en fotramp eller som ett dekorelement.

Följestrålkastare

En armatur som i sin utformning är lätt att manuellt rikta om för att följa ett objekt kallas följaktligen för följestrålkastare. De har oftast liknande linssystem och tillbehör som en profilstrålkastare.

PAR- och reflektorljuskällor

PAR står för Parabel Aluminized Reflector. En PAR-armatur är den klassiska rock'n'roll-kannan och består av ett aluminiumhölje som tidigare hade en utbytbar PAR-ljuskälla inuti. PAR-ljuskällan bestod av lins, reflektor och glödljuskälla och fanns i flera olika spridningar. Dessa kunde även kallas för pressglaslampor eftersom hela ljuskällans kropp var i glas. I dag har PAR-armaturerna i stället olika slags konfigurationer med LED-ljuskällor. Andra vanliga reflektorljuskällor, som till exempel, MR16, även kallad multimirror, hade också tidigare halogenljuskällor med reflektor. Numera är även de ersatta med LED.

Moving head

En "moving head" är en armatur som med motorer kan panoreras (vridas) och tillas (vinklas). Styrningen görs från ett ljusbord. Moving heads kan vara av olika typer och ljusutbredning, exempelvis profil, wash eller beam. Motorer och fläktar gör att ljudnivån behöver utvärderas vid inköp av dessa armaturer.

Scanner

I stället för att, som med en moving head, rikta hela armaturen åt ett håll lyser en scanner på en motoriserad spegel. Massan i spegeln är liten vilket gör att det går snabbare att rikta om ljuset. Detta kan till exempel vara populärt på ett dansgolv. Motorer och fläktar gör att man behöver ha ljudnivån i åtanke vid inköp.

Armatyrtyper för utställningar

Armatyrtyperna som används i utställningssammanhang är i stort sett desamma som inom scenbelysning, om än i mindre format. Det kan handla om fresnel, profil och spotlights med fasta eller justerbara spridningsvinklar, gärna med möjlighet till dimring direkt på armaturen eller via styrsystem. Tillbehör som ofta önskas är filterhållare och barndoors.

Inom museisektorn används dock inte färgat ljus i samma utsträckning som inom scenkonsten. Det vanligaste är vitt ljus av hög kvalitet.

3:2 Tillbehör

Ange tydligt de tillbehör som armaturen ska kunna ha. Antingen att de ingår i priset eller att de kan köpas till.

För att säkerställa att rätt tillbehör ingår är det viktigt att önskade tillbehör anges. Man kanske exempelvis behöver ha möjligheten att montera färgfilter på armaturerna. Detta ska då anges som ett ska-krav.

Barndoors

Barndoors används för avskärmning av ljuset. De har oftast fyra blad och används med fördel på fresneller och PC-armaturer.

Spadar

Det sitter vanligtvis fyra stycken spadar i en profilarmatur för att beskära ljuset i raka linjer.

Iris

Iris används i en profilarmatur eller en följespot för att göra en mindre ljuskägla. Den fungerar som en kamerabländare genom att öppnas och stängas i en cirkel.

Donut

En donut är en typ av ringformat bländskydd.

Tophat

En tophat är en typ av bländskydd. Kallas även för "snoot".

Linser, reflektorer och spridningsfilter

Vissa armaturer har utbytbara linser, reflektorer eller spridningsfilter. Dessa tillbehör används för att kunna ändra spridning på armaturen, vilket gör armaturerna mer mångsidiga.

Gobohållare/gobo

De flesta profilarmaturer har plats för gobohållare. Moving heads och scanners har oftast inbyggd gobohållare och gobos som är utbytbara.

En gobo är en schablon i tunn stålplåt eller exempelvis aluminiumbelagt glas. Med en gobo kan man projicera enkla konturer som lövverk eller fönster, men det går även att projicera detaljerade logotyper eller bilder i fullfärg.

Filter och filterhållare

Många armaturer har plats för färgfilter, det vill säga en plastfilm som tar bort olika våglängder i ljuset. Det finns filter med allt från rena färger till korrektionsfilter, som exempelvis förändrar den korrelerade färgtemperaturen (CCT). Det finns även så kallade frostfilter som bryter upp ljuset. Filter med mörka färger blockerar mycket ljus och mattas därför snabbare än "tunna" filter som bara har en lätt färgtoning. På armaturer med ljuskällor som blir mycket varma kan filtren bli spröda och brytas ner snabbt.

De flesta filter är anpassade för glödljuskällor men det finns även filter som är anpassade för LED-ljuskällor. För applikationer där armaturerna kommer att lysa under lång tid finns det färgfilter i tåligt polykarbonat eller i glas.

Bikakeraster

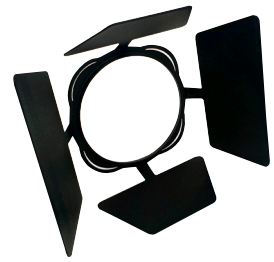
Bikakeraster ser ut som en bikaka och placeras framför reflektorn på en armatur. Rastret minskar risken att bländas av ljuskällan. Det kallas ibland även för honeycomb eller egg crate.

Fästanordning (hakfäste inom teater)

Vanligtvis en krok för att kunna montera en armatur. Finns i många olika modeller, exempelvis klassisk G-krok, super clamp, trigger clamp eller rörklämma.

Säkerhetsvajer

En säkerhetsvajer av stål används för att säkerställa att armaturer som hänger på en hög höjd inte kan ramla ned om den vanliga upphängningsanordningen skulle gå sönder.



Exempel på en barndoor till en armatur



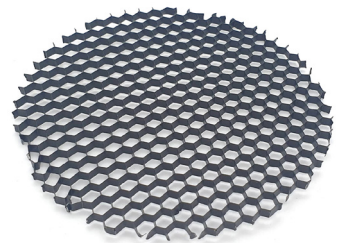
Iris



Exempel på en tophat/snoot till en armatur



Metallgobos.



Exempel på bikakeraster



Exempel på olika ljuskällor. Från vänster: Lågenergiljuskälla, urladdningsljuskälla och halogenljuskälla



Ljuskällor LED Multi-chip



Ljuskälla LED COB

4. Ljuskälla/optik

4:1 Ljuskälla

Ljuskällan är den ljusalstrande delen i en armatur och den kan avge för människan synligt ljus eller icke synlig strålning. Ljuset som avges kan vara fullfärg, det vill säga vitt, eller monokromatiskt, det vill säga enfärgat. En armatur med exempelvis RGBA-teknik (rött, grönt, blått, amber) skapar vitt ljus genom att blanda ljuset från de individuellt färgade LED-chipen.

I kravställningen behöver du ta ställning till om du vill ha en eller flera ljuskällor i armaturen. Under kapitlet färgåtergivning bestämmer du om dessa ska vara vita eller om du tar fram det vita ljuset genom att blanda olika färger.

Elektriska ljuskällor kan delas upp i fyra kategorier:

LED

LED-ljuskällor är det vanligaste förstahandsvalet i dag eftersom de är energieffektiva, har lång livslängd och avger minimalt med IR- och UV-strålning.

Det vetenskapliga namnet är luminiscensljus men belysningstypen kallas oftast för LED, lysdiod eller halvledarljus. Ljuset i en LED-lampa uppkommer genom att ett halvledarmaterial genomkorsas av elektrisk energi. LED är effektivare än andra ljuskällor, såsom glödlampor, eftersom en LED-lampa enbart alstrar ljus i den synliga delen av spektrumet medan mycket av energin i glödlampor går åt till att skapa värmestrålning, som inte bidrar till ljusutbytet.

Eftersom LED-chip oftast är ytmonterade på ett kretskort blir ljuset riktat, vilket är praktiskt när man tillverkar riktade armaturer. Då behöver man inte använda bakomliggande reflektorer på samma sätt som man gör med andra ljuskällor.

När man behöver ett ökat ljusflöde placeras flera LED-chip i kluster. Tidigare var det vanligt med lite större avstånd mellan varje chip. Detta kallas för multi-chip och chippen kan avge vitt eller färgat ljus för färgblandning. Flera ljuskällor som i stället sitter i en rad kallas ofta för linjärarmaturer.

Fördelen med multi-chip är att man får en effektivare kylning samt att det är lättare att erhålla en bättre optik med små ljuskällor. Nackdelen är att man får multipla skuggor som ibland kan störa designintentionen.

Ytterligare en teknik är COB (chip on board) som innebär att flera små chip är tätt placerade i ett kluster med mycket små mellanrum. Det finns även varianter med olika ljusfärger i klustret. COB kan ställa högre krav på linser och reflektorer då den ljusavgivande ytan blir större. Fördelen är dock att antalet linser och reflektorer blir färre än multi-chipteknik.

LED-ljuskällor är ofta en integrerad del av armaturen, till skillnad från tidigare traditionella ljuskällor. Detta gör att ett byte kan vara en komplicerad och dyr reparation. Det finns tillverkare av armaturer som ger en viss garantitid på hela armaturen men en annan garantitid, oftast längre, på själva ljuskällan.

Begreppet "retro fit" används för en modern LED-ljuskälla som kan ersätta en äldre sockelmonterad ljuskälla. Viktigt att tänka på vid byte till en retro fit-ljuskälla är att eventuellt befintligt drivdon och andra delar i armaturen troligtvis redan har en lång drifttid, så det är inte säkert att bytet blir en besparing jämfört med att ersätta armaturen.

Glödljus

En metalltråd blir varm genom att elektricitet strömmar igenom det. Det är själva motståndet i metallen som gör att tråden värms upp. Det glödande materialet avger ljus och metalltråden skyddas i en glaskolv av en gas, exempelvis halogen. En stor del av strålningen från ett glödljus är värmestrålning och enbart en mindre del är synligt ljus.

Urladdningsljus

Genom att skapa en koncentrerad ljusbåge med elektricitet hettas en gasblandning upp och alstrar ljus. Även lysrör är urladdningsljus men med lågt tryck. Kvicksilverånga och argon i röret joniseras så att UV-ljus bildas. När detta ljus träffar lypulvret i röret utstrålas synligt ljus.

Induktionsljus

En gas utsätts för ett högfrekvent magnetiskt fält som får gasen att avge ljus. Detta ljus träffar sedan ett lyspulver så att synligt ljus alstras på samma sätt som i ett lysrör. Induktionsljus är en mindre vanlig teknologi.

4:2 Armaturljusflöde(Lumen) / Illuminans (Lux)

Armaturljusflödet anges som lumen och illuminans som lux. Ange det ena eller båda.

Armaturljusflöde

Den fotometriska enheten för ljusflöde är lumen (lm) och det som mäts är den totala ljuseffekten som en armatur alstrar.

Du kan be om ett specifikt armaturljusflöde eller illuminans. Om man inte vet vilket armaturljusflöde man behöver kan man bestämma vilken illuminans (lux) man vill ha på ytan som ska belysas. I kravställningen under Syfte/beskrivning av behovet bör du då ange avståndet mellan platsen för armaturen och det objekt som ska belysas. Ange även storleken på ytan som ska belysas.

Det totala ljusflödet som armaturen avger anges oftast vid omgivningstemperaturen 25 grader Celsius. Om armaturen har flera LED-ljuskällor ska ljusflödet anges från dessa gemensamt. Inom scenbelysning ligger omgivningstemperaturen oftast runt 40 grader. Det är bra om tillverkarna kan ge en korrekt beräkning av omgivningstemperaturen för scen och utställningar.

Belysningsstyrka (Illuminans)

Enheten för belysningsstyrka är lux (lx) med beteckningen E och avser hur mycket ljus som träffar en yta.

Illuminans beräknas genom att 1 lux är lika med 1 lumen per kvadratmeter (lm/m²). Avstånd till objekt samt storlek på ytan behöver anges under Syfte/beskrivning av behovet för att en återförsäljare ska kunna komma fram till en armaturs ljusflöde baserat på ett önskat luxvärde.

4:3 Spridningsvinkel/ljusfördelning

Ange om spridningen/ljusfördelningen ska vara fast eller möjlig att variera. Behöver linspaketet vara utbytbar? Vilken ljusfördelning önskas? Ange spridningen som ett fast värde eller ett omfång. Ange exempelvis fast spridning 30 grader +/- 5 grader eller zoom med minsta omfång 25–42 grader.

Olika armaturtyper har olika slags ljusfördelning. Ljusfördelningen kan vara rundstrålande eller riktad. Fördelningen kan utöver detta vara symmetrisk eller asymmetrisk och uppnås oftast genom linser, reflektorer eller genom kombinationer av dessa.

Det enklaste sättet att ange ljusfördelningen är att ange armaturens spridningsvinkel, även kallad utstrålningsvinkel. Spridningsvinkeln är det värde där ljuskäglan har 50 procent av sin maximala ljusnivå.

En ljusfördelningskarta eller ljusfördelningskurva är ett diagram som beskriver ljusets utbredning. Be gärna din återförsäljare att skicka med dessa i underlaget.

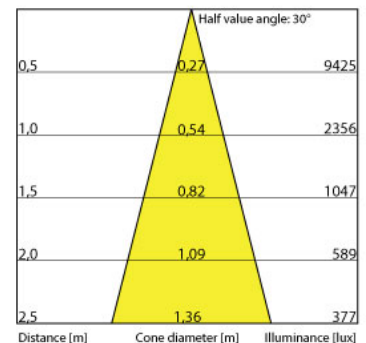
Vissa armaturer kan ha utbytbara linser eller reflektorer för att variera spridningen, medan andra har en inbyggd möjlighet att variera spridningen (zoom).

Gör en bedömning av om det finns behov av att kunna byta spridning och i så fall hur detta ska göras. En zoom-armatur är oftast dyrare än motsvarande armatur med fast spridning.

4:4 Livslängd / Ljusflödesbibehållning

Ange livslängd eller bibehållningsfaktor samt för hur många timmar ljusflödet ska redovisas. Redovisas som L-värde, exempelvis minst 50000h (L70).

En LED-ljuskälla åldras oftast genom en gradvis försämring beroende på hur länge den har varit tänd. Livslängden ska därför redovisas utifrån hur mycket ljus den avger efter en angiven tid. En angivelse på minst 50 000 h (L70) innebär att ljuskällan kan beräknas avge 70 procent av sitt ursprungliga ljusflöde efter 50 000 timmar. Detta är i sig en uppskattning som utgår från mätningar under 6 000 timmars åldring och utifrån standardiserade modeller. Metoden för att beräkna och redovisa livslängd hos LED-baserade ljuskällor beskrivs i internationella standarder



Exempel på ljusfördelningskurva

IEC 62717 Belysningsmateriel – Lysdiodmoduler (LED) för allmänna belysningsändamål – Prestandaforordningar” och IEC 62722-2-1 Prestanda hos ljusarmatur – Del 2-1: Särskilda forordningar på ljusarmatur för LED. Beräkningarna av hur mycket LED-ljuskällan försämras med tiden bygger på den tekniska rapporten IES TM-21.

Begreppet LLMF (Lamp Lumen Maintenance Factor) kommer från Ecodesign-direktivet, och har fått den svenska översättningen ljusflödesbibehållningsfaktor. EU-direktivet kräver att LLMF ska anges på alla ljuskällor. Ofta används också tiden 50 000 timmar som en branschreferens, och en ljuskälla av högre kvalitet anges oftare som 50 000 timmar (L80), vilket betyder att 80 procent av det ursprungliga ljusflödet är kvar efter 50 000 timmar. Alternativet att ange en längre tid för att nå L70 är mer önskvärdt.

Livslängdsberäkningen ovan gäller för själva LED-ljuskällan. Till skillnad från glödlampor, halogenlampor och lysrör utgör drivelektroniken en fundamental del av en LED-armatur, och dess livslängd måste också beräknas och redovisas. LED-ljuskällan försämras långsamt och gradvis medan elektroniken antingen fungerar eller är trasig. Instruktioner om hur drivelektroniken utvärderas och redovisas omfattas av IEC-standarderna ovan.

Det finns idag även en uträkning för bibehållningsfaktor (MF) som räknar samman ljusnedgång, lampbortfall, armaturnedsmutsning och rumsnedsmutsning. Hur man räknar på detta går att läsa om i ”Ljusmallen” med belysningsberäkningar som finns att ladda ned gratis från Ljuskulturs hemsida.

Ibland kan även ett B-värde och ett C-värde anges med L-värdet. B-värdet anger hur många procent av det totala antalet ljuskällor som kommer att uppfylla L-värdet. Exempelvis så har endast 50 procent av antalet ljuskällor kvar sitt ljusflöde på 70 procent efter 50000 timmar (50000 h L70B50).

C-värdet anger hur många procent av ljuskällorna som slocknat efter angiven tid. Ett C-värde på 50 procent är ett vanligt mått på konsumentljuskällor även om det inte alltid anges.

Enligt ekodesigndirektivet ska alla ljuskällor och drivdon vara löstagbara och gå att byta ut. Antingen ska användarna själv kunna göra detta, eller så krävs det professionell hjälp av till exempel verkstäder. Leverantörerna ska tillhandahålla instruktioner om hur och vem som får ta lös ljuskälla och drivdon.

Om det inte går att skruva loss ljuskällan och/eller drivdonet ska leverantören tydligt informera om detta och även förklara varför det inte är möjligt.

Notera att man inte tar hänsyn till färgåtergivningen i L-värdet.

4:5 Flimmer, Temporal Light Artefact (TLA)

Ange om frekvensen (Hz) ska vara justerbar, ligga inom en viss gräns eller över en undre gräns.

TLA, Temporal Light Artefact, är samlingsnamnet på flimmer, stroboskopiska effekter och phantom array-effekter. TLA uppstår genom att själva ljusutbytet i en LED-ljuskälla varierar med kurvan i en våg, exempelvis en sinusvåg. Variationen i den så kallade ljusmodulationskurvan uppstår oftast på grund av drivdon eller dimrar och kan vara olika stor. Ju större kurvor desto högre chans att det är en störningsrisk.

Flimmer (PstLM, Short Term Perceptibility for light modulation) är den synliga ljusvariationen. Att ange gränsfrekvensen är svårt, eftersom människor är olika känsliga, men en frekvens på >140Hz bör vara tillräckligt för att komma över nivån där människor kan se flimmer. Den stroboskopiska effekten (SVM, Stroboscopic Visibility Measure) ligger vanligtvis mellan frekvenser på 80 och 2000Hz. När ljuskällan rör sig, eller när något rör sig i anslutning till ljuskällan, så lämnar ljuskällan efter sig ett eller flera mönster, antingen från ljuset eller från objektet. Stroboskopiska effekter kan vara mycket riskabla i miljöer med roterande detaljer. Om ljusets frekvens sammanfaller med ett roterande objekt kan ögat uppfatta objektet som stillastående. Phantom array är en effekt som uppstår när ögat rör sig snabbt när en eller flera ljuskällor är i blickfånget. Detta gör att en ljuskälla uppfattas som att den har multipla kopior, dessa är ofta även förvridda i formen. Phantom array-effekten uppstår vanligtvis i frekvenser upp till 2 500 Hz. För att få en störningsfri belysning behöver flera aspekter beaktas. Att hålla sig över en viss frekvens garanterar inte att phantom array-effekten uteblir. Några aspekter att ha i åtanke är storleken på kurvan, olika personers känslighet, samt om drivdonen är kompatibla med de existerande dimrarna.

Ett bra sätt att minimera TLA är att köpa armaturer från kunniga återförsäljare och att testa på plats med existerande styrutrustning. Mät gärna även ljusmodulationen på plats med olika dimringsvariationer för att se om kurvorna hamnar nära riskabla gränser. Om man avser att filma produktioner bör man även se till att frekvensen är kompatibel med de kameror som ska användas. Det finns armaturer där frekvensintervallen är justerbara för att fungera med flera olika slags kameror.

Ett annat exempel där flimmer kan uppstå är när lysrör och andra urladdningslampor drivs med elektromagnetiska drivdon. Då uppstår ljusmodulation, med frekvensen 100 hertz (Hz) som vissa personer kan reagera på.

LED som drivs med likström ger ett flimmerfritt ljus.

Utöver störningsrisken kan flimmer från belysning även orsaka problem som ögontrötthet, migrän, huvudvärk och epileptiska anfall. I Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2009:2 om arbetsplatsens utformning, står det bland annat att belysningen ska vara utformad så att besvärande flimmer inte uppstår.

1 september 2021 infördes ekodesignkrav på TLA. Dessa krav bör räcka vid inköp om man inte har specifika högre krav på arbetsplatsen som man vill följa.

4:6 Ljusstyrka (luminans)

Ange önskad candela

4:6:1 Ljusstyrka (luminans)

Enheten för ljusstyrka (intensitet) är candela (cd) och avser hur mycket ljus som strålar från en ljuskälla i en viss riktning. En stearinljuslåga med en diameter på 25 millimeter har till exempel en ljusstyrka på ungefär 1 cd.

Vid mätning av ljusfördelning varierar ljusstyrkan uttryckt i candela i olika riktningar. När ett värde på ljusstyrkan anges är det normalt det maximala värdet i ljusfördelningen som avses.

4:7 Övrigt

Ange andra ska- eller bör-krav inom ljuskälla/optik.

5. Färgåtergivning/färgprestanda

5:1 Färgblandning

Ange önskad färgblandning.

Här har du flera val att välja mellan:

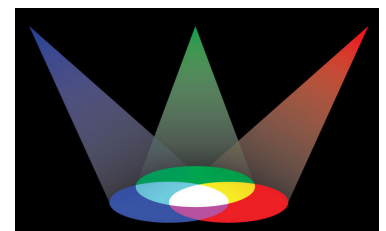
- En vit färg med en bestämd korrelerad färgtemperatur (CCT). Önskas färgblandning måste detta göras genom ett färgfilter, det vill säga en subtraktiv färgblandning.
- Två eller flera bestämda vita korrelerade färgtemperaturer som brukaren steglöst kan skifta mellan (Tunable white).
- Tre eller flera färger som genom additiv färgblandning kan skapa ett "vitt" eller färgat ljus.

När det gäller högre färgtemperaturer kan riktvärdena mellan olika tillverkare skilja sig så pass mycket att man kan uppfatta skillnaderna med ögat.

Det finns många olika system när det gäller färgblandning. Exempelvis RGBA (A=amber), RGBW (W=vit), RBL (L=lime) eller X7 där blandning sker genom sju olika nyanser på ljuskällorna. En blandning av flera färger betyder ofta ett bättre vitt ljus. Ett system med endast RGB kan ha svårt att skapa ett vitt ljus med hög färgåtergivning och kan även göra att enskilda färgnyanser sticker ut. En armatur med additiv färgblandning kan också skapa multipla färgskuggor i till exempel fondljus eller andra belysningssituationer där armaturen behöver vara i nära anslutning till det som ska belysas. Man bör kolla dessa på plats.

Vissa armaturer använder subtraktiv färgblandning genom att använda en vit ljuskälla och filtrera bort färger. En vanlig färgfiltrering är cyan-magenta-gul (CMY).

De färger som över en längre tid används oftare än andra kan börja skifta. Det beror på att lyspulverskikten på LED-chippen bryts ned vid användning. Se mer under kapitel 3:14.



Additiv färgblandning.



Hög respektive låg färgåtergivning

Armaturer som har samma slags färgblandning är vanligtvis mer kompatibla med varandra i färgåtergivningen. Det är svårare att få fram samma färg om den ena armaturen har färgblandning med principen röd-grön-blå och den andra har röd-lime-blå. Läs även kapitel 2:2 Skapa vitt ljus med LED.

5:2 Färgåtergivning och färgtemperatur

Färgåtergivning

Bestäm ett minimumvärde på färgfidelitet från ett eller flera färgåtergivningssystem.

För att ögat ska kunna uppfatta en färg krävs det att ljuset som belyser ytan innehåller de våglängder som färgen består av. Man talar här om färgfidelitet.

Om en röd yta belyses med vitt ljus så kommer endast de röda våglängderna att studsa tillbaka in i ögat. Övriga våglängder absorberas i det färgade materialet. Om ljuset är dåligt på att återge till exempel röda nyanser kommer ytan att upplevas som färglös. För att underlätta valet av rätt ljuskälla har standarder och riktlinjer tagits fram utifrån referensfärger gentemot en referensljuskälla. CRI Ra är troligtvis den vanligaste färgåtergivningsstandarden, men andra värden att notera är TM-30 och TLCI.

Det finns flera sätt att gå till väga för att göra ditt val:

Ett är att utgå från en ljusbild som man föredrar och sedan mäta de färgåtergivningsförmågor som man är van vid och tycker är viktiga. Glöm dock inte att testa armaturerna på plats innan köp. Metoder som CRI Ra, CQS, TM-30 är hjälpmedel men ska inte ses som några absoluta sanningar.

Exempel på krav:

- CRI Ra ska vara ≥ 95 och att R9 (den röda färgen) ska vara ≥ 75 .
- Jobbar man med film eller TV kan det vara att TLCI (TV Lighting Consistency Index) ska vara ≥ 90 .
- CQS (Color Quality Scale) Ri ska vara ≥ 90 .
- Ett eller flera mått från TM-30.

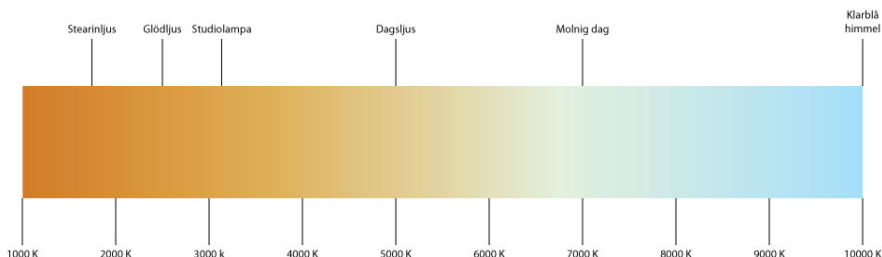
I kapitel 12 finns en genomgång av några olika standarder som finns för färgåtergivning.

Korrelerad färgtemperatur, CCT

Ange önskad CCT i Kelvin(K). Max avvikelse från riktvärde kan anges.

Vita lysdioder väljs i varmvit, vit eller kallvit ljusfärg. Färgen definieras som korrelerad färgtemperatur i enheten Kelvin (K) och har följande ungefärliga indelning enligt standarden SS-EN 12464-1 8: varmvit 2 700–3 300K, vit (neutralvit) 3 300–5 300K och kallvit ≥ 5300 K. Då armaturer ofta har avvikelser från riktvärdena åt ett specifikt håll kan dessa vara intressanta att titta närmare på när man ska matcha olika ljuskällor. Detta då man kan se vissa skillnader. Om armaturen har varierbar färgtemperatur kan man behöva ange önskad färgåtergivning vid en specifik färgtemperatur, eftersom färgåtergivningen kan ändras vid olika inställningar. Någon gång man bör ha i åtanke.

CCT kommer från engelskans ”Correlated Color Temperature”. Det hänvisar till att färgtemperaturen motsvarar ett värde från en så kallad svartkroppsstrålnings radiator. Detta är en teoretisk figur inom fysiken men kan förenklat jämföras med att en varm yta emitterar värmestrålning, på samma sätt som en glödtråd i en ljuskälla. Glödlampor kan anses vara svartkroppsstrålning, deras färgtemperatur följer därför linjen för svartkroppsstrålning i färgrymden, vilket anges med färgtemperatur (Color Temperature, CT). LED kan däremot även ligga utanför linjen svartkroppsstrålning i färgrymden. Då drar man en linje från LED-ljuskällans färgkoordinater, som skär linjen för svartkroppsstrålning i en rät vinkel. Skärningspunkten kallas korrelerad färgtemperatur (CCT).



Exempel på olika färgtemperaturer

Ett lysrör eller en LED-ljuskälla emitterar inte värme likt ett glödljus, men de jämförs också mot den ideala svartkroppsradiatoren.

Om man placerar den uppfattade färgtemperaturen för olika Kelvin i en färgrymd, exempelvis CIE 1931, får man den så kallade Planckian locus eller Plancks kurva.

I bilden bredvid finns värdena för CCT utritade. Se även DUV.

5:3 IR

Ange om IR-strålningen behöver vara under en viss nivå. (Relevant främst för utställningar)

Rekommendationen är att IR-strålning inte ska finnas i armaturer som används i utställningar. IR-ljus befinner sig inom spektrumet 740 nanometer–1 millimeter och ligger därmed utanför den synliga delen av det elektromagnetiska spektrat (380–740 nanometer). Däremot avger IR-strålning värmestrålning, vilket kan påverka föremålen i en utställning.

Olika material absorberar olika mycket värmestrålning. Beroende på material påskyndas nedbrytningsprocessen i varierande grad med exempelvis sprickbildningar eller uttorkning som följd. Tänk också på att en armatur avger värme även utanför själva ljuskäglan, vilket kan höja omgivningstemperaturen i till exempel en monter avsevärt och därmed skada föremål. För säkerhets skull bör IR-strålningen mätas på plats så att armaturerna inte innehåller några skadliga spektrum.

5:4 UV

Ange om UV-strålningen behöver ligga under en viss nivå. (Relevant främst för utställningar.)

UV-strålningen befinner sig inom spektrumet 1–380 nanometer uppdelat mellan UV-C/B/A och har en högre frekvens. UV-strålning är därför mer energirik än det synliga ljuset. Just energin i UV-strålningen gör att den påverkar många föremål på ett skadligt sätt och kan till exempel orsaka blekning av textilier och papper eller sprödhet i plastmaterial. För att vara säker på att få ett så bra ljus som möjligt försöker man i museisammanhang undvika all UV-strålning ner till 400 nanometer för att vara på den säkra sidan. Den största källan till skadlig UV-strålning är dagsljusinsläpp. På andra plats kommer belysningen. Både vad gäller dagsljus och belysning kan man använda olika typer av UV-filter för att begränsa den skadliga effekten. Det finns även armaturer på marknaden som inte avger ljus inom det skadliga spektrat. UV-strålning har dock en viss inverkan på färgåtergivning och till exempel fluorescerande färger fungerar inte tillfredsställande utan UV-ljuset. Precis som med IR-strålning kan man mäta UV på plats för att säkerställa att ingen skadlig strålning finns i ljuset.

5:5 MacAdam SDCM

Ange SDCM om det är av intresse vid upphandlingen. (Relevant främst för museer och offentlig miljö.)

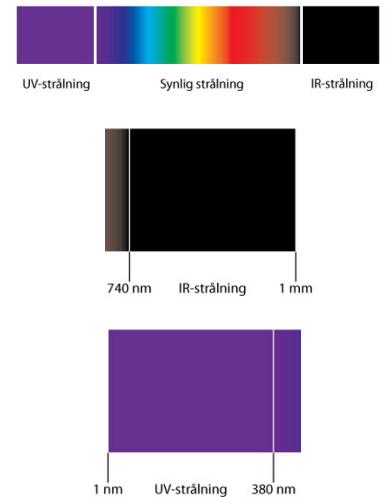
1943 skapade fysikern David MacAdam en skala bestående av färgellipser för att mäta avvikelser i färg: Standard Deviation of Color Matching, SDCM. Denna skala används idag inom belysning för att mäta avvikelse i färgåtergivning mellan olika LED under framställning av en batch. Det gör att man endast kan använda SDCM som riktmärke om man köper armaturer från samma batch.

Färgellipserna fungerar som så att en referensljuskälla används för att räkna ut ellipser. Inom de tre första ellipserna runt ljuskällan är den visuella skillnaden knappt märkbar för ett mänskligt öga. Ju längre ut i ellipserna man kommer, desto större blir färgskillnaderna. Tillverkare håller sig till SDCM 0–4 när det gäller högre kvalitet, men vissa färgnyanser kan börja sticka ut redan i SDCM 3. Inom områden där färgåtergivning är extra viktigt bör man hålla sig till SDCM 0–2. SDCM är till hjälp när man ska ha flera armaturer som ska lysa upp större föremål eller konstverk och där olikhet i färgnyans skulle synas direkt. Färgnyanserna kan även börja skifta när armaturen åldras, vilket gör att en lägre SDCM är bättre som start. Det finns flera ANSI-standarder om SDCM för den som vill fördjupa sig mer inom ämnet.

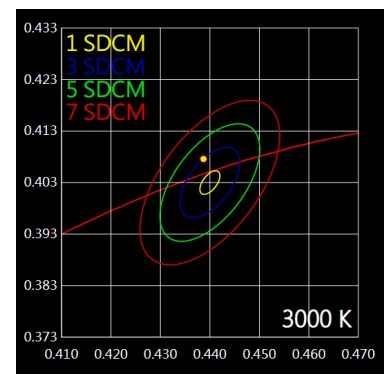
5:6 Övrigt

Ange andra ska- eller bör-krav inom området färgåtergivning/färgprestanda. Önskemål om underlag från en eller flera färgåtergivningsstandarder/riktlinjer.

Här hänvisar vi till kapitel 12 som innehåller information om olika standarder för att mäta färgåtergivning.



UV och IR-strålning i relation till det synliga spektrumet



SDCM MacAdams ellipser

6. Kontroll/styrning/effekter/kalibrering

6:1 Kanaler

Ange max antal kanaler på en armatur.



Digitalt lsubord.

Många armaturer är styrbara via olika protokoll. En kanal har oftast en funktion, exempelvis dimmer eller en färg. Armaturer kan också ställas i olika lägen där man kan välja om armaturen ska kunna kontrolleras via ett färre antal kanaler för grundfunktioner eller fler kanaler för utökad kontroll.

Kontrollen av funktionerna kan variera från en manuell styrning av en dimmer via en potentiometer, till avancerade moving heads med flera hundra DMX-kanaler, där varje individuellt LED-chip kan kontrolleras noggrant. När man planerar för inköp av större mängder nya armaturer bör man kontrollera hur många kanaler det befintliga styrsystemet kan hantera. Säkerställ att det finns tillräckligt många kanaler för att kunna styra den nya armaturens alla funktioner. Om man inte vill att armaturen ska ha några specifika kanaler med funktioner utan endast önskar på- och av-funktion med dimring på själva armaturen: skriv 1.

6:2 Protokoll för styrning, kontroll och programmering

Ange det protokoll eller det sätt som armaturen behöver kunna styras på.

För att kunna styra en armaturs funktioner så finns det många olika styrprotokoll på marknaden. Om man redan har ett fungerande protokoll som täcker behoven bör man se till att den inköpta belysningen är kompatibel med det befintliga protokollet och att antalet kanaler är tillräckligt. Det vanligaste protokollet inom scenområdet är DMX (Digital Multiplex) som hanterar 512 unika adresser. Det är just snabbheten, där adresserna uppdateras 44 gånger per sekund, som gör DMX till ett självklart val inom scenområdet. Många ljusbord kan även hantera fler än ett DMX-universum för att få fler adresser.

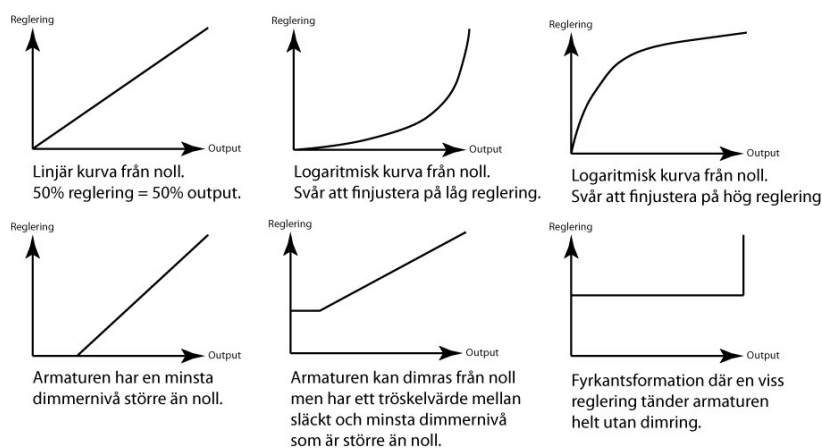
I en traditionell utställning på ett museum är behovet av att reglera ljuset inte lika stort. Där är det vanligast med en lokal dimmer på själva armaturen. I fastigheter och allmänna utrymmen finns det ofta styrning via till exempel Dali, KNX eller Casambi. Andra styrprotokoll på marknaden är Artnet och Philips HUE.

6:3 Dimring

Ange de dimmerkurvor som behövs.

Nivåreglering av ljuset anges i omfång från 0 procent till 100 procent. Dimmerfunktionen kan ha olika kurvor för ljusstyrkan vid en viss dimmernivå. Detta beskrivs som dimmerkurva och är vanligt på armaturer som har någon form av styrning.

Kurvan från 0 procent till 100 procent kan vara linjär men i vissa fall även logaritmisk. Vissa armaturer har även ett nedre tröskelvärde, vilket gör att de inte kan dimmas ner till 0 procent. För att kunna skapa en dimring görs ofta en så kallad modulation. Det innebär att ljuskällan i korta perioder är mer eller mindre släckt. På en traditionell ljuskälla av glödtrådstyp är detta inte ett problem eftersom tråden inte hinner svalna av innan den åter tänds.



Olika typer av dimmerkurvor.

På en LED-ljuskälla däremot kan det vara ett problem. I värsta fall kan kan flimmer eller en stroboskopisk effekt uppstå. Modulation kan även skapa problem för filmkameror och flimret syns då som linjer i bildmaterialet.

Om man inte ska använda armaturen till någonting specifikt där annorlunda dimring är önskvärt brukar de flesta önska att en linjär och kontinuerlig dimring mellan 100 och 0 procent ska kunna göras med armaturen. Dimmerkurvor kan ibland även ändras i armaturens inställningar eller via andra sätt, vilket utnyttjas inom scenområdet.

Många armaturer med LED-ljuskällor kan inte dimras på primärsidan, det vill säga att de inte kan kopplas in på en dimmer. Om detta trots allt görs kan det uppstå skador på armatur eller dimmer. Det är därför viktigt att elsystemet är anpassat efter eventuella nya behov.

6:4 Färgåtergivning vid dimring

Ange ifall du önskar en variation i färgåtergivning/färgtemperatur vid dimring eller om den ska vara konstant.

En vit ljuskälla eller ett system för färgblandning kan variera i färgåtergivning och färgtemperatur vid dimring. Det kan bero på olika positioner i dimmerkurvorna för respektive färg eller på andra tekniska förutsättningar i ljuskällan. Man bör även ha i åtanke att när ljuskällan åldras kan det hända att en eller flera färgnyanser bli sämre. Detta medför att det kan det uppstå ännu mer variationer vid dimring.

Vid neddimring av glödljus sjunker temperaturen på tråden. Detta ger då ett varmare ljus, det vill säga en lägre färgtemperatur. En ljuskälla med glödtråd som matas med maximal spänning ger den CCT som anges på förpackningen. Med LED kan man däremot på vissa armaturer välja om man vill att den ska agera som ett glödljus eller om färgtemperaturen ska förbli densamma även när den dimras. Ljuskällor som sänker färgtemperaturen vid dimring för att efterlikna en glödljuskälla kan ibland kallas för "dim to warm" eller liknande.

Om armaturen har varierbar färgtemperatur bör man ange önskad färgåtergivning vid en specifik färgtemperatur eftersom färgåtergivningen kommer att ändras vid olika inställningar.

6:5 Färgåtergivningens beständighet över tid

Ange önskemål gällande kalibrering eller utbytbar ljuskälla.

Färgnyansen ändras över tid på grund av bland annat nedbrytning av fosforskiktet. Vissa armaturer har kalibreringsmöjligheter så att man kan matcha äldre armaturer med nyare. Det går även att kompensera en del via ett avancerat ljusbord. Om man köper armaturer där det finns kalibreringsmöjligheter bör man kolla vad det innebär. Ibland kan man själv göra detta och ibland måste det göras hos tillverkaren. Om man behöver skicka iväg en armatur till tillverkaren för att kalibrera den kanske man behöver vara utan armaturen en längre tid, i synnerhet om tillverkaren finns i ett annat land.

Se till att det finns en garanti på färgåtergivningens livslängd. Om en armatur har en utbytbar ljuskälla är detta också positivt. Skriv ned de eventuella garantier du önskar i slutet av upphandlingsunderlaget.

6:6 Övrigt

Ange andra ska- eller bör-krav inom området kontroll/styrning/effekter/kalibrering, som t ex:

- intern/extern kontroll,
- Stand alone, Master-Slave
- programmerbara effekter,
- färdiga program,
- extern display,
- antal armaturer som kan anslutas i serie.

7. Temperaturhantering

7:1 Kylning

Om man ska kunna styra fläktarna på armaturen, om det ska finnas automatisk kylning alternativt både och.

Ljuskällor blir oftast mer eller mindre varma. Då värme är den största begränsningen av en ljuskällas livslängd behövs kylning.

Denna kylning kan vara passiv via kylflänsar eller som i många ljusstarkare armaturer en forcerad kylning med fläktar. På vissa scenarmaturer kan fläktarna styras via DMX-signalen medan andra armaturer bara har ett läge.

Fläktarna brukar låta en del även om det oftast finns olika inställningar på ljudnivån. Testa alltid armaturer på plats om ljudet kan bli en störningsrisk.

Ljudnivån på en armatur är oftast kopplat till kylningen. Se även 7:3.

7:2 Värmeavgivning

Ange eventuellt minsta avstånd enligt nedan.

Alla armaturer avger värme. Därför är det viktigt att veta vilket minsta avstånd som behövs till både brandfarliga och upplysta objekt. Dessa avstånd har med eventuell brandfara att göra. Museer behöver även veta värmeavgivningen för att inte skada sköra objekt i utställningarna. Värmeavgivning för en armatur mäts och redovisas inte då miljö och objekt behöver sättas i relation till armaturen. Därför bör man inom utställningar låna några intressanta armaturer och testa dem i rätt miljö för att säkerställa att gränsvärdena hålls.

7:3 Ljudnivå (dB)

Ange maximal ljudnivå för armaturen.

Uttrycks i decibelmeter (dBm) och mäts oftast på ett visst avstånd från armaturen. Armaturer som har en fläkt för kylning eller motorer för olika ändamål bör prövas ut efter de förutsättningar som finns. Hänsyn bör tas till om ljudet hörs av publik eller besökare och om det föreligger någon eventuell störningsrisk för sångare, skådespelare och musiker. Tänk på att decibelskalan är logaritmisk. Ju fler armaturer med till exempel fläktar, desto högre dB. Testa gärna armaturerna på plats med olika inställningar innan köp.

Det finns ingen standard för mätning. Man bör be om mätning inom samma avstånd för alla armaturer. Praxis brukar vara 1 meter ifrån. Det som vanligtvis låter i armaturen är fläkt och motorer. När fläkten sänks i ett tyst läge betyder det ofta att även effekten på armaturen sänks. Enklast är att testa på plats, men till att börja med be om mätning inom 1 meter för olika fläktingställningar. Många tillverkare gör sina mätningar med inställningen "open white". Man bör därför ha i åtanke att det kan bli högre ljud när man använder tex en gobo. Motorerna för andra finesser kan också vara högljudda. Man kan förenkla processen genom att be om en max-dB för armaturen. Man bör även testa på plats och helst med fler än en armatur samtidigt om ljudnivån är en känslig fråga.

7:4 Övrigt

Ange andra ska- eller bör-krav inom temperaturhantering.

8. Elektriska data

8:1 Armatureffekt

Ange maximalt watt på armatureffekt, stand-by-effekt, startström och andra relevanta inställningar.

Armatureffekten anges i watt (W) med symbolen W och avser vanligtvis hur mycket effekt en armatur drar. Armaturer kan även ha angivna mått på stand-by effekt och andra inställningar som kan dra mer eller mindre energi.

Ofta har man en märkeffekt angiven på armaturen, men den handlar oftast om hur mycket nätdelen är dimensionerad för, inte hur mycket energi armaturen i praktiken förbrukar.

Startströmmen kan ibland vara mycket högre än den kontinuerliga driften. Därför är det viktigt att se till att elanläggningen är anpassad. Be gärna återförsäljaren informera om hur många armaturer som kan försörjas på samma strömkrets.

Ibland anges effekten på LED-chipen men då det värdet beror på flera andra faktorer är det viktigare med armaturens maximala effekt i relation till den maximala mängd ljus som armaturen kan alstra, inklusive linssystem eller reflektorer.

8:2 Drivspänning

Ange standardspänning eller andra önskemål.

Anges i volt (V) och har enheten U.

Standardspänning i Sverige är 230 V $\pm$ 10 procent med frekvensen 50 Hz. Även andra val, som växelspanning (AC) eller likspänning (DC), kan göras. Exempelvis 230 VAC 50 Hz eller 12 VDC.

Vissa modulära LED-system för museer, där man har separata drivkretsar för LED-chippen, drivs enligt principen konstant ström (Constant Current, CC) i stället för konstant spänning (Constant Voltage, CV). Designintentionen styr vilket val av drivning som blir lämpligast. Be leverantören att erbjuda för designen anpassat system.

8:3 Ljusutbyte, lumen per watt (lm/W)

Ange eventuella krav på ljusutbyte.)

Ljusutbyte anges i lumen per watt (lm/W) och är ett mått på hur effektiv en armatur är. Ljusutbytet beskriver hur mycket ljusflöde som armaturen alstrar per uttagen effekt. En armatur som ger ett ljusflöde på 2 000 lm och drar 29 W har exempelvis ett ljusutbyte på 69 lm/W.

En armatur kan ha olika effektivitet beroende på de inställningar man har valt.

Beroende på valt sätt att göra vitt ljus, typ av lampa och val av optik, kommer det att visa sig vilken effekt som går åt för att åstadkomma vald belysningsstyrka. När det är klart kan man jämföra lm/W och bestämma om det är acceptabelt.

Observera att ljusutbyte är ett kvantitetsbegrepp som inte tar hänsyn till kvalitetsfaktorer som till exempel färgtemperatur och färgåtergivning. På armaturer som har varierbar färgtemperatur bör det även anges vid vilken kvalitetsfaktor som ljusutbytet ska gälla. Det är inte ovanligt att ljusutbytet är bättre för högre färgtemperaturer och sämre för låga färgtemperaturer.

Ekodesignförordningen EU 2019/2020 reglerar energieffektivitetskrav för tillverkare och importör inom Europa.

8:4 Övrigt

Andra ska- eller bör-krav inom drivspänning



Baksida av en armatur med olika anslutningar



Belysningskena 1-fas



Belysningskena 3-fas



Belysningskena lågspänning



En armatur med skruvlåsning.

9. Konstruktion/mått/montering/installation/garantier

9:1 Anslutningar

Ange önskade anslutningar.

Ange vilken typ av kontaktdon eller kabel som ska användas för anslutning av spänning eller styrsignal.

Det kan vara en kontakt för styrning, exempelvis 5-polig XLR för DMX-signal. Det kan även vara en kabelgenomföring med dragavlastning till en skruvplint.

9:2 Färg på armatur

Ange önskad färg.

Ur ett visuellt perspektiv vill man ibland anpassa armaturens färg och form efter omgivningen. Om inte armaturen säljs i den färg du önskar kan ofta en återförsäljare eller en bra lackerare lacka om den.

9:3 Hållbarhet

Ange vilka delar i armaturen bör vara utbytbara.

Hållbarhet

I ekodesignförordningen EU 2019/2020, som gäller sedan 1 september 2021, anges som krav under artikel 4 att ljuskälla och drivdon ska kunna avlägsnas från en överordnad produkt. Information om hur detta görs ska tillhandahållas av tillverkare, importör eller varumärkesrepresentant. Undantag från förordningen anges i bilaga III och gäller en del armaturer för exempelvis scener eller då det finns en motivering i den tekniska dokumentationen till varför bytet inte är lämpligt. Ekodesignförordningen finns tillgänglig på www.eur-lex.europa.eu. Sök på 32019R2020.

Ekodesign och Energimärkning

I mer än 25 år har energimärkning och ekodesign hjälpt konsumenter att jämföra och välja hållbara och energieffektiva produkter. Energimärkningen är obligatorisk och gemensam för EU-länderna. Parallellt med energimärkning för ljuskällor (EU 2019/2015) finns ekodesignkrav på ljuskällor (EU 2019/2020) gällande färgåtergivning, tillåtna flimernivåer och vilken information som ska finnas tillgänglig vid inköp, till exempel information om färgtemperatur, dimbarhet, livslängd och återvinning.

9:4 Kompatibelt skensystem/transformator

Ange vilket skensystem armaturen behöver vara kompatibel med.

Skensystem

Skensystem ger en flexibel infrastruktur och används ofta i utställningssammanhang, både i lokalerna och i större montrar. Skenorna finns i olika varianter som till exempel med en eller tre faser, med 230 volt, och även mindre lågvoltsvarianter för till exempel 12 volt. De olika systemen har specifika adaptorer för strömförsörjningen och det finns även vissa skenor som har integrerade spår för styrsignal.

Avsätt gärna tid för att planera hur och var skenor ska placeras i lokalen så att förutsättningarna för en flexibel ljussättning blir så goda som möjligt.

Det är en stor fördel om skenor även kan fungera som strömförsörjare till annan utrustning, utöver belysningen, som till exempel en projektor.

9:5 Låsning av höjdlöd och sidled på armatur

Ange önskad låsning.

Justering av armatur

I utrymmen där man ofta byter utställningar eller håller olika evenemang som kräver att man riggar om ljuset ofta, vill man att armaturerna är lätta att arbeta med. Många utställningsarmaturer går att vrida cirka 350 grader runt dess egen axel. Det går också att justera vinkeln i ca 180 grader och låsa armaturen i valt läge. Lösningarna varierar mellan olika leverantörer; vissa använ-

der friktionslösningar, stoppskruvar, spakar och liknande, vilket påverkar hur känslig armaturen är för att behålla sitt läge över tid, samt hur enkelt det är att ändra inställning i utrymmet där armaturen sitter. I nedpendlade skensystem kan det vara särskilt svårt. Om man till exempel har ramat in ett konstverk via armaturens spadar och sedan släpper händerna från armaturen kan det räcka att armaturen rör sig en millimeter för att belysningen ska hamna helt ur läge i förhållande till konstverket. Om det finns ett behov av en eller flera specifika lösningar för att säkerställa att armaturen till exempel inte lätt råkar bli omriktad av besökare som kommer åt den av misstag bör detta anges i kravställningen.

9:6 Mått

Ange önskade maximimått.

Mått anges vanligen i millimeter (mm) eller i centimeter (cm).

Glöm inte att det ofta tillkommer ett hakfäste. Om man ska ha armaturen i en skena bör man notera att höjden gäller upp till skenan inklusive adapter.

9:7 IP klass

Ange önskad IP-klass.

Kapslingsklass

Om armaturen ska monteras i en miljö där damm, korrosiva ämnen, fukt och vatten kan tränga in, är det viktigt att ha en god kapsling för att minska riskerna för elchock och brand.

IP-klasserna är standardiserade och anger nivån på hur apparaten är skyddad mot vatten, damm och inträngande föremål. Klasserna består av två siffror. Första siffran anger hur bra skyddet är mot damm och inträngning av fasta föremål. Andra siffran anger hur bra skyddet är mot vatten. En extra frivillig bokstav kan läggas till som beskrivning av skyddet mot beröring.

En armatur för inomhusbruk bör ha minst IP 20. Önskad kapslingsklass styrs av vad armaturen ska användas till. Om man ska ha den utomhus eller på ställen där besökare kan komma åt den bör man titta närmare på detta. Mer information finns även på Elsäkerhetsverkets hemsida.

Första siffran

- 0 - Inget skydd mot fasta föremål.
- 1 - Skydd mot inträngande av fasta föremål större än 50 millimeter.
- 2 - Skydd mot inträngande av fasta föremål större än 12 millimeter.
- 3 - Skydd mot inträngande av fasta föremål större än 2,5 millimeter.
- 4 - Skydd mot inträngande av fasta föremål större än 1 millimeter.
- 5 - Dammskyddad.
- 6 - Dammtät.

Andra siffran

- 0 - Inget skydd mot vatten.
- 1 - Skyddad mot droppande vatten.
- 2 - Skyddad mot droppande vatten. Produkten får inte luta mer än max 15 grader från normalvinkeln.
- 3 - Skyddad mot strilande vatten. Maxvinkel är 60 grader.
- 4 - Skyddad mot strilande vatten från alla vinklar.
- 5 - Skyddad mot spolande vatten från munstycke.
- 6 - Skyddad mot kraftig överspolning av vatten.
- 7 - Kan nedsänkas tillfälligt i vatten utan att ta skada.
- 8 - Lämpad för långvarig nedsänkning i vatten, enligt tillverkarens anvisning.
- 9 - Skyddad mot varmt vatten med högt tryck.

Exempel:

En armatur med IP20 har ett beröringsskydd med ett provfinger men är oskyddad mot vatten. En armatur med IP68 är dammtät och dessutom tryckvattentät.

9:8 Vikt

Ange maxvikt med tillval.

Anges i kilogram (kg) eller gram (g).



En armatur med skruvlösning.

9:9 Drivdonsbortfall

Ange önskad livslängd för drivdon.

De obligatoriska elektroniska drivdonen för LED kallas omväxlande för driver, konverter, transformator och power supply, men ett gemensamt begrepp för dessa är drivdon. Drivdonen är antingen integrerade i armaturen, på diodmodulen, eller separat monterade intill armaturen för en eller flera armaturenheter. Drivdon behövs för att omvandla 230 V växelspanning till den lågspänning (lågvolt) och likström som dioderna behöver. Drivdonen måste vara av god kvalitet och det är viktigt att de är utvalda och anpassade för respektive armaturenhet och driftmiljö. Dåliga eller felaktiga drivdon kan leda till bristfällig och kortlivad funktion hos armaturerna och dålig effektivitet i anläggningen. Drivdonet är även den vanligaste orsaken till problem med TLA. Läs mer om TLA under kapitel 4:5.

Drivdonet åldras snabbare vid drift vid hög temperatur. Samma gäller vid ett stort antal temperaturcykler mellan uppvärmning och av svalning till rumstemperatur. Ekodesignförordningen använder sig av temperaturcykling för att stresstesta ljuskällor.

Drivdonsbortfall anges som procent per 1 000 drifttimmar. Oftast går drivdonet sönder innan ljuskällan gör det. Därför behöver det finnas en garanti även för drivdon med information om huruvida den är utbytbar.

9:10 Garantier och standarder

Ange önskade garantier/standarder som ska ges/följas.

Garantier

Be gärna om en garanti på det som är viktigt för just ditt inköp och den livslängd som krävs. LED-armaturer förändras ständigt, vilket gör att fem, tio år efter ditt köp kanske just den armaturen inte går att ersätta. Flera tillverkare garanterar att en specifik armatur kommer att finnas i lager/tillverkas fram till ett visst år. Om inte armaturen har utbytbar ljuskälla eller andra viktiga komponenter är det viktigt att veta vad som gäller om någonting går sönder under garantitiden. En garanti är ett frivilligt löfte från en tillverkare eller säljare om att en vara ska fungera över en viss tid. Omfattningen av garantier ska avtalas, exempelvis genom ett köpeavtal.

Försäljning mellan företag och företag (B2B) regleras i Köplagen (1990:931) men lagen är dispositiv, det vill säga inte tvingande utan kan förhandlas bort i ett avtal).

Försäljning mellan företag och konsument (B2C) regleras i Konsumentköplagen.

Standarder och märkning

CE-märkning och EU-försäkran är en bekräftelse på att produkten följer europeisk lagstiftning och uppfyller kraven i respektive direktiv, exempelvis hälso-, miljö- och säkerhetskrav.

Ljuskällor och armaturer ska ha energimärkning och man bör se till att de följer den senaste ekodesignförordningen. Mer om dessa kan man läsa på Energimyndighetens hemsida.

Om man vill att vissa specifika standarder ska följas kan man hänvisa till dessa. Europeiska och internationella standarder gällande belysning finns att köpa från Svenska institutet för standarder SIS, SEK Svensk Elstandard samt Ljuskultur. Under respektive organisation kan man även själv engagera sig i standardiseringsarbetet.

ANSI standarder som hänvisas till ibland i detta dokument är amerikanska standarder som är gratis att ladda ned från the American National Standards Institute, ANSI.

9:11 Övrigt

Andra ska- eller bör-krav inom konstruktion/mått/montering/installation/garantier är t ex:

- Lagring och omhändertagande av armatur.
- Tidräknare för varje LED.
- Fabriksåterställningsmöjligheter
- Uppgraderingsbar firmware
- Upphållningsalternativ
- Orientering – vridbar pan/tilt

Fördjupning

10. Information kopplat till LED och kamera

Om man vet att man ska filma föreställningar, eller använda de inköpta armaturerna specifikt för att filma med, behöver man känna till vilken frekvens (Hz) som armaturen har och vilka frekvenser som filmkameran kan hantera. Detta för att inte flimmer eller andra fenomen uppstår i bilden. Ett bra alternativ är att köpa in armaturer med justerbar frekvens. Kontrollera innan köp att det inte uppstår några problem i bilden när armaturen dimras.

Man bör här även titta på färgåtergivning/spectrum för att säkerställa att armaturerna inte är alltför låg i något specifikt färgomfång. Vi föreslår att man laddar ned TLCI (Television Lighting Consistency Index) från EBU, European Broadcasting Union samt gärna pratar med en tv- eller filmlyssättare som har mer ingående kunskap om detta.

Läs mer om flimmer och TLA under kapitel 4:5.

11. Information kopplat till utställningsbelysning

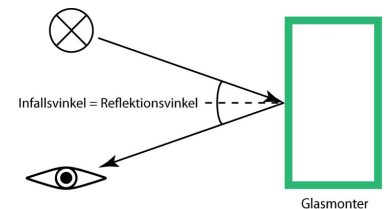
11:1 Att ljussätta en utställning

Som ljussättare i en utställningsmiljö måste man ta hänsyn till reflekterande ytor som till exempel glasmontrar. Man brottas även med att försöka skapa en scenografisk miljö som lyfter utställningen och berättelsen. Samtidigt måste man tänka på att ljuset inte ska skada de föremål som visas. Det gäller att hitta lösningar som tillgodoser både behovet av att bevara och av att visa upp museiföremålen. Utöver detta måste man även tänka på tillgängligheten i utställningen. Om man eliminerar reflektioner i en glasmonter för vuxna personer kanske den blir mindre tillgänglig för barn och för personer som sitter i rullstol.

En annan aspekt är olika människors behov av ljus och äldre behöver i allmänhet mer ljus än yngre för att se bra. Man brukar säga att en person i 60-årsåldern behöver ungefär dubbelt så mycket ljus som en person i 20-årsåldern och dom vanligaste besökargrupperna på museerna ligger mot det övre spannet.

11:2 Kort om bevarande och nedbrytningsprocesser

Ljus kan skada objekt på olika sätt: fotokemiskt, genom värmestrålning, eller genom att gynna tillväxt av biologiska organismer. För att minimera skador behöver man ha kunskap om materialets kemiska uppbyggnad, vilken exponeringstid och ljusstyrka som man tänker använda, samt ljuskällans parametrar. För att på bästa sätt anpassa val av ljuskälla till en utställning bör man använda sig av standarden SIS CEN TS 16163 2014 EN för att göra en uträkning av vad man måste ta hänsyn till gällande bevarandaspekten. Standarden är förbetald av Riksantikvarieämbetet och finns för gratis nedladdning från Svenska institutet för standarder, SIS.



Vid belysning av en glasmonter eller en tavla med skyddsglas kan det finnas risk att betraktaren bländas.



Solljus som mattat färger



Referensfärgerna inom CRI Ra



Referensfärgerna inom CRI Re

12. Hur mäter och redovisar vi ljuset egenskaper?

12:1 CRI, Ra och Re

Ra-metoden bygger på jämförelser av åtta utvalda referensfärger som belyses med testljuskällan och en idealisk referensljuskälla i samma färgtemperatur. Naturlig färgåtergivning med högsta index 100 gäller för dagsljus, liksom för glödljus från glödlampor och halogenlampor. Metoden har vissa brister, bland annat kan man inte utläsa hur varje testfärg förändras. Ljuskällor med samma färgtemperatur och Ra-index kan upplevas som att de återger färger olika. De utvalda åtta referensfärgerna kritiserar ibland för att vara alltför medelmåttade och bleka pastellfärger. Ra-metoden kan med fördel kompletteras med sex utvalda, mättade kulörer som tagits fram för att bilda CRI Re (e står för extended). Ett exempel är referensfärgen R9 som är starkt röd och ofta används som komplement tillsammans med CRI Ra, exempelvis Ra=94 (R9=52). CRI är ett mycket vanligt redovisningsindex för färgåtergivning. På grund av dessa begränsningar är rekommendationen att i stället använda en annan standard där fler färger ingår, eller att använda en annan standard som komplement till Ra-värdet, exempelvis ANSI/IES TM-30.

12:2 TM-30

ANSI/IES TM-30-20

Technical Memorandum-30 (TM-30) är ett beräkningsramverk för utvärdering av färgåtergivningsprestanda som har tagits fram av det amerikanska belysnings-sällskapet IES, Illuminating Engineering Society of North America, i samarbete med ANSI, American National Standards Institute.

Med det ökade utbudet och övergången till SSL, Solid State Lighting, under 2000-talet, samt på grund av att LED har medfört ökad spektral mångfald, krävs en utökad specifikationsram för att kunna utnyttja LED:s fulla potential. Utgångspunkten är att det fanns ett behov av att sammanföra flera relaterade forskningsinsatser och befintliga idéer till ett system för specificering och klassificering av färgåtergivningsprestanda.

En mängd problem hade iakttagits med CRI:

- Felaktiga och föråldrade beräkningsgrunder.
- Inte uppdaterad i enlighet med nya rön inom färgvetenskap.
- Enbart fokuserad på fidelitet.

Arbetet startade 2013 som ett konsensusprojekt där all samlad ny och gammal vetenskap inom färgvetenskapen och berörda discipliner togs i beaktande. 2015 presenterades IES TM-30-15 TM-30 som kunde ersätta och komplettera CRI med fler data.

TM-30 Rf har stått modell för CIE 224:2017, vilket är CIE:s Rf och de är, sedan TM-30-18, i stort sett samma sak.

TM-30-beräkningsramverket bygger på:

- CIE 1964 10-graders färgmatchningsfunktioner.
- CAM02-UCS färgrymd.
- CCT definieras utifrån referensljuskällan.
- 99 färgutvärderingsprover (CES).

De 99 färgutvärderingsproverna (CES) är spektralreflektansfunktioner för existerande objekt. Dessa färgprover, eller delmängder av dem, används vid beräkning av alla mått som ingår i TM-30. Dessa standardiserade färgprover möjliggör konsekventa och effektiva förutsägelser om hur en ljuskälla kommer att påverka färgutseendet i en riktig miljö.

99 CES utvecklades speciellt för TM-30 från mer än 100 000 objektspektrala reflektansmätningar, som tidigare har dokumenterats i vetenskaplig litteratur. TM-30 ger globala snittvärden för fidelitet och gamut, men ger också en grafisk representation av flera olika parametrar, som lokala snittvärden för mättnadsförskjutning, kulörtonsförskjutning, lokal färgfidelitet, samt provspecifika värden, det vill säga varje enskilt färgprovs fidelitetsvärde (99 stycken).

TM-30-20 appendix E & F

Det finns ett utvärderingshjälpmedel som erbjuds i TM-30-20, nämligen appendix E och F. Hjälpmidlet utgörs av en matris med 3 x 3 rutor. Horisontellt redovisar man designintentionen – syftet

- Preferens (P) (Preference)
- Livfullhet (V) (Vividness)
- Färgfidelitet (F) (Fidelity)

		Designintention (Den önskade effekten av färgåtergivning på den upplysta miljön)					
Prioriteringsnivå	1	Preferens (P) Preference (P)		Livfullhet (V) Vividness (V)		Fidelitet (F) Fidelity (F)	
		P1	Rf ≥ 78	V1	Rg ≥ 118	F1	Rf ≥ 95
			Rg ≥ 95		Rcs, h1 $\geq 15\%$		
			-1% $\leq$ Rcs, h1 $\leq 15\%$				
	2	P2	Rf ≥ 75	V2	Rg ≥ 110	F2	Rf ≥ 90
			Rg ≥ 92		Rcs, h1 $\geq 6\%$		Rf, h1 ≥ 90
			-7% $\leq$ Rcs, h1 $\leq 19\%$				
	3	P3	Rf ≥ 70	V3	Rg ≥ 100	F3	Rf ≥ 85
			Rg ≥ 89		Rcs, h1 $\geq 0\%$		Rf, h1 ≥ 85
			-12% $\leq$ Rcs, h1 $\leq 23\%$				

Tabellanteckning: Alla kriterier förutsätter en polykromatisk miljö med en genomsnittlig horisontell belysningsstyrka mellan 200 och 700 lux och enhetlig kromaticitet.

Färgpreferens (P)

Avsikt att skapa en behaglig miljö som ser naturlig ut. Färgpreferens kan vara den dominerande avsikten med färgåtergivning i detaljhandeln, i kontors-, hotell- och bostadsbelysning samt vid scen- eller utställningsljussättning.

Color Vividness (V)

Avsikt att skapa en livlig/mättad scen, oavsett om det ser naturligt ut eller inte. Color Vividness kan vara den dominerande avsikten med färgåtergivning i specifika applikationer för underhållning, display eller detaljhandel.

Color Fidelity (F)

Avsikt att uppnå ett naturtroget färgutseende, vid samma ljusstyrka som referensbelysningsmedlet. Color Fidelity kan vara den dominerande avsikten med färgåtergivning i tillverkning, medicinsk färgmatchning eller färgåtergivning.

Varje designintention innehåller tre prioritetsnivåer – vertikalt, nivåerna 1–3, varav 1 är den högsta eller mest restriktiva som indikerar kriteriernas stringens. Högre nivåer ökar sannolikheten för att uppnå designens avsikt, medan lägre nivåer erbjuder flexibilitet för att ta hänsyn till andra överväganden, som till exempel energieffektivitet.

Matrisen ovan visar de rekommenderade specifikationer för färgåtergivning som först publicerades i bilaga E. Varje specifikation innehåller ett till tre mått.

Alla mått har en nedre gräns och en övre gräns läggs till för Rcs, h1 för specifikationerna för färgpreferens.

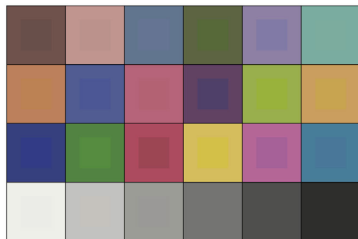
På grund av sambandet mellan olika mått är andra övre gränser underförstådda. För att uppfylla specifikationen måste alla kriterier i en cell vara uppfyllda. Prioritetsnivåerna inom en designintention är relaterade så att alla ljuskällor som uppfyller en specifikation med högre prioritetsnivå också uppfyller specifikationerna för den lägre prioritetsnivån för samma designintention.

P1 V2 F3	P2 V1 F-	P3 V1 F-	P- V1 F-
P1 V2 F-	P2 V2 F-	P3 V2 F-	P- V2 F-
P1 V3 F1	P2 V3 F-	P3 V3 F-	P- V3 F-
P1 V3 F2	P2 V- F1	P3 V- F3	P- V- F-
P1 V3 F3	P2 V- F2	P3 V- F-	
P1 V3 F-	P2 V- F3		
P1 V- F1	P2 V- F-		
P1 V- F2			
P1 V- F3			
P1 V- F-			

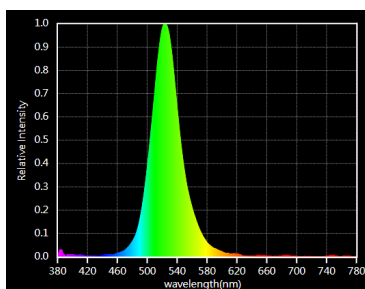
2-PVF möjliga PVF



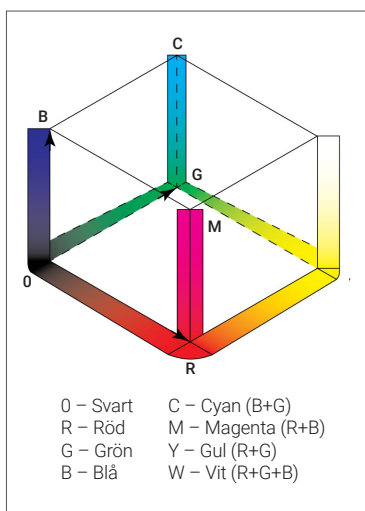
Referensfärgerna inom CQS-systemet



Uppmätta färger och referensfärger inom TLCI-systemet



Våglängd topp



Exempel på en färgrymd

Var och en av de nio individuella specifikationerna kan representeras av en kod med två tecken som kombinerar designintentionen och prioritetnivån (till exempel P1), såsom visas i figur xx.

I situationer där inget krav finns för en given designintention kan ett streck användas i stället för prioritetnivån, som i P-. Dessa koder ger en bekväm förkortning som är avsedd att förenkla kommunikationen av specifikationer för färgåtergivning baserat på TM-30.

12:3 CQS

CQS använder 15 djupa referensfärger ur Munsell-skalan. Dessa färger är inte desamma som för CRI. Detta index har en skala från 0 till 100.

12:4 GAI, gamut area index (Rg)

GAI är ett värde som anger om en ljuskälla återger färger på ett saturerat eller osaturerat/svagt sätt. En ljuskälla kan ha hög färgåtergivning men ändå återge färger dåligt. Det är lämpligt att en ljuskälla har ett GAI-värde runt 100.

Medan färgåtergivning endast kan ha ett värde om maximalt 100 så kan GAI ha värden över 100. Dessa ljuskällor är då översaturerade, vilket kan skapa fenomen som att färger kan upplevas som att de "poppar", det vill säga att nyanser av färger känns överdrivna. LED-armaturer med RGB, där de individuella ljuskällorna har smala spektrum, får oftast höga värden på GAI. GAI är därmed lämpligt att använda tillsammans med CRI.

12:5 TLCI

TLCI (Television Lighting Consistency Index) är framtagen av EBU (European Broadcasting Union) och är till skillnad från de flesta andra standarder anpassad för en kamera i stället för det mänskliga ögat. I standarden tittar man på 24 färger med en skala upp till 100, där 100 anses som den bästa färgåtergivningen. Standarden finns för gratis nedladdning på EBU:s hemsida och är rekommenderad läsning för alla som arbetar med ljussättning för kamera.

12:6 Våglängdstopp, λ_p

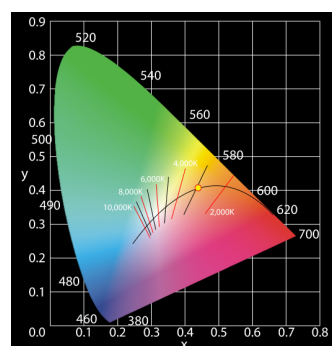
En våglängdstopp den våglängd som har den högsta intensiteten.

12:7 Färgrymd

En färgrymd är ett grafiskt sätt att beskriva färger i ett koordinatsystem. Ett exempel på en färgrymd kan vara att sätta in rött, grönt och blått i var sin axel. (B.G.R) 0.0.0 blir helt svart och 100.100.100 skulle kunna vara fullt vitt.

En färgrymd kan visa ögats uppfattning av ljus eller hur en ljuskälla återger ljus i relation till hur ögat kan uppfatta färger. Den kan även visa vilka färger som kan återges på en datorskärm eller i en videosignal. Exempel på färgrymder för ljus i relation till ögats uppfattning är CIE1931 och CIE1976.

Färgrymden CIE1931 är den första definierade länken mellan våglängder i det synliga spektrumet och det mänskliga ögats möjlighet att uppfatta färger. Ett diagram i två dimensioner kallas för ett kromatiskt diagram. I ett kromatiskt diagram är det enklare att grafiskt kunna visa en färgs position i X- och Y-led.



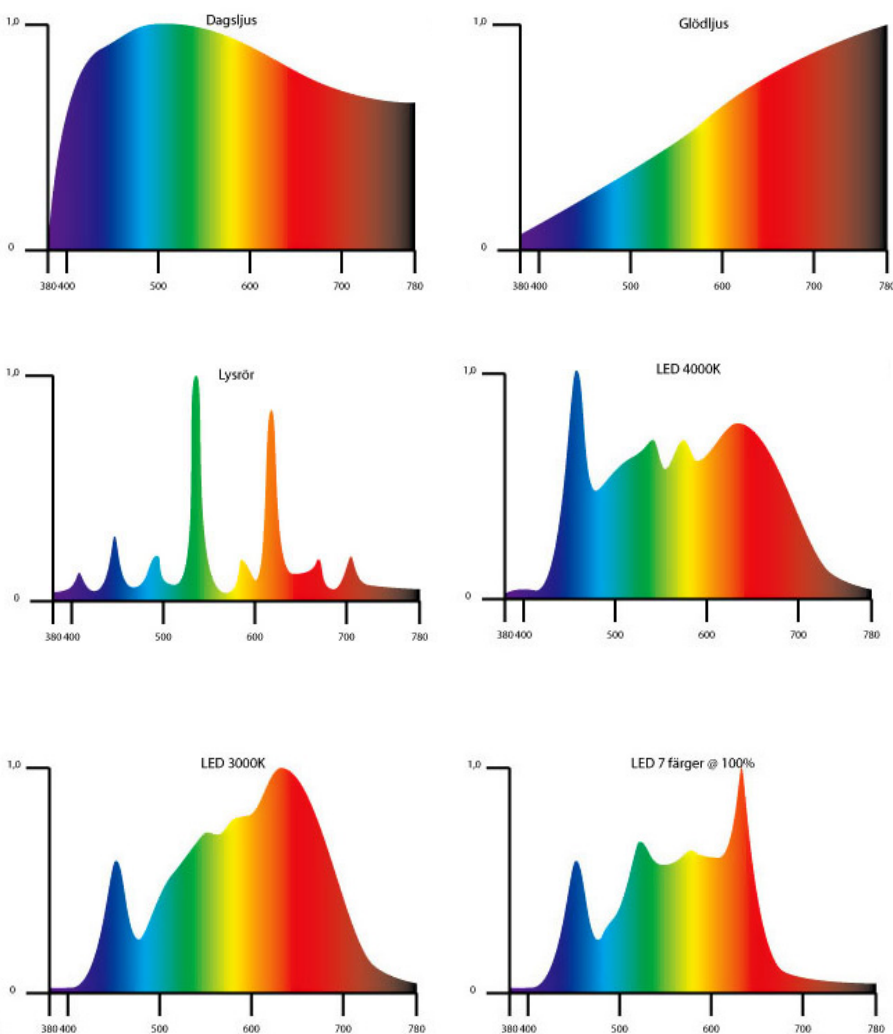
Färgrymd CIE 1931

I ytterkant av det kromatiska diagrammet finns de för ögat synliga våglängderna. På linjen längst ned placeras färger som inte finns i ljusets spektrum men som ögat ändå kan uppfatta tack vare blandningen av det röda och blåa ljuset. Denna linje kallas ibland för "purple line". I bilden "Färgrymd CIE 1931" på sidan 26 är även "Planckian locus" inritad, samt var på den linjen som olika CCT är representerade.

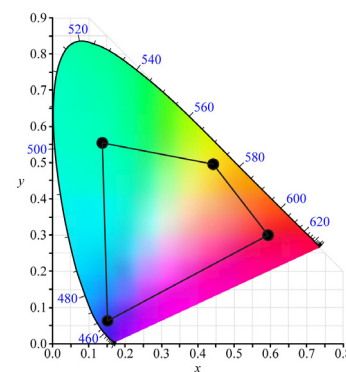
I ett kromatiskt diagram, exempelvis CIE1931, kan man även rita in standarden för det färgområdet som en monitor kan återge. Det området kallas gamut area eller color gamut. En monitor arbetar med RGB, vilket gör att området bildar en triangel. Färgområdet kan även vara en belysningsarmatur med färgblandning, exempelvis RGBA. Dess område blir då fyrkantigt. Eftersom en ljuskälla med färgblandning i tre toner kan återge färger inom ett visst område så kan en ljuskälla med endast två toner återge färger på en linje mellan dem.

12:8 Spektrum

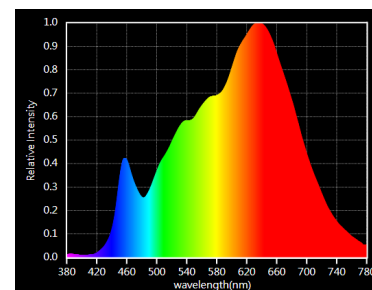
Ett spektrum är en uppdelning av ljuset i dess olika färger eller kulörer, specificerat i våglängder. Ett spektrum är egentligen ett kontinuerligt band med varierande egenskaper, till exempel ett energispektrum av våglängder. I färgsammanhang är det ofta begränsat till den elektromagnetiska strålningens synliga del. Även inom musiken förekommer ordet spektrum för att beskriva klanger (klangfärg).



Exempel på spektrum för olika ljuskällor



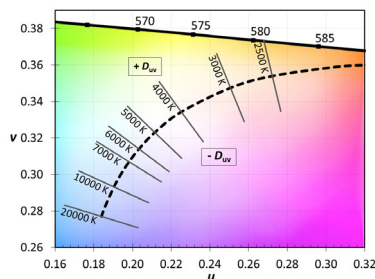
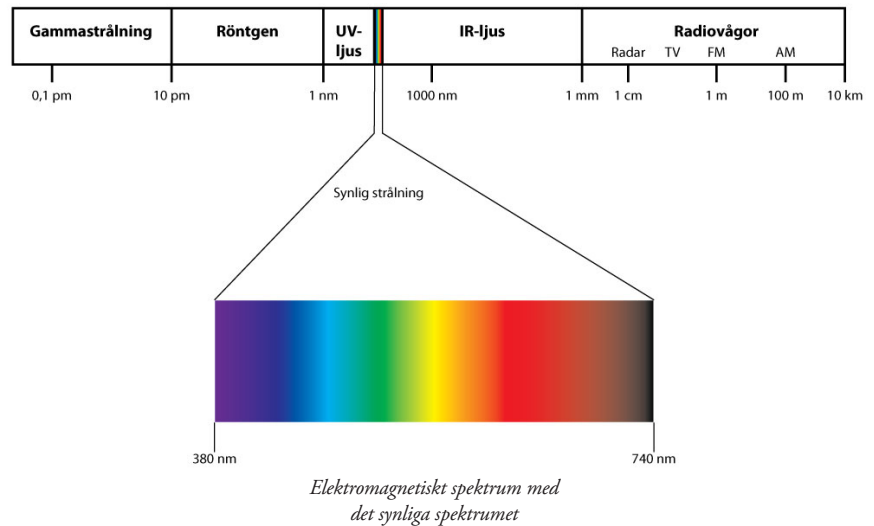
Färgområde för en armatur med RGBA-färgblandning



Spektralfördelning över en LED-ljuskälla

forts, 12:8 Spektrum

Det elektromagnetiska spektrumet omfattar allt från korta till långa våglängder med följande indelning, som även visar från lägsta till högsta energiinnehåll: radio- och tv-vågor, mikrovågor, infraröd strålning, syngrundande visuellt ljus, ultraviolett ljus, röntgenstrålning och gammastrålning. Ljus för vårt seende, det syngrundande ljuset, utgör en mycket liten del av hela spektrumet, från omkring 380 till 780 nanometer. Det indelas i spektralfärger från kortvågigt ljus i violett kulör till långvågigt rött ljus.



Duv i ett CIE 1960-diagram

12:10 DUV

Värdet Duv ger information om att det finns en skiftning i CCT. Värdet anger avståndet i färgrymden CIE 1960 till Planckian locus line.

Då färgtemperaturen CCT anges inom ett visst område kan det finnas en färgskiftning. Exempelvis kan en ljuskälla ha en dragning åt gult medan en annan kan ha en dragning åt rosa, men båda har 3 000 K i CCT. Den "gula" har ett positivt Duv och den "rosa" har ett negativt Duv.

Index Bilder

Asenstek Spectrum Genius Cloud

Sid 15: MacAdam SDCM, Sid 26: Våglängd topp, CIE 1931 graf, Sid 27: Spektrum, Sid 28: CIE 1931 graf med DUV

Dag Engström

Sid 7: Plan Convex-strålkastare, Fresnel-strålkastare, Sid 8: Profilstrålkastare, Asymmetriskt flodljus, Par-strålkastare, Moving head, Sid 9: Iris, Sid 16: Ljusbord, Sid 20: Anslutningar

Jesper Cederlund

Sid 8: Utställningsbelysning, Sid 23: Nedbrytning/bevarande

Mattias Fransson, LjusTeknik i Linköping AB

Sid 4: Ögat, Sid 5: Reflektion färg, Sid 7: Linser, Sid 8: LED-ljuskällor, Sid 9: Gobos, Barndoor, Tophat/Snoot, Bikakeraster, Sid 10: COB LED chip, Multi LED chip,

Ljuskällor, Sid 11: Ljusfördelningkarta, Sid 13: Additiv färgblandning, Sid 14: Färgåtergivning, CCT, Sid 15: UV och IR-strålning, Sid 16: Dimmerkurvor, Sid 20: belysningsskena 3 fas, belysningsskena 1 fas, belysningsskena lågspänning, Låsning av armatur, Sid 21: Låsning av armatur, Sid 23: Reflektion vinkel, Sid 24: CRI referensfärger, Sid 26: CQS referensfärger, TLCl referensfärger, Färgrymd, Sid 27: Spektrum olika ljuskällor, RGBA i CIE1931, Sid 28: Elektromagnetiskt spektrum

Peter Hallin

Sid 25: PVF Designintention, 2-PVF möjliga PVF

Omslag

Jesper Cederlund,
House of Sweden, Washington

EESU

Energieffektiv scen- och
utställningsbelysning

*Detta dokument är finansierat av Energimyndighetens forskningsprogram EELYS
– Energieffektivitet inom belysningsområdet och framtaget i samarbete med:*



Svensk
branschorganisation
för upplevelseteknik

