



### Läses med varsamhet

Denna publikation är delvis inaktuell. Delar av innehållet kan fortfarande vara relevant och aktuellt. Därför har vi märkt den "Läses med varsamhet".

# Belysning i offentliga lokaler



OFFENTLIGA  
FASTIGHETER

## **Offentliga fastigheter**

Organisationen Offentliga fastigheter består av organisationer som förvaltar Sveriges offentliga fastigheter. Tillsammans förvaltar vi över 90 miljoner kvadratmeter – skolor, myndighetsbyggnader, militära installationer, sjukhus och fängelser. I vårt nätverk finns det en enorm bredd, inte bara av olika slags fastigheter utan också i form av olika slags erfarenheter. För att ta tillvara och utveckla vår breda kompetens har vi gått samman i Offentliga fastigheter.

Vi bedriver gränsöverskridande utvecklingsprojekt som effektiviserar och förbättrar förvaltningen av våra gemensamma fastigheter. Projekten ska vara angelägna och väcka nya tankar. De ska visa på goda exempel och erbjuda praktiska verktyg som i slutändan höjer kvaliteten på offentliga fastigheter och för våra hyresgäster. Projekt som inte bara gynnar oss själva utan också kan hjälpa och vägleda många fler. Bakom Offentliga fastigheter står Sveriges Kommuner och Landsting, Fortifikationsverket, Akademiska Hus och Samverkansforum genom Statens fastighetsverk och Specialfastigheter.

Mer information hittar du på [www.offentligafastigheter.se](http://www.offentligafastigheter.se).  
Där kan du även beställa denna och andra skrifter.

# Belysning i offentliga lokaler

## **Belysning i offentliga lokaler**

© Offentliga fastigheter, 2016

**ISBN** 978-91-7585-380-2

**Upplysningar om innehållet** Sonja Pagrotsky,  
sonja.pagrotsky@skl.se

**Text** Magnus Frantzell

**Omslagsillustrationer** Christina Jonsson

**Foto** Casper Hedberg, Belysningsbranschen, Mikael Silkeberg,  
Ole Jais, Ulf Celander

**Grafisk form** ETC Kommunikation

**Produktion** Advant Produktionsbyrå

**Tryckeri** LTAB 2016

**Webbplats** [www.offentligafastigheter.se](http://www.offentligafastigheter.se)



# Förord

Teknikutvecklingen inom belysningsområdet har de senaste 20 åren gått mycket snabbt. När det gäller offentliga verksamhetslokaler finns en stor potential att förbättra ljusmiljön och att använda mindre energi. Det leder både till en bättre arbetsmiljö och till en minskad miljöpåverkan.

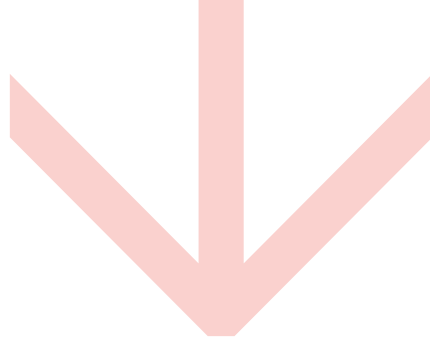
År 2007 tog Offentliga fastigheter fram skriften *Belysningsguiden* för att ge en bred och allmän information om ny och effektiv belysningsteknik och visa på ett antal goda exempel på belysningslösningar. Skriften författades av Leif Wall, Wabema Ljusteknik. I styrgruppen för projektet ingick Mats Abrahamsson, Specialfastigheter; Kjell Gustavsson, Statens fastighetsverk; Hans Isaksson, Statens energimyndighet och Gösta Olsson, Västerbottens läns landsting. Fredrik Jönsson och Ulf Sandgren, Sveriges Kommuner och Landsting var på uppdrag av Offentliga fastigheter projektledare.

Under år 2015 har *Belysningsguiden* genomgått en omfattande revidering och uppdatering. Revideringen är gjord av Magnus Frantzell, M Frantzell Konsult. Till sin hjälp har författaren haft en referensgrupp som bistått med material och lämnat värdefulla synpunkter. Referensgruppen har bestått av Mats Abrahamsson, Specialfastigheter; Christer Axelsson, Region Skåne; Peter Bennich, Energimyndigheten; Fredrik Hedman, Skara och Götene kommuner; Lars-Göran Larsson, Örnsköldsviks kommun och Roger Petersson, Västra Götalandsregionen. Magnus Kristiansson och Sonja Pagrotsky, Sveriges Kommuner och Landsting, har varit projektledare.

*Belysningsguiden* och denna reviderade version *Belysning i offentliga lokaler* har initierats och finansierats av samarbetsprojektet Offentliga fastigheter. Här ingår Sveriges Kommuner och Landsting, Akademiska Hus AB, Fortifikationsverket samt Samverkansforum för statliga byggherrar och förvaltare genom Statens fastighetsverk och Specialfastigheter.

Stockholm i februari 2016

# Innehåll



<b>Kap 1</b>	<b>Den nya belysningen sparar pengar och ger bättre ljus</b>	<b>7</b>
	Målgrupp	9
	Läsanvisning	11
<b>Kap 2</b>	<b>Historisk bakgrund och utveckling</b>	<b>13</b>
	1970-talet	14
	2000-talet	15
	Tredje tekniksprånget inom belysningsbranschen	15
<b>Kap 3</b>	<b>Varför är belysning så viktig för människan?</b>	<b>19</b>
	Hur ljuset påverkar oss människor	19
	Belysning för hälsa och välbefinnande	21
	God belysning	25
<b>Kap 4</b>	<b>Teknik</b>	<b>31</b>
	Ljuskällans egenskaper	31
	Våra vanligaste ljuskällor	33
	Armaturernas funktion	37
	Styrning av belysning	39
<b>Kap 5</b>	<b>Belysningens miljöpåverkan</b>	<b>47</b>
	Material och produktion	47
	Användning och drift	48
	Återvinning	48
<b>Kap 6</b>	<b>Belysningsekonomi</b>	<b>51</b>
	Belysningskostnaden	51
	Beräkningsmodeller	55
	Vinster med god belysning	57

<b>Kap 7 Att komma igång med energieffektivisering</b>	<b>59</b>
Åtgärder i befintliga anläggningar	60
Plan för arbete med energieffektiv belysning	60
Upphandlingshjälp	66
<b>Kap 8 Utomhusbelysning</b>	<b>69</b>
Byt ut gammal teknik	71
LED – det naturliga alternativet utomhus	72
Ljus för skolgården	73
<b>Kap 9 Goda exempel</b>	<b>75</b>
Belysningsstyrning i Vallentuna kulturhus och bibliotek	75
LED i Regnbågens förskola i Lund	76
Närvarostyrning i Kista Entrés garage	77
Pedagogiskt ljus i skolmiljöer	77
Mer utelek med bättre belysning i Uppsala	80
Belysningspolicy hos SISAB	81
Bättre arbetsmiljö på Karolinska universitetssjukhuset Huddinge	83
Forskningsprojekt om LED i skolan	84
Forskning om hälsa genom smart ljus	84
Trapphus med smarta ljus i Norra Djurgårdsstaden	85
<b>Kap 10 Regelverk av betydelse för belysning</b>	<b>87</b>
Arbetsmiljöverkets föreskrifter om dagsljus och belysning	87
Referensförteckning, tips på fördjupning	92





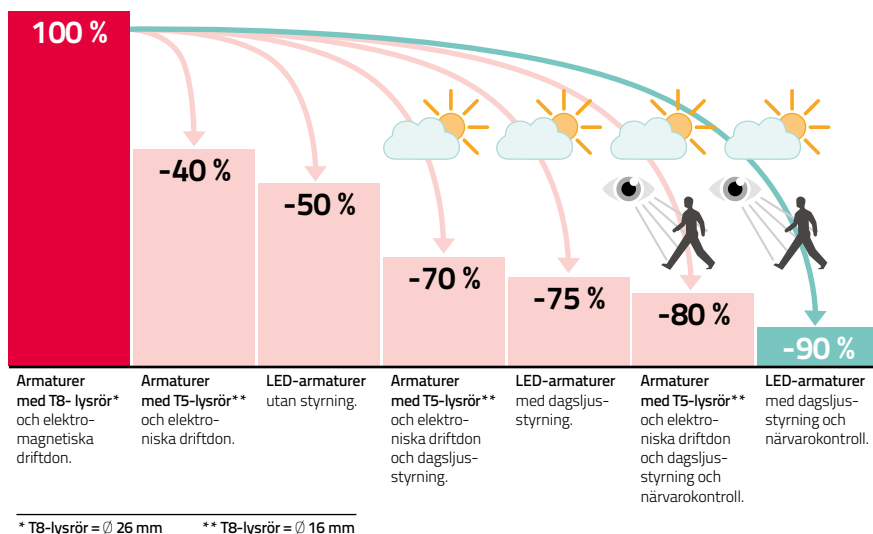
# Den nya belysningen sparar pengar och ger bättre ljus

**Av Sveriges elanvändning går så mycket som 10 % till belysning, men Energimyndigheten bedömer besparingspotentialen som stor. En halvering skulle innebära ca 6 TWh/år. Därför görs stora ansträngningar för att på olika sätt främja nya och mer energieffektiva lösningar.**

**Användningen varierar mycket** mellan olika typer av lokaler, i enstaka lokaler kan mer än 50 % av elenergin användas för belysning.

I kontor, skolor och inom vården räknar man med att mellan 25 och 35 % av elen används till belysning. Variationen inom respektive sektor är dock mycket stor.

Under de senaste 20 åren har teknikutvecklingen inom belysningsområdet gått mycket snabbt och idag finns ny och bra teknik för att sänka energianvändningen för belysning med upp till 80 %. Åtgärderna är som regel ganska enkla att genomföra och klart lönsamma. Detta gäller speciellt i äldre anläggningar som är 20 år gamla eller mer. När man genomför besparingsåtgärder leder detta dessutom till bättre kvalitet på belysningen. Åtgärderna brukar också påverka människors attityder till och benägenhet att hushålla med energi.



FIGUR 1 • Förslaget är baserat på ett cellkontor men kan även appliceras på liknande anläggningar.

Enligt Energieffektiviseringsdirektivet har den offentliga sektorn ett särskilt ansvar för att vidta åtgärder för förbättrad energieffektivitet. Den offentliga sektorns arbete ska fungera som ett exempel för medborgare och företag. Det nya direktivet innebär bland annat att stora företag ska göra en energikartläggning vart fjärde år och att kraven skärps på att myndigheter ska använda energi mer effektivt. Energimyndigheten är bland annat aktiv med att ta fram metoder för att mäta effekterna av besparingar som bidrar till att målen uppnås.

Som figur 1 visar har belysningstekniken utvecklats snabbt under de senaste decennierna så det är tydligt att det finns mycket stor potential att spara el i lokalerna.

Energimyndigheten har genomfört omfattande studier av statusen på dagens belysningsanläggningar. Dessa studier visar att det fortfarande finns gott om äldre belysning kvar. Över hälften av all belysning är av äldre typ och alltså minst 20 år gammal. Det är speciellt vanligt inom vården och i många skolor.

Energimyndighetens STIL2 (Statistik i lokaler) studier visar bland annat:

### **Kontor**

- Om man räknar bort energin för uppvärmning går så mycket som ca 23 % av elanvändningen på kontor till belysning.
- 50 % av anläggningarna har gamla belysningsarmaturer som bör bytas ut.
- De offentligt ägda lokalerna har i allmänhet en större andel av både glödlampor och äldre lysrör än de privatägda lokalerna.

### **Skolor**

- I förskolor, grundskolor och gymnasieskolor står belysningen för ca 35 % av elanvändningen.
- Drifttiden är ca 1 650 timmar per år.
- Cirka 70 % av belysningen är föråldrad och bör bytas ut.

### **Belysning i vården**

- I vårdlokaler används 35 % av elen till belysning.
- Drifttiden är ca 2 450 timmar per år.
- Cirka 80 % av anläggningarna har föråldrad belysning som bör bytas ut.

## **Målgrupp**

Denna skrift vänder sig till bland andra tjänstemän på ledande positioner, verksamhetsansvariga och fastighetsförvaltare inom den offentliga sektorn, men kan med fördel även läsas av andra som är intresserade av belysning. Den har till syfte att öka kunskapen om och intresset för belysning, informera om möjligheter till energieffektivare belysning samt motivera till energieffektiviserande åtgärder. Förhoppningsvis resulterar skriften i att inventeringar görs, program utarbetas och att projekt genomförs vilka leder till bättre belysning med lägre energianvändning.



## Läsanvisning

Kapitel två handlar om elljusets historiska bakgrund, utveckling och de stora tekniskiften som branschen har upplevt genom åren. Här beskrivs också vid vilken tidpunkt som olika ljuskällor har introducerats på marknaden. I kapitel tre behandlas hur ljuset påverkar oss människor. Här beskrivs hur ögat och seendet fungerar samt vad belysningen betyder för vår hälsa och vårt välbefinnande. I kapitlet behandlas också åldersförändringar och ljus för ökad tillgänglighet samt vilka parametrar som kännetecknar en god belysning.

Kapitel fyra behandlar tekniken inom belysningsområdet, dvs. vilka olika ljuskällor som finns idag och deras olika egenskaper. Kapitlet behandlar också belysningsarmaturer samt styr- och reglerutrustning för belysningsanläggningar.

Kapitel fem beskriver belysningens miljöpåverkan med allt från tillverkningen av ljuskällor och armaturer och driften till det slutliga omhändertagandet av belysningsprodukterna när de blir avfall.

I kapitel sex behandlas ekonomiska frågor. Här beskrivs vilka kostnadsposter som ska beaktas vid beräkningen av en belysningsanläggnings totala kostnader och vilka olika kalkylmodeller som kan användas.

Kapitel sju beskriver hur man kan komma igång med energieffektivisering. Här beskrivs de olika stegen i processen, dvs. inventering, analys, prioritering, planering, upphandling och genomförande samt uppföljning. Här beskrivs också vilken upphandlingshjälp som finns tillgänglig.

Kapitel åtta behandlar utomhusbelysning, dvs. fastighetsnära belysning vid till exempel skolor, förskolor, sjukhus och campus.

I kapitel nio presenteras tolv goda exempel som kan ge inspiration.

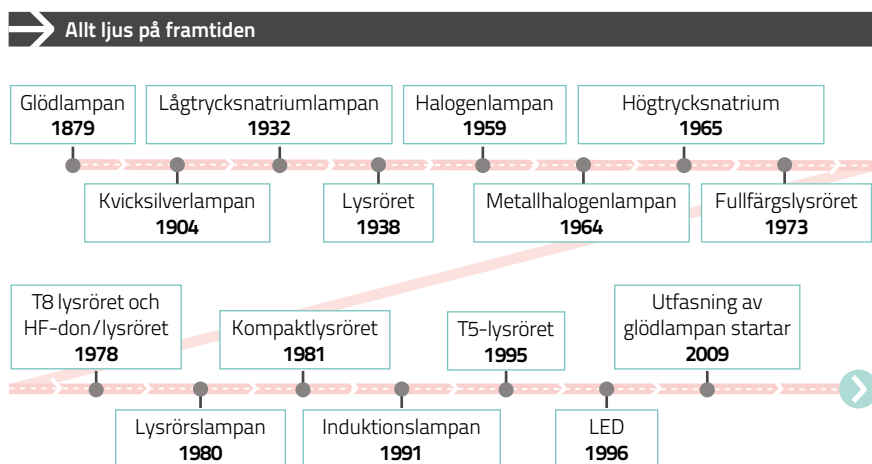
Kapitel tio beskriver en del av de regelverk som är av betydelse för belysning.



# Historisk bakgrund och utveckling

**Elektriskt ljus på våra arbetsplatser har inte funnits under så väldigt lång tid. Det var först på 1920- talet som det elektriska ljuset blev allmänt tillgängligt i Sverige och det ersatte då främst fotogenbelysning.**

Under hela 1900-talet har belysningstekniken utvecklats. Nya effektivare ljuskällor har tagits fram och armaturkonstruktionerna har förfinats med effektivare reflektorer. På senare år har ljusstyrning tillkommit som ett mycket effektivt sätt att energieffektivisera en belysningsanläggning.



**FIGUR 2** - Från glödlampan till LED. Figuren visar när olika ljuskällor introducerades. Idag är glödlampan och kvikksilverlampan helt utfasade och får inte säljas inom EU.

Det är dock främst vid två tidpunkter som energieffektivisering av belysning varit särskilt aktuellt: 1970-talet och 2000-talet.

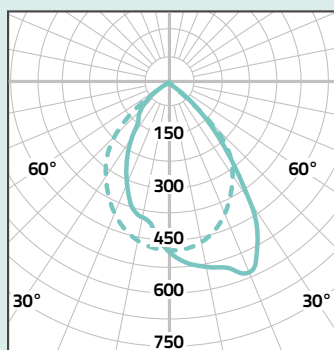
## 1970-talet

Åtgärder för att spara energi vid belysningsanvändning vidtogs redan i kölvattnet av oljekrisen 1973. En bidragande orsak var en hotande energibrist och elransonering. På kontor, skolor, vårdinrättningar, inom industri och handel släckte man ner belysning (skruvade ur lysrör) för att spara. Kommunerna släckte ner fasadbelysningar och minskade gatubelysningen genom att exempelvis släcka var tredje lampa. Dessa åtgärder försämrade nästan alltid belysningens funktion. Det genomfördes även olika kampanjer riktade mot konsumenter som propagerade för användning av lågenergilampor.

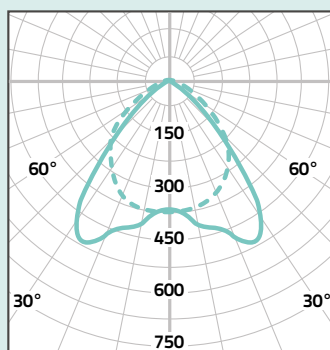
Myndigheter och bolag, till exempel dåvarande Byggnadsstyrelsen, började ställa krav på att ny belysning skulle utnyttja energin på ett effektivare sätt. Detta resulterade i att asymmetrisk kontorsbelysning började användas och fick stor spridning.

## ➔ LJUSFÖRDELNING

Tidigare hade armaturerna en symmetrisk ljusfördelning, dvs. de fördelade ljuset jämnt, men vid denna tid uppfanns asymmetrisk ljusfördelning som innebar att man kunde placera armaturen utmed fönstret och reflektorn i armaturen kastade sedan ut ljuset över hela bordet. Den streckade kurvan i bilderna nedan är en symmetrisk ljusfördelning.



*Ljusfördelningskurva.*



*Asymmetrisk med ljusstyrkans maxvinkel 25° ger ett 28 W lysrör ca 580 cd/klm.*



Under 1990-talet genomförde statliga myndigheter teknikupphandlingar för att underlätta introduktion av energisnål teknik på marknaden. Två sådana exempel är upphandling av HF-don och närvarosensorer. Pilotprojekt genomfördes för att demonstrera energisnål belysning.

## 2000-talet

I mitten av 2000-talet fick klimatfrågorna och den globala uppvärmningen stor uppmärksamhet i hela samhället. Mot bakgrund av att den största delen av EU:s elproduktion är fossilbaserad definierades belysningsområdet som ett mycket viktigt område att effektivisera för att få ned koldioxidutsläppen. En första konkret åtgärd som EU införde var Ekodesigndirektivet som fasar ut ineffektiva produkter. Den första produktgruppen som fick fastställda datum för utfasningen var glödlampan.

Energimyndigheten gör idag bedömningen att elanvändningen för belysning nästan kan halveras om äldre belysningsanläggningar byts ut och ersätts med nya moderna.

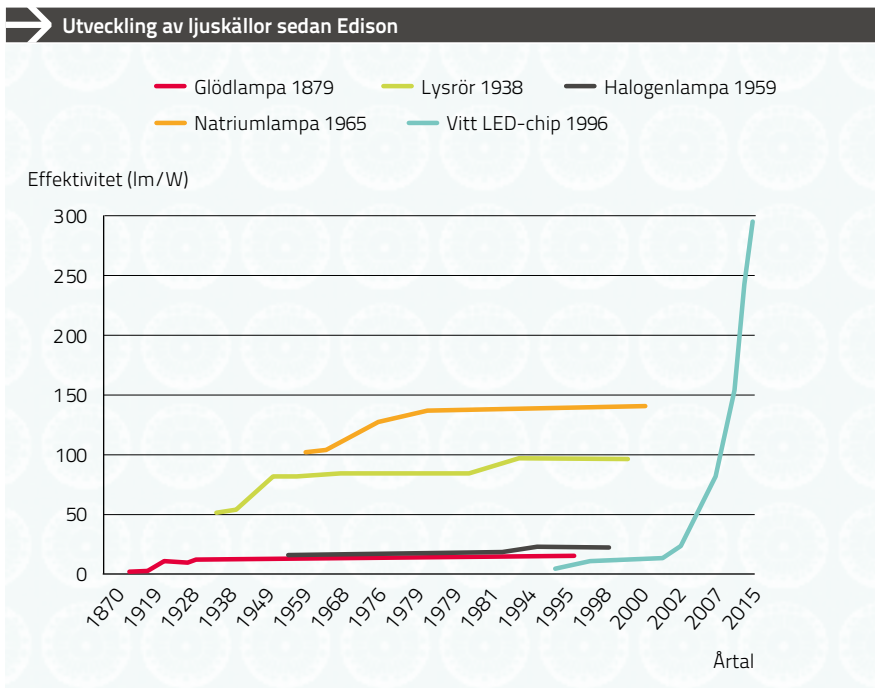
Organisationen Belysningsbranschen har i ett antal aktiviteter pekat på de stora besparingsmöjligheter som finns på belysningsområdet.

Idag är det möjligt att åstadkomma lika bra eller bättre belysning som tidigare, men med bara 20 % av energianvändningen.

## Tredje tekniksprånget inom belysningsbranschen

Inom belysningsområdet har vi tidigare upplevt två stora tekniksprång som fått omfattande spridning: glödlampan och lysröret.

Nu är vi mitt uppe i det tredje tekniksprånget, LED-teknikens intåg i belysningsbranschen. Idag sker ingen produktutveckling av de traditionella ljuskällorna hos ljuskällfabrikanterna utan alla satsningar på utveckling sker inom LED-området.



**DIAGRAM 1** - Jämförelse av hur olika belysningsteknikers prestanda i form av lm/W utvecklats över tiden. Så gott som samtliga tekniker har haft sina genombrott då ljusutbytet kraftigt förbättrats för att sedan plana ut. LED-tekniken är fortfarande under stark utveckling.

Källa: Energimyndigheten

## → OM BELYSNINGSBRANSCHEN

Belysningsbranschen är huvudorganisation för Sveriges tillverkare och importörer av ljuskällor, belysningsarmaturer och komponenter. Föreningen är en mötesplats och plattform för branschgemensamma frågor. Föreningen vänder sig främst till den svenska marknaden för offentlig belysning och strävar efter att öka samverkan med de nordiska länderna.

Verksamhetsmålet är att skapa intresse, sprida kunskap och verka för ökad kvalitet på belysning i den offentliga miljön.

Belysningsbranschen verkar för att med medlemmarnas gemensamma krafter samla och sprida kunskap och skapa engagemang kring rätt ljus för människan, miljön och ekonomin.

Belysningsbranschen bevakar utvecklingen och lagstiftningen samt hjälper lagstiftare, myndigheter och beslutsfattare att säkerställa valet av rätt ljus i näringsliv och samhälle. Branschföreningen vill bidra till att marknaden utvecklas och därmed göra Sverige mer långsiktigt hållbart.

### **Ljus & Rum, utgåva 3 (2013)**

*Ljus & Rum* är en planeringsguide för belysning inomhus. Guiden baseras på den svenska och europeiska standarden SS-EN 12464-1:2011, *Ljus och belysning – Belysning av arbetsplatser – Del 1: Arbetsplatser inomhus*. Guiden vänder sig främst till planerare, beställare, arkitekter och andra beslutsfattare, men kan med fördel läsas av alla belysningsintresserade. Guiden används som läromedel vid högskolorna i Jönköping och vid KTH i Stockholm.

Guiden utges av Ljuskultur i samarbete med Energimyndigheten och Arbetsmiljöverket.





# Varför är belysning så viktig för människan?

## Hur ljuset påverkar oss människor

Ljuset påverkar oss människor på ett helt avgörande sätt. Tänk bara på det varma ljuset vid solnedgången en sommardag eller det blåaktiga krispiga ljuset en kall vinterdag. Ljuset gör det möjligt för oss att uppfatta och förstå vår omgivning men påverkar också våra känslor.

Hur vi tolkar det vi ser beror på våra erfarenheter. Det en person tycker är vackert eller tryggt kanske upplevs på ett helt annat sätt av någon annan. Man skulle kunna säga att ljuset skapar seendets rum, med andra ord beskriver det och ger form åt allt som finns inom vårt synfält – fysiskt, visuellt och emotionellt. Genom att använda ljuset på olika sätt kan vi själva påverka rumsgestaltningen; vad vi ser, hur vi tolkar det och vilka känslor det framkallar.

## Vad är ljus?

Inom fysiken definierar man ljus som en elektromagnetisk strålning inom ett våglängdsområde som ögat är känsligt för. Det är alltså elektromagnetisk strålning som ger bilder på ögats näthinna. Men vi kan inte se strålningen, eftersom den består av strömmar av osynliga partiklar, så kallade fotoner. Varje foton bär information i form av energi med en viss intensitet och våglängd. I visuell mening däremot, är ljus något som uppträder tillsammans med mörker i det vi ser. Synsinnet har förmågan att med oerhörd snabbhet kunna tolka fotonernas information till synupplevelser av vår omvärld. Det låter oss se utan att vi ens tänker på att vi ser.

## Ögat och seendet

Ögat är ett organ som förmedlar synintryck. Två av näthinnans tre receptorer, tapparna och stavarna, omvandlar den elektromagnetiska strålningen till elektriska impulser som jämförs med varandra och kodas på olika sätt. Bara de impulser som informerar om olikheter, det vill säga kontraster i ljushet och färg, förs vidare till hjärnan genom synnerven. Innan impulserna resulterar i ett synintryck, har de behandlats i oerhört komplexa processer i hjärnans olika synområden. Hur det exakt går till vet forskarna ännu inte.

Synintrycken bygger på en samverkan mellan två olika funktioner – omgivningsseendet och detaljseendet. Omgivningsseendet saknar skärpa, men ger ett helhetsintryck och är en förutsättning för att man ska kunna orientera sig och snabbt få en uppfattning om rum och objekt. Det har också en avgörande betydelse för hur man känslomässigt uppfattar rummet. Detaljseendet är begränsat till en mycket liten del av synfältet, men samverkar så totalt med omgivningsseendet att man upplever det som om man ser tydligt inom hela synfältet. Men om du håller ögonen stilla, kan du se att det mesta i ditt synfält är oskarpt.

Seendet har sin grund i kontraster i ljushet och färg, som i sin tur ger information om rumsliga sammanhang. På näthinnan sitter tre receptorer: tappar och stavar – samt den ”tredje receptorn” som upptäcktes 2002. Den tredje receptorn kommunicerar direkt med den del av hjärnan som styr vår dygnsrytm och vår biologiska klocka. Tack vare upptäckten gick det äntligen att etablera ett samband mellan mänskligt välbefinnande och tillgången på ljus. Receptorn påverkar utsöndringen av sömnhormonet melatonin och stresshormonet kortisol.

## Ljus och mörker

Människan kan se i både ljus och mörker. Ögats förmåga att anpassa sig till olika ljusförhållanden kallas för adaptation. Den sker gradvis genom att pupillerna vidgas eller krymper. Det är nästan aldrig så mörkt att man inte kan orientera sig i eller uppfatta omgivningen, även om man inte kan se detaljer och färger. Däremot finns det en gräns för hur mycket ljus ögat kan utsättas för. Det är när den gränsen överskrids som man blundar eller skuggar ögonen, till exempel när man kommer från en mörk hall ut i solskenet.

## Belysning för hälsa och välbefinnande

Ljuset påverkar vår hälsa och vårt välbefinnande i mycket högre grad än de flesta är medvetna om. Ljuset ställer in vår biologiska klocka och styr därmed vår sömnrhythm, vårt immunförsvar, matlusten och många andra av våra funktioner och beteenden. Dessutom påverkar ljuset direkt humöret, vakenheten och koncentrationsförmågan, som inte styrs av vår biologiska klocka och dess 24-timmarsrhythm.

Ljusets icke-visuella effekter beror på ljusets intensitet, varaktighet och spektrala sammansättning. Den tidigare ljusexponeringen och tiden för exponeringen avgör också typen och omfattningen av de icke-visuella effekter som kan uppnås. Det är inte bara den absoluta ljusstyrkan, utan också den relativa ljusstyrkan i jämförelse med den tidigare ljusexponeringen och/eller det samtidiga omgivningsljuset som avgör de icke-visuella effekternas omfattning. En person som kommer från svagare ljus kan förväntas reagera starkare på efterföljande ljusexponering än en person som just exponerats för starkare ljus.

Inomhusbelysning ska planeras så att den producerar optimal belysning som stödjer både visuella och icke visuella funktioner. Det ideala är att ljusförhållandena förändras under dagen med hjälp av dynamiska metoder som styr och anpassar ljusets spektrala innehåll, intensitet, varaktighet och tidsfaktorer både dagtid och nattetid.

Utomhusbelysning kan uppmuntra till fysiska utomhusaktiviteter, social samvaro och rekreation och kan användas som ett instrument för att befrämja hälsa, trygghet och en trivsam stadsmiljö.

Idag är de mest relevanta icke-visuella effekterna av ljus vid olika tillfällen i vår vardag bland annat:

1. Tidigt på morgonen kan ljus som simulerar gryningen göra det lättare att vakna och känna sig mindre sömning, ge mindre tröghet och trötthet efter uppvaknandet och förbättra en persons välbefinnande och kognitiva förmåga under dagen.
2. Under dagen kan exponering för ljus som är tillräckligt starkt och blått påverka vakenhet, aktivitet, prestationsförmåga och humör positivt.

3. Ljusförhållandena under dagen kan påverka sömnen på natten. Tillräcklig exponering för dagsljus ger bättre förutsättningar att sova gott på natten, och sömnen blir också bättre om det är tillräckligt mörkt på natten.
4. Patienter i sjukvården och äldre människor behöver mer ljus med högre kvalitet (se kapitel God Belysning) eftersom deras kroppar måste övervinna rörelsehinder, skador, sjukdomar och degenerativa åldersförändringar. Rätt ljus kan fungera som ett antidepressivt medel för inlagda patienter på vårdavdelningar och göra det lättare för äldre människor att anpassa den biologiska klockans dygnsrytm till den naturliga dag/nattcykeln.
5. På dagen, men också på natten, kan exponering för starkare och intensivt blått ljus få människor att känna sig vaknare och piggare.
6. Exponering för starkt och intensivt blått ljus under de sista två timmarna innan läggdags stör sömnen och gör det svårare att somna. Svagt ljus och varmare ljus med mindre inslag av blåa färgtoner (till exempel rött och orange) stör inte förmågan att somna på samma sätt.
7. Starkt och intensivt blått ljus på kvällen kan fördröja dygnsrytmens faser och därmed också aktivitetsmönstren nästa dag. Sent på natten och tidigt på morgonen kan sådant ljus flytta fram den biologiska klockan istället, så att man blir trött tidigare på kvällen samma dag och vaknar tidigare nästa morgon. Sådana färförskjutningseffekter kan begränsas genom en minskning av andelen blått spektralljus vid relevanta tidpunkter.
8. På natten kan exponering för ljus minska den naturliga utsöndringen av det sömnrelaterade hormonet melatonin och öka tiden det tar att somna (om). Ljus som är svagare och har längre våglängd (till exempel rött istället för blått) kan minska den effekt som nattljuset har på sömnen.
9. Exponering för starkt och intensivt blått ljus på dagen gör sannolikt människokroppens biologiska system mindre känsligt för störningar från nattljus. Tillräcklig kontrast mellan ljusnivåerna på dagen och på natten bidrar också till att stabilisera den biologiska klockan.





### **Åldersförändringar**

Med åldern försvagas synfunktionerna, till exempel synskärpan, kontrastkänsligheten och mörkerseendet; dessutom ökar känsligheten för bländning. Därutöver kan vanliga ögonsjukdomar hos äldre ge allvarliga synproblem. Vid katarakt, den medicinska termen för grå starr, grumlas ögats lins och ljuset filtreras bort. Hos alla människor grumlas linsen i ögat i 40–45-års åldern och släpper igenom mindre och mindre ljus. Den förlorar sin elasticitet och är praktiskt taget stel i sextioårsåldern, ett faktum som gör det svårare för ögat att ställa in skärpan, det vill säga växla från närseende till fjärrseende och vice versa (ackommodation). Det går också långsammare för ögat att anpassa sig efter olika ljusförhållanden (adaptationsförmågan).

Åldersförändringarna medför således ofta en påtaglig reduktion av det ljus som når näthinnan. Vid 60 års ålder passerar endast ca 20 % av det infallande ljuset ögats hornhinna och lins.

Linsgrumlingen gör att ljusets spridning i ögat blir diffusare. Det innebär i sin tur att man blir känsligare för bländning och blir mer beroende av rätt riktad och avbländad belysning.

### **Olika perspektiv på ljus**

Enligt forskning vid KTH i Gävle tycker kvinnor om ett varmare ljus medan män föredrar kallt ljus. Man konstaterade klara könsskillnader vid mätning av trivsel och prestationsförmågan hos män och kvinnor i kontorsmiljöer. Samtliga försökspersoner var i åldrarna 30 till 45 år. De manliga deltagarna var effektivast då rummet hade en belysning med 4 000 K, det vill säga ett kallt vitt ljus. Kvinnorna uppvisade däremot bäst arbetsresultat med 3 000 K, ett varmare vitt ljus. Det är lätt att endast utgå från sitt eget perspektiv när man arbetar med innemiljö. Det finns bland annat skillnad i hur män och kvinnor upplever ljus.

### **Ljus för ökad tillgänglighet**

Tillgänglighet handlar om den demokratiska rätten att kunna röra sig fritt och kunna verka i samhället. I Sverige har drygt en miljon människor en funktionsnedsättning, många av oss har till exempel någon gång i livet svårt att se höra och gå. Utöver det bär vi matkassar och bagage, och vi drar barnvagnar och shoppingvagnar. Att öka tillgängligheten är nödvändigt för några av oss men samtidigt angeläget för alla. Det är en fråga om att göra våra verksamheter och miljöer tillgängliga för så många människor som möjligt. Tillgänglighet vinner vi alla på.

Belysning är viktig ur ett tillgänglighetsperspektiv.

- Vanliga tillgänglighetsproblem för personer med synnedsättning är dålig belysning eller bländande motljus och reflexer.
- Vanliga tillgänglighetsproblem för personer med hörselnedsättning är dålig belysning eftersom hörselnedsatta har större behov att kunna se den som talar, särskilt munrörelserna.

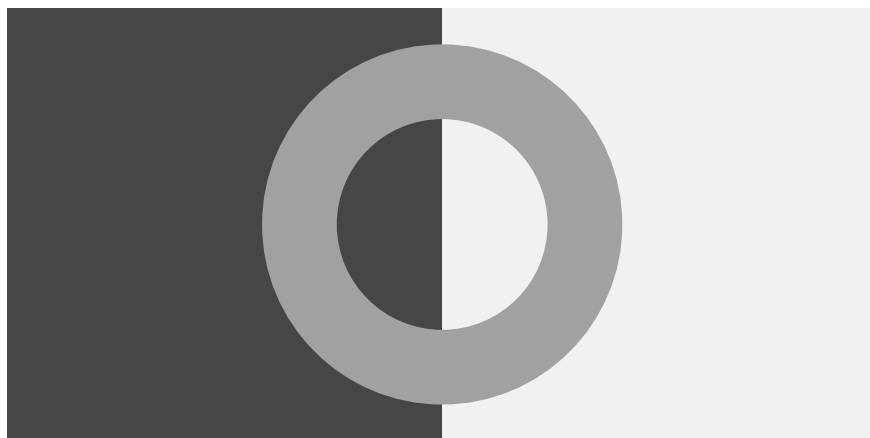
Belysning för ökad tillgänglighet är nödvändigt för några av oss, men angeläget för alla. Ju bättre ljusmiljö desto bättre kan vi alla se och höra.

## God belysning

En god belysning kännetecknas av att en rad olika krav är uppfyllda samtidigt. Det rör sig om funktionella, estetiska, ekonomiska och energimässiga krav. Några generella krav är:

- lämplig ljusnivå
- lämplig fördelning i rummet
- lämplig fördelning inom arbetsområdet
- ingen störande bländning från ljuskällor
- inga synnedläggande reflexer i synobjektet
- rätt ljusriktning
- lämplig ljusfärg
- god färgåtergivning
- god form- och skuggbildning
- regleringsmöjligheter
- energieffektiv

Lämplig ljusnivå innebär att ljuset ska anpassas till det som verksamheten kräver, varken mer eller mindre. Olika arbetsuppgifter kräver också olika mycket ljus och ju finare detaljer eller ju snabbare vi behöver se desto mer ljus behövs. Dålig kontrast, dvs. om det föremål man ska se på framträder dåligt mot bakgrunden, kräver också mer ljus och ytterligare en viktig sak att ta hänsyn till är att äldre oftast behöver mer ljus.



**FIGUR 3** • Kontrasteffekt; den grå delen av ringen ser lite ljusare ut när den ses mot den svarta bakgrunden än mot den vita. Effekten förstärks om man lägger en penna i linjen mellan fälten. En luminansmeter skulle dock inte registrera någon skillnad.

Ljuset ska finnas där det behövs. Olämplig ljusfördelning medför att vi ser sämre och kan leda till svårigheter att koncentrera sig. Ljus där det inte behövs är dessutom slöseri och motverkar strävan efter energieffektivitet. Grundregeln är att det ska vara mest ljus på arbetsytan, eller det objekt vi ska se på, och något mindre ljus kring själva synområdet. Belysningen på arbetsområdet ska däremot vara jämn.

Bländning kan vara både synnedsättande och obehaglig. Bländning kan komma från dåligt avskärmade eller fel placerade belysningsarmaturer, fönster och reflexer i blanka material. Med bra och väl avskärmade armaturer placerade på lämpligt sätt kan bländningen hållas på en låg och acceptabel nivå. Ljus färgsättning bidrar normalt också till att bländningen blir lägre. Mindre och intensivare ljuskällor samt mindre armaturer ökar däremot risken för bländning.

## → STÖRANDE REFLEXER

Reflexer upplevs som mer störande i en bildskärm med mörk bakgrund och ljus text (negativ) än i en med ljus bakgrund och mörk text (positiv). Obehagsbländning kan komma från fönster utan gardiner eller annan avskärmning.



En av de viktigaste egenskaperna hos en god belysningslösning är att det inte förekommer synnedsättande reflexer. När det finns synnedsättande reflexer så söker man omedvetet anpassa sin arbetsställning för att undvika reflexerna och resultatet kan bli att man får ont i nacke och rygg. Reflexer uppkommer i blanka detaljer som kan vara blankt papper, plastmappar, tangentbord och tavlor. Reflexer kan vara svåra att upptäcka, men resultatet blir försämrad kontrast och sämre seende.

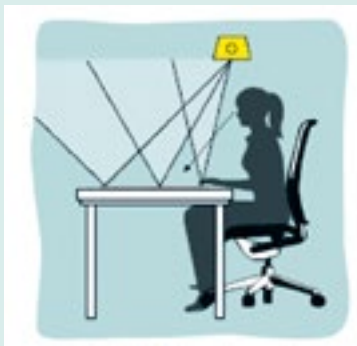
Att ljuset har rätt riktning i förhållande till det man ska se är viktigt. Vid de flesta arbetsplatser föredrar man att ljuset kommer in snett bakifrån för att undvika bländning, men det stämmer inte för alla arbetsplatser. Ibland behövs diffust ljus rakt framifrån eller hårt riktat ljus för att få reliefverkan eller kanske genomlysning av arbetsmaterialet.

## ➔ SPEGELTEST

Genom att lägga en spegel på arbetsområdet eller föra en spegel över det, kan du kontrollera om du ser någon stark lysande yta i spegeln. I så fall finns det risk för besvärande reflexer.



*Det finns risk för synnedsättande bländning eller obehagsbländning om ljuset är felriktat i förhållande till synriktningen.*



*När ljuset riktas i rätt riktning, uppstår inga reflexer i arbetsytan.*



2 000 K ger ett varmt ljus som vid en solnedgång.



10 000 K ger ett kallt blåaktigt ljus som vid en kall vinterdag.



Ljuset kommer rakt framifrån.



Ljuset kommer från vänstra sidan.



Ljuset kommer från högra sidan.



Ljuset kommer uppifrån.

*Bilderna ger exempel på olika ljusriktningar och dess betydelse.*

Bra färgåtergivning och lämplig ljusfärg är viktiga parametrar. En bra färgåtergivning gör att omgivningen får naturliga färger. Det kan gälla väggar i lokalen eller människors ansikten. I vissa arbeten, till exempel inom sjukvården är bra färgåtergivning helt avgörande för att kunna bedöma en människas hälsa.

Lämplig ljusfärg kan variera. I vissa lokaler, till exempel samlingsrum, föredrar man ofta varmare ljusfärger och på arbetsplatser föredrar många ett lite kallare ljus. Genom att välja rätt ljuskälla är det idag inga problem att uppfylla dessa krav.

Ljuset i en lokal ska bidra till en god form- och skuggbildning för att få föremål och människor att se naturliga ut.

- Hårt riktat ljus kan ge snygga, dramatiska ljuseffekter, men det blir sällan naturligt och aldrig ett ljus som man trivs att vistas och arbeta i.
- Enbart diffust ljus från indirekt belysning är inte heller en bra lösning om det inte kompletteras med tillsatsljus. Diffust ljus innebär att former och skuggor försvinner och det är också otrivsamt.
- Normal takbelysning ger i allmänhet tillfredsställande form- och skuggbildning om man inte använder några få starka och glest placerade ljuspunkter.

En självklart god egenskap hos belysningen är att man har möjlighet att själv påverka den dvs. ställa in den efter egna önskemål. Det är inte bara en trivselfråga utan är i högsta grad också en fråga om energieffektivisering. Det är inte alltid vi behöver fullt ljus eftersom arbetsuppgifterna skiftar. Människor i olika åldrar behöver också olika mycket ljus, och vi kanske inte utför samma arbetsuppgift på samma sätt. Dessutom är en del människor helt enkelt besvärade av för starkt ljus.

Belysningen ska vara energieffektiv och inte innebära några onödiga kostnader. Den utan jämförelse största kostnaden för belysningen är energikostnaden (läs mer i kapitel 6).





# Teknik

**Detta kapitel beskriver först vilka olika egenskaper som är viktiga för ljuskällor samt de vanligaste ljuskällorna som finns på marknaden. Därefter beskrivs vilka funktioner som armaturen ska uppfylla och olika system för ljusreglering.**

Ljuskällorna, eller lamporna som vi säger i dagligt tal, har en central uppgift i belysningen. Valet av ljuskälla påverkar i högsta grad såväl kvaliteten som ekonomin i en belysningsanläggning. Därför är det viktigt att man noga studerar ljuskällornas egenskaper och jämför olika produkter. Bra ljuskällor ska vara effektiva, ge god kvalitet på ljuset och vara ekonomiska.

## Ljuskällans egenskaper

Vid val av ljuskälla är det olika egenskaper som ska bedömas:

- färgtemperatur (ljusfärg)
- färgåtergivning
- flimmer
- ljusutbyte (energieffektivitet)
- livslängd/ljusnedgång/underhåll

### Färgtemperatur

Färgtemperaturen, det vill säga ljusets färg, ger en uppfattning om färgupplevelsen av ljuset från ljuskällan. Ljusfärgen kan vara varmtonad, neutralt vit eller dagsljuslik. Man väljer ljusfärg efter vilken karaktär man vill att rummet ska ha, utifrån vilka arbetsuppgifter som ska utföras, vilken färgsättning som rummet har och belysningsstyrkan.

Klara, starka färger kommer också bäst till sin rätt i vitt ljus, medan ett rum i vitt och beige kanske behöver mjukas upp med ett varmtonat ljus.

Färgtemperatur	
Färgkaraktär	Färgtemperatur
Varmtonad	Under 3 300 K
Neutralvit	3 300 till 5 300 K
Kall, dagsljuslik	Över 5 300 K

TABELL 1 • Färgtemperaturen för en ljuskälla anges i Kelvin (K).

### Färgstabilitet

Färgstabilitet är en viktig egenskap hos ljuskällor och är särskilt märkbar vid belysning av stora vita ytor. Det innebär att ljuskällor med samma färgtemperatur kan ge färgskiftningar på en belyst yta. Färgstabilitet gäller för lysrör, kompaktlysror, metallhalogenlampor och LED. Färgstabiliteten anges i MacAdam ellipser eller SDCM.

1 SDCM innebär inga synliga skillnader, 2-4 SDCM innebär knappt synliga färgskillnader och mer än 4 SDCM innebär klart synliga färgskillnader.

### Färgåtergivning

Olika ljuskällor har olika förmåga att återge färger och det är viktigt att färger i omgivningen, på föremål och människor ser naturliga ut.

För att ange färgåtergivningsförmåga används ett index som benämns Ra (Rendering Average), eller som det benämns på engelska CRI (Colour Rendering Index) vilket är samma sak.

Det högsta möjliga Ra-värdet är 100. Solen och temperaturstrålare (glödlampor och halogenlampor) har Ra 100, medan lysrör och LED har lite lägre värde. Det finns dock stora variationer mellan olika produkter. Ljuskällor med Ra mindre än 80 ska inte användas i miljöer där människor arbetar eller vistas annat än kortvarigt.

### Flimmer

Enligt Arbetsmiljöverket ska inget besvärande flimmer från belysning förekomma.

I äldre belysningsanläggningar kan det förekomma flimmer från främst lysrör. Olika människor är dock olika känsliga för flimmer. För vissa är inte detta flimmer märkbart medan andra får mycket besvär i

form av trötta ögon och huvudvärk. Den nya lysrörstekniken T5 avger inget besvärande flimmer.

Det kan också förekomma flimmer i belysningslösningar med LED men detta beror på undermåliga driftdon. Det undviker man bäst genom att välja produkter från erfarna leverantörer.

### **Ljusutbyte**

Hur mycket ljus en lampa ger bestäms av dess ljusflöde, det vill säga av antal lumen (lm). Hur stort ljusflödet är beror på lampans effekt (watt, W) men också på hur effektivt den elektriska strömmen omvandlas till ljus. Det senare kallar vi för ljusutbyte (lm/W). Högt ljusutbyte innebär att vi utnyttjar energin på ett effektivt sätt. Högt ljusutbyte och lång livslängd hos ljuskällorna leder till god belysningsekonomi.

### **Ljusstyrka**

Ljusstyrkan visar på vilken intensitet som ljuset från en ljuskälla i en viss riktning har. Ljusstyrkan anges i candela och används vid belysningsplanering. Begreppet används också för reflektorlampor.

### *Livslängd/ljusnedgång/underhåll*

Två aspekter avgör hur länge en ljuskälla praktiskt kan användas. Det är hur ljusflödet från lampan minskar över tid och lampbortfallet, dvs. hur många ljuskällor som slocknar över tiden. Det visas som ett procentvärde av hur många lampor som fortsätter att lysa vid en viss tidpunkt. Båda dessa värden ska anges av tillverkaren.

Efter analys av dessa två värden kan slutanvändaren själv avgöra vilken parameter som väger tyngst vid det löpande underhållet: ljusnedgången, lampbortfallet eller en kombination av båda.

## **Våra vanligaste ljuskällor**

### **LED**

LED har utvecklats mycket under senare år och är nu den mest energieffektiva ljuskällan som lämpar sig för alla vanliga användningsområden. LED har på mycket kort tid blivit vår främsta och vanligaste ljuskälla i nya anläggningar.

En lysdiod, LED, består av ett antal skikt av halvledarmaterial. I lysdioden omvandlas elektricitet direkt till ljuspartiklar, fotoner, vilket ger en vinst i effektivitet jämfört med andra ljuskällor där det mesta av elströmmen går åt till värme, och bara en liten del omvandlas till ljus.

Lysdioder avger fotoner inom det synliga spektret, ofta i ett väldigt smalt spektrum. För att skapa vitt ljus används framför allt blåa lysdioder med hög energi där ljuset sedan passerar ett fosforlager (lyspulver) för att skapa vitt ljus. Lysdioder finns idag för både färgskiftande applikation, s.k. RGB-teknik, färgtemperaturskiftande samt fast vitt ljus, och energieffektiviteten är idag på en sådan nivå att de kan användas i alla sammanhang. Ljuskvaliteten på lysdioder idag är god och lösningar med Ra över 90 blir allt vanligare. Det finns dock en stor spridning i kvaliteten från olika leverantörer.

Ljuskällan är liten, avger mycket ljus, har lång livslängd och kan ljusregleras steglöst. Den är stöt- och vibrationstålig samt avger ingen UV- eller IR-strålning. Färgat ljus kan skapas direkt utan filter och färgmättnaden är mycket hög. LED har emellertid ett kylbehov och livslängden kan förkortas i alltför varm omgivning. Lysdioder är också den enda ljuskällan som blir energieffektivare vid neddimring.

LED-tekniken används inte bara i vanliga kontorsarmaturer utan även i glödlampersättare. Alla förbrukade lampor ska lämnas till återvinning.

## **OLED**

En annan framtida belysningslösning, som det pratas mycket om, är OLED (Organic Lighting Emitting Diodes). OLED-tekniken, som i princip är densamma som för LED, kan skapa plana ytor som avger ett diffust ljus genom att en ström skickas genom ett eller flera lager av extremt tunna halvledarmaterial.

Idag finns inget annat lämpligt material som bärare än glas för uppbyggnaden av OLED och det ger begränsningar av både tjockleken – ca 2 mm – och formbarheten. Forskare har redan funnit material som både är tunnare och mer flexibla, men det krävs några års forskning och utveckling för att kunna tillverka dessa OLED-paneler industriellt.

Bedömningen när det gäller LED och OLED är att LED långsiktigt kommer att vara lösningen för vanliga belysningsapplikationer och att OLED med all sannolikhet kommer att få sin användning inom specialområden. Det vill säga i lite speciella och spännande applikationer, men inte som ersättare för LED-lösningar, utan mer som en parallell lösning. Alla förbrukade lampor ska lämnas till återvinning.

## **Lysrör**

Lysrör är den vanligaste ljuskällan för belysning i befintliga anläggningar inomhus. Lysrör är energieffektiva men inte lika energieffektiva som LED. En nackdel med lysrör kan ibland vara längden som till viss del begränsar armaturdesignen.



Lysrörsbeteckningarna T5, T8 bygger på 1/8-delar av en tum och avser diametern på lysröret. T5 är alltså 5x1/8 tum, dvs. diametern 16 mm. T8 har således diametern 26 mm.

T5-lysrören kan inte ersätta äldre typer av lysrör i befintliga armaturer. Det är inte bara diametern som är mindre, utan även längden är ungefär 50 millimeter kortare och passar alltså 600 millimeters standardmoduler. T5 kan endast kopplas över elektroniska förkopplingsdon. Lysrören finns i två varianter: den ena för *maximalt ljusutbyte*, HE (High Efficiency) och den andra för *maximalt ljusflöde*, HO (High Output).

Det finns ett brett urval av färgtemperaturer, färgåtergivningar, effekter samt varianter med extra långa livslängder. Lysrör innehåller kvicksilver och det är därför viktigt att förbrukade lysrör lämnas in för återvinning.

### **Kompaktlysrör**

Kompaktlysrör används främst i downlights samt plats- och allmänljusarmaturer interiört. Kompaktlysrör har nästan samma energieffektivitet som raka lysrör, och HF-don rekommenderas för högsta effektivitet och flimmerfritt ljus. Ljusreglering är möjlig. Kompaktlysrör finns i många olika effekter och utföranden, 2-stav, 4-stav och 6-stav. Urvalet av färgtemperatur och ljus kvalitet är i stort sett detsamma som för raka lysrör.

Kompaktlysrör innehåller kvicksilver och det är därför viktigt att förbrukade kompaktlysrör lämnas in för återvinning.

### **Lysrörslampor**

Lysrörslampor är huvudsakligen tänkta att användas som ersättare för glödlampor med motsvarande ljusflöde i befintliga armaturer. Denna användning innebär en energibesparing på upp till 80 %. För nya anläggningar rekommenderas armaturer för kompaktlysrör med HF-don för bättre energieffektivitet. Lysrörslampor innehåller kvicksilver och det är viktigt att förbrukade lysrörslampor lämnas in för återvinning.

### **Metallhalogenlampor**

Metallhalogenlampor används i butiker, skyltfönster, kontor och offentliga byggnader samt i dekorativ utomhusbelysning som strålkastarbelysning. Metallhalogenlampor finns i två utföranden. Dels en nyare typ med urladdningsrör av keramiskt material, dels med urladdningsrör av kvarts. Den nyare typen rekommenderas då den har bättre prestanda och en mer stabil ljusfärg under sin livslängd. Metallhalogenlampor har god livslängd och högt ljusutbyte vilket ger låga driftkostnader samt låg värmeutveckling. Metallhalogenlampor innehåller kvicksilver och det är därför viktigt att förbrukade metallhalogenlampor lämnas in för återvinning.

### **Högtrycksnatriumlampor**

Högtrycksnatriumlampor används främst för utomhusbelysning där ett högt ljusutbyte är viktigare än vitt ljus och god färgåtergivning. Lampor används i gatubelysning främst vid trafikleder. Fördelarna med lampan är ett högt ljusutbyte som ger låga driftkostnader, låg värmeutveckling och mycket god livslängd.

Lampan har ett gulaktigt ljus med lågt Ra-index, Ra20. Lampan innehåller kvicksilver och det är därför viktigt att förbrukade lampor lämnas in för återvinning.

### **Halogenlampor**

Halogenlampor är tekniskt sett glödlampor men har ett vitare ljus, högre ljusutbyte och längre livslängd än glödlampor. De är också enkla att ljusreglera. Ljusutbytet är dock mycket lägre än för lysrör, kompaktlysrör och LED. Halogenlampor passar bäst som kompletterande effektbelysning och finns med eller utan reflektor och för både nät- och lågspänning.

En stor del av halogenlamporna kommer på sikt att fasas ut enligt Eko-designdirektivet. Fördelen är att lamporna inte kräver driftdon vilket gör armaturerna billigare men med nackdelen att driftkostnaderna blir högre. Alla förbrukade lampor ska lämnas till återvinning.

## Glödlampor

Glödlampor får inte längre tillverkas eller säljas i Europa enligt Ekodesign-direktivet. De är helt enkelt för ineffektiva för att få vara kvar. De ersätts av LED, lågenergilampor och vissa typer av halogenlampor i befintliga anläggningar där dessa passar. Vissa speciallampor, till exempel ugnslampor och kylskåpslampor, kommer att finnas kvar. Alla förbrukade lampor ska lämnas till återvinning.

## Kvicksilverlampor

Kvicksilverlampor används främst inom gatu- och parkbelysning samt i vissa lagerlokaler och industrier. De får inte längre tillverkas eller säljas i Europa enligt Ekodesign-direktivet. Armaturer med kvicksilverlampor ersätts främst av armaturer med LED.

Lampan innehåller kvicksilver och det är därför viktigt att förbrukade ljuskällor lämnas in för återvinning.

## Armaturernas funktion

Armaturens uppgift är att fördela ljuset från ljuskällan och det kan ske på många olika sätt beroende på vad armaturen ska användas för. Generellt gäller dock att armaturen ska skärma av ljuskällorna så att det inte uppstår störande bländning. Dessutom ska armaturen ha god design och passa in i rummet och inredningen i övrigt.

Ljuset från ljuskällan styrs i armaturen antingen av reflektorer eller optiska linser, alternativt kan ljuset styras i prismetiska skivor.

Det sätt som armaturen fördelar ljuset på kallas ljusfördelning och man brukar dela in ljusfördelningen efter olika principer:

- Direkt, ljuset riktas ned
- Övervägande direkt, en liten del av ljuset riktas mot taket
- Likafördelande, lika mycket ljus riktas ned som upp mot taket
- Övervägande indirekt, det mesta av ljuset riktas mot taket och en mindre del mot golvet
- Indirekt, allt ljus riktas mot taket

Sedan kan man också beskriva ljusfördelningen med hur brett armaturen sprider ljuset:

- Bredstrålande
- Normalstrålande
- Smalstrålande

Olika kombinationer av dessa egenskaper innebär mycket skilda ljusmiljöer och olika förutsättningar för att kunna se bra.

Armaturen ska också vara utformad så att den skyddar mot elektriska faror och ge förutsättningar för att ljuskällorna ska fungera på rätt sätt.

I en armatur finns dessutom ett så kallat driftdon som behövs för att driva själva ljuskällan. Det finns många driftdon som möjliggör ljusreglering, till exempel närvarostyrning, något som ger mycket stora energibesparingar.

Armaturen har också en mekanisk funktion. Den ska vara utformad så att det är lätt att montera den och byta ljuskälla när det blir dags samt att rengöra armaturen. I vissa fall är det också viktigt att armaturen ska klara yttre påverkan, som exempelvis bollar i sporthallar eller helt enkelt stå emot skadegörelse. Den mekaniska konstruktionen ska också ge nödvändigt skydd mot damm, fukt och vatten. I vissa miljöer ställs extra höga krav på korrosionsskydd.

Ett mått på armaturens effektivitet är dess verkningsgrad. För att kunna jämföra verkningsgrader måste dock armaturerna sprida ljuset på samma sätt och det är därför bättre att jämföra anläggningarnas belysningsverkningsgrad, dvs. vilket resultat armaturerna ger i den belysta lokalen.

Moderna armaturer har reflektorer eller linser som riktar ljuset dit där det behövs och gör nytta. Med dessa kan man både minska bländningen och öka den nyttiga belysningen. Valet av reflektormaterial kan påtagligt påverka anläggningens verkningsgrad.

Armaturen måste ses i sitt sammanhang. Den ingår i ett system som totalt ska ge en viss belysningslösning. Generellt kan man säga att belysning som är direktverkande är mer energieffektiv än indirekt belysning, som till exempel belysning med uppljus. Vid varje reflektion som sker förloras ljus. Karaktären på belysningen påverkas av ljusspridningen. Även om arbetsbelysningen är effektiv kan rummet kännas mörkt därför att allt ljus riktas mot arbetsytorna. Därför bör man vid planering av belysningen jämföra olika belysningsalternativ snarare än armaturer. Resultatet påverkas dessutom mycket av rummets material och färgsättning. Ljusa tak och väggar bidrar kraftigt till intrycket av en ljus och trivsamt miljö som kan innebära att det tillförda ljuset kan minskas. När man bygger om eller installerar ny belysning bör man alltid överväga färgsättningen. Det förekommer väggmaterial med egenskaper som innebär att mer än 60 % av ljuset absorberas i rumsytorna.

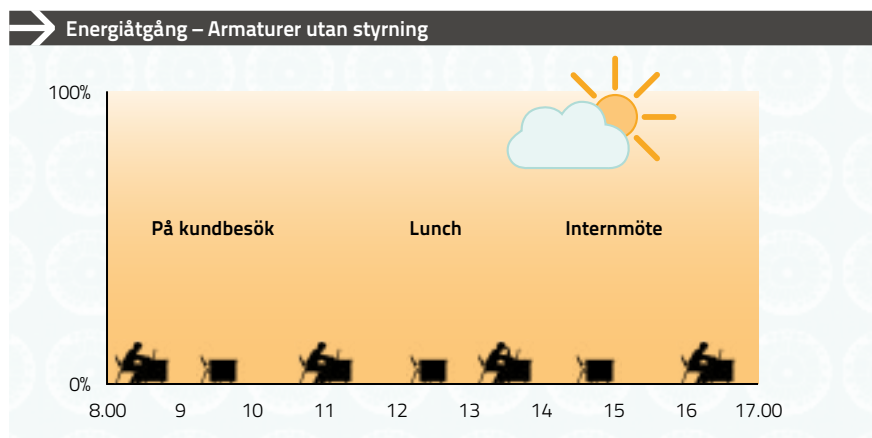
Med alla dessa olika aspekter som bakgrund har armaturtillverkarna utformat armaturer som speciellt lämpar sig för till exempel skolsalar, sportanläggningar, kontor eller korridorer.



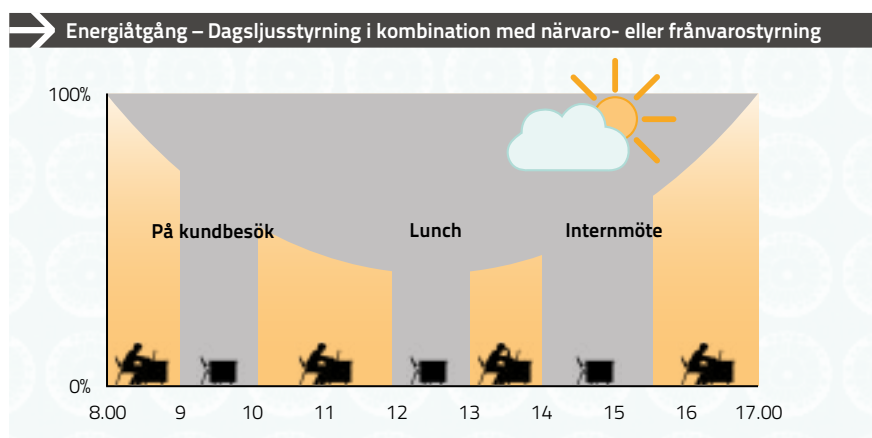
## Styrning av belysning

Att kunna styra belysningen vid sin arbetsplats ökar trivseln. Friheten att inte bara tända och släcka belysningsarmaturer, utan också att ställa in en belysningsstyrka som är rätt för den enskildes önskemål, ålder och arbetsuppgifter är en stor tillgång.

Olika system med belysningsstyrning innebär också mycket stora energibesparingar. En rad erfarenheter från till exempel skolor, idrottshallar och kontor visar att det finns mycket stora energibesparingar att göra med närvarostyrning och dagsljusstyrning.



**FIGUR 4** - På en traditionell arbetsplats tänds man belysningen på morgonen och sedan står den på hela dagen oavsett om man är på plats eller inte tills man släcker efter sig när man lämnar jobbet.



**FIGUR 5** - En smart belysning anpassar sig efter närvaro och dagsljus. När man lämnar sin arbetsplats för möten eller lunch släcks belysningen och när dagsljuset ökar dimras belysningen ned. Det innebär en energibesparing på minst 50 %.

Det finns flera olika system för att styra en belysningsanläggning, både för styrning av enstaka armaturer och för grupper av armaturer. Det finns också system för fördefinierade ljusscener som kan användas i lokaler där man har olika aktiviteter som sammanträdesrum, matsalar och gymnastiksal.

Styrning av belysning innebär att man påverkar belysningens styrka, dess riktning och spridning eller ljusets färg. När man reglerar ljusets styrka sker det oftast genom att man reglerar lampans effekt. Minskar man ljuset minskar också effekten, som regel dock inte lika mycket som ljuset. Den enklaste formen av styrning är till- och frånkoppling som kan vara manuell eller skötas med automatik. Vid belysningsstyrning bör man vara uppmärksam på hur systemet påverkar ljuskällornas livslängd. Energi- besparing kan således uppnås genom att minska belysningen när behovet av elektriskt ljus minskar eller inte behövs. Två vanliga system är närvaro- och dagsljusstyrning. De kan också kombineras. Reglering av belysningens styrka kan ske på tre sätt:

- Till- och frånkoppling
- Tändning/släckning i steg
- Steglös reglering

### **Till- och frånkoppling**

Alla anläggningar kan tändas och släckas och normalt sköts detta manuellt. Problemet är att vi reagerar när vi behöver ljus, men oftast inte när ljuset kan släckas. Skäl att släcka är att dagsljuset ger tillräckligt med ljus eller att vi lämnar rummet tillfälligt eller för dagen. Normalt brukar det vara lönsamt att släcka belysningen om vi lämnar ett rum i mer än tio minuter. I äldre anläggningar med lysrör minskar rörens livslängd av att tändas ofta, men kostnaden för detta kompenseras av minskad energianvändning. En ganska vanlig missuppfattning är att det går åt mycket energi vid tändning och att man därför inte ska tända och släcka för ofta. Detta är helt försumbart.

Rum och lokaler där belysningen ofta kan vara tänd utan att det finns aktuella behov är kontorsrum, konferensrum, skolsalar och idrottshallar, förråd och arkiv, garage m.m.

Det perfekta systemet ska verka utan att synas och träda in när individen missar. Lämnar man rummet utan att släcka, ska automatiken sköta släckningen men man ska även kunna tända och släcka själv. Ett närvarostyrt system får inte släcka när någon befinner sig i rummet. För projektören gäller det att välja rätt typ av styrning och inställning. Systemet ska vara så känsligt att det alltid detekterar.

Automatisk tändning och släckning kan utformas på olika sätt och med olika slags styrsystem. Man kan exempelvis låta automatiken både tända och släcka eller också bara ha automatisk släckning. Vill man spara maximalt ska systemet bara sköta släckningen.

Automatisk tändning är främst en bekvämlighetsåtgärd för utrymmen som saknar dagsljus. Den är lämplig på toaletter där man alltid måste tända och i arkivutrymmen dit man kanske kommer och har båda händerna upptagna av något man bär på. Om lokalen har dagsljus kan man använda en sensor som även känner av hur ljusst det är. Är det tillräckligt ljusst blockeras tändfunktionen.

### **Tändning och släckning i steg**

Tändning och släckning av belysningen i steg bygger på att armaturerna är bestyckade med minst två ljuskällor, har ljusreglering eller är uppdelade på grupper som kan tändas och släckas separat. I en sådan anläggning kan man förutom att tända och släcka även välja mellan exempelvis hel- och halvljus.

#### *Korridorer och kulvertar*

Korridorer och kulvertar är kommunikationsutrymmen med mycket oregelbunden användning. Under vissa tider uppehåller sig många människor i dessa lokaler medan det under natten endast förekommer någon enstaka passager.

Ur trivsel- och säkerhetssynpunkt vill man kanske inte ha helt mörkt. Lösningen kan vara två belysningssteg. En grundbelysning på natten och en fullbelysning när personer vistas där. När någon kommer in i korridoren eller kulverten tänds nattbelysningen upp till fullbelysning.

#### *Trapphus*

Att kliva ut i ett mörkt trapphus upplever många som obehagligt. Det kan ta tid att hitta tryckknappen och tända. Det kan också ta tid innan en närvarodetektor hinner tända. En lösning kan vara att under vissa tider ha en permanent dämpad grundbelysning som ökas vid närvaro. Grundbelysningen kan komma från separata armaturer, en armatur med två ljuskällor eller en armatur där ljuskällan regleras mellan två lägen.

### *Vissa anläggningar med dagsljus*

I många lokaler med dagsljus kan detta ljus räcka under en stor del av dygnet eller året. För att inte behöva tända lampbelysningen helt, kan man dela upp belysningen på två system. Ett som kompenserar med ljus när dagsljuset inte räcker till och ett som används när det saknas dagsljus. Om man kommer utifrån vid starkt dagsljus och in i en lokal som är otillräckligt belyst upplevs denna som mörk. När det är mörkt ute kan man istället uppleva samma belysning som ganska stark. Detta beror på ögats tröghet när det gäller anpassning till rådande ljusförhållanden. Här kan man således göra en besparing genom att dämpa ljuset när det är mörkt ute.

### *Behovsstyrd inomhusbelysning*

I vissa lokaler kan utnyttjandegraden variera under dagen. Man kan då välja att ha något mindre belysning när få eller nästan inga människor vistas där och öka belysningen när fler besöker lokalen. Exempel på användningsområden kan vara utställningar, museer, entréer med mera.

### **Steglös reglering**

Steglös reglering förutsätter att armaturerna har ett driftdon som kan ljusregleras. Därför gäller detta alternativ i huvudsak nya anläggningar och anläggningar som ska byggas om. Den vanligaste formen med denna styrning är konstantljus. En fotocell monteras så att den känner av belysningen på en arbetsplats eller i ett rum. Man ställer därefter in en önskad belysningsstyrka. När belysningen tänds regleras lampbelysningen så att summan av dags- och lampbelysning motsvarar det inställda värdet. När dagsljuset ökar minskar lampbelysningen och när dagsljuset avtar på kvällen ökar lampbelysningen. Vissa system stänger av lampbelysningen när dagsljuset ensamt fyller behovet av ljus medan andra reglerar ner lampbelysningen till lägsta möjliga värde. Systemen ska också ha en tröghet så att de inte påverkas av korta tillfälliga förändringar i dagsljuset. Fotocellen kan vara separat monterad eller sitta i armaturen. I det senare fallet kan flera armaturer styras från armaturen med fotocell. För att uppnå så stor besparing som möjligt kan det i större rum vara lämpligt att dela upp belysningen i zoner. Varje zon styrs av en egen detektor. På detta sätt kan man tillföra mindre ljus nära fönstren och mera ljus längre in i lokalen. Att dela upp belysningen på flera grupper med separat tändning är för övrigt ett enkelt och ofta billigt sätt att sänka energianvändning. Det är mycket vanligt att fotocellen kombineras med en närvarogivare så att

belysningen kan släckas när ingen vistas i lokalen. I styrsystem som bygger på DALI-protokollet tilldelas varje armatur en adress. Alla armaturer är förbundna med en tvåtrådig styrledning. Via denna kan varje armatur tändas, släckas och ljusregleras individuellt. Systemet kan programmeras via en persondator. Man bestämmer vilka detektorer som ska kommunicera med vilka armaturer. Således behövs ingen ny ledningsdragnings när man vill göra förändringar i lokalen eller styrningen.

### **Olika slags närvarodetektering**

Närvarodetektering har funnits ganska länge. En del anläggningar har fungerat bra och andra mindre bra. Problemen har varit att belysningen slocknar medan personer vistas i lokalen eller att system tänder utan att någon vistas i det detekterade området. Vid planering av närvarostyrd belysning gäller det att välja lämplig detektor, placera den på rätt ställe och göra riktiga inställningar.

#### *Passiv IR-detektering*

Detta är det vanligaste systemet. Det bygger på att man detekterar snabba värmeförändringar inom ett område, vilka uppstår när en människa vistas och rör sig inom detta. Sitter personen helt stilla sker inga förändringar och detektering uteblir med följderna att ljuset kan slockna. Bra detektorer har hög känslighet och ett finmaskigt nät av avkänningsfält. Det finns system som klarar av att detektera sovande människor. Detektorer för inbrottslarm är av samma typ men är inte lika känsliga. Närvarodetektorn ska alltid detektera, hellre en gång för mycket än en för lite. Larmdetektorer som ger felaktig detektering, resulterar i dyrbara vaktutryckningar och måste undvikas. Det har byggts anläggningar där man försökt kombinera både närvaro och larm i samma detektor vilket inte brukar fungera särskilt bra. Den säkraste detekteringen uppnås när en person rör sig vinkelrätt mot avkänningsfälten. Detta är något man måste tänka på vid placeringen av detektorn. Man ska heller inte placera detektorn så att den kan "se ut" genom öppna dörrar. I sådana fall kan en person som rör sig längs en korridor tända belysningen i alla rum där dörrarna står öppna. På vissa detektorer kan man byta linser och därmed påverka hur de detekterar. En lins kan vara lämplig för kontorsrum, en annan för korridorer och en tredje för ett parkeringsgarage. För att skärma av detektorer i vissa riktningar förekommer det att man tejpar delar av detektoröppningen.

### *Aktiva system*

Aktiva system bygger på att detektorn sänder ut en signal som reflekteras och detekteras. Signal erhålls när ekot ändras. En sådan detektor bygger på rörelse. De aktiva systemen kan inte användas utomhus eftersom rörelser hos träd, buskar och kringblåsande löv ger detektering av närvaro. Däremot fungerar de utmärkt inomhus. Aktiva system kan vara mycket känsliga. I vissa fall kan de fås att detektera genom stängda dörrar och tunna väggar. Det finns ganska många armaturer med inbyggda aktiva system.

### *Akustiska system*

De akustiska systemen har förmågan att "se" runt hörn. I lokaler med döda vinklar på grund av rumsform eller möblering, kan man därför kanske klara sig med en detektor medan det kan behövas flera detektorer i andra typer av lokaler. Problemet med akustiska detektorer är att de kan fånga upp ljud som inte ska utlösa detektering. Normalt reagerar den akustiska detektorn inom två frekvensområden. Ett mycket lågfrekvent område används för att tända belysningen och ett högfrekvent område för att detektera närvaro. De höga tonerna kan komma från personer som rör sig eller pratar. Det lågfrekventa ljudet, som ligger utanför det hörbara området, uppstår när dörrar öppnas och kan jämföras med tryckförändringar. När detektering upphör släcks belysningen efter inställd tid. Systemet används för trapphus. En mikrofon klarar som regel flera våningsplan och flera mikrofoner kan anslutas till samma styrenhet. Rätt injusterat kan systemet vara så känsligt att belysningen tänds innan dörren öppnats så mycket att man ser ut i trapphuset. Problem med falsk detektering har berott på blåst, tung trafik, dörrar som inte är ordentligt stängda och kraftiga bashögtalare. Akustiska system och PIR-system kan kombineras för optimal funktion. Andra ställen där man med fördel använt akustisk detektering är parkeringsgarage, omklädningsrum och toaletter. Gemensamt för dessa är att det förekommer mellanväggar och möblering som försvårar detektering med andra system.

## ➔ BEGREPP OM STYRNING

### **Manuell styrning**

Manuell styrning kan avse att steglöst ljusreglera arbetsplatsens eller rummets armaturer (dimring), eller bara att kunna tända eller släcka armaturerna manuellt.

### **Närvarostyrning**

Ett system som automatiskt tänder belysningen när någon kommer in i rummet och som automatiskt släcker efter en viss förutbestämd tid när ingen längre finns i rummet. Systemet kan också ställas in så att ljuset regleras ned till önskad nivå istället för att släcka helt för att öka känslan av trygghet. Sensorn som känner av om någon finns i rummet kan vara placerad i belysningsarmaturen eller i rummet. Exempel på lokaler där närvarostyrning med fördel kan användas är kontorsrum, förråd, toaletter och kapprum, korridorer, trapphus och parkeringsgarage.

### **Frånvarostyrning**

Ett system som kräver att någon manuellt tänder belysningen och som automatiskt släcker efter en viss förutbestämd tid när ingen längre finns i lokalen. På samma sätt som när det gäller närvarostyrning kan systemet också ställas in så att ljuset regleras ned till önskad nivå istället för att släcka för att öka känslan av trygghet. Sensorn som känner av om någon finns i rummet kan vara placerad i belysningsarmaturen eller på annan plats i rummet. Systemet kan med fördel användas i samma typer av lokaler som närvarostyrning.

### **Dagsljusstyrning**

Det innebär att belysningsstyrkan kommer att hållas kring ett förutbestämt värde. Om infallet av dagsljus minskar kommer ljuset från belysningsarmaturerna att öka så att den förutbestämda nivån hålls, och på motsvarande sätt kommer ljuset från belysningsarmaturerna att minska när dagsljusinfallet ökar. Sensorn som känner av dagsljusnivåerna kan vara placerad i belysningsarmaturen eller i rummet. Kan användas i alla typer av lokaler som har dagsljusinsläpp.

### **Konstantljus**

Ett system där en ljussensor hela tiden håller belysningsstyrkan till ett förutbestämt värde. Detta system kan användas för att inte behöva överdimensionera en ny anläggning med tanke på ljusnedgången.





# Belysningens miljöpåverkan

**För att avgöra hur en belysningsanläggning påverkar miljön måste man värdera hela anläggningens livscykel, det vill säga miljöpåverkan från tillverkningen, driften och till det slutliga omhändertagandet av belysningsprodukterna.**

En viktig aspekt för den som planerar belysning är vilken inverkan som anläggningen kommer att ha på miljön. Att göra en komplett livscykelanalys av de olika faserna i en belysningsanläggning, det vill säga ta reda på hur varje del påverkar miljön "från vaggan till graven", är ett mycket komplicerat och omfattande arbete. Men flera sådana analyser är gjorda och visar att mer än 90 % av miljöpåverkan från en belysningsanläggning kommer från energianvändningen under användningstiden. Därför är det allra viktigaste miljöbeslutet att välja en så energieffektiv lösning som möjligt.

## Material och produktion

Inom belysningsbranschen är många företag certifierade enligt ISO 14001 eller EMAS. Det innebär att de förpliktigar sig att arbeta för ständiga miljöförbättringar inom sitt verksamhetsområde.

Armaturer tillverkas i material som stål, aluminium, koppar eller plast. Under produktionsfasen är det framför allt gjutning, olika mekaniska processer och energianvändning som belastar miljön. Generellt går det i dag åt mindre material för belysningsprodukter än tidigare. Även förpackningsmaterial och transporter påverkar miljön.

Innehållet av farliga ämnen i elektrisk materiel, dvs. ljuskällor och armaturer, regleras i lag. Farliga ämnen som flamskyddsmedel, kvicksilver, kadmium och bly är i princip förbjudna i belysningsprodukter. Kvikksilver får dock användas i mycket begränsad mängd i vissa ljuskällor. Gränsvärdena för kvicksilver sänks också med jämna mellanrum. Den lagstiftning

som reglerar innehållet av farliga ämnen finns i RoHS-direktivet (Restriction of the Use of certain Hazardous Substances). Maximal tillåten koncentration anges vanligen som en procentsats av vikten.

Även i REACH-direktivet (Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals) regleras förekomsten av kemikalier i, bland annat, belysningsprodukter.

## Användning och drift

Eftersom energianvändningen under drift står för den absolut största miljöbelastningen i belysningsssammanhang, hela 90 %, är det på detta område som det finns möjlighet att skapa en mindre miljöpåverkande anläggning. Man ska välja energieffektiva ljuskällor och armaturer med ljusreglering som använder så lite energi som möjligt när de är i drift. Att planera belysningen så att dagsljuset kan utnyttjas och att installera styrsystem som släcker när ingen är i rummet eller tänder vid vissa tidpunkter, är självklara energibesparande åtgärder. Det är den uttagna effekten som räknas, inte den installerade.

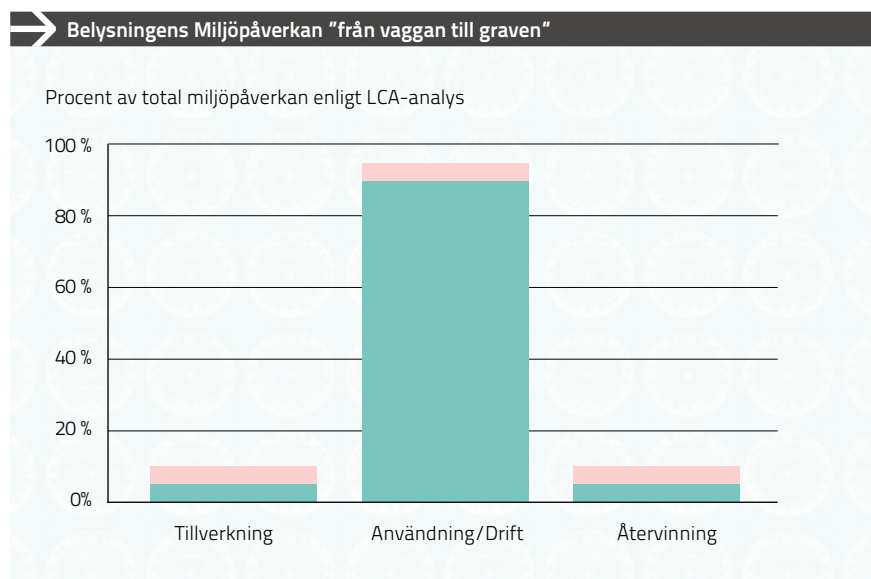
Att noggrant definiera arbetsplatsen så att ingen onödig belysning installeras, är också ett bra sätt att sänka energianvändningen. Underhållet av anläggningen är också viktigt. En regelbunden rengöring av armaturer och ljuskällor gör att den planerade ljusnivån i lokalen kan bibehållas. Om underhållet planeras in från början behöver anläggningen inte överdimensioneras.

Om man vill värdera en belysningsanläggnings påverkan på miljön uttryckt i koldioxidutsläpp, multiplicerar man antalet kilowattimmar som en anläggning använder under ett år med en omvandlingsfaktor för koldioxidutsläpp. För Norden kan man använda 0,344 kg enligt Energi-marknadsinspektionen.

## Återvinning

I Sverige, liksom i övriga Europa, har vi producentansvar för elektroniska och elektriska produkter, däribland belysningsprodukter. Producentansvaret reglerar insamling, hantering och återvinning av elektriskt material. Konsumenter och företag ska kostnadsfritt kunna bli av med armaturer och ljuskällor när de blir avfall. Producenterna är ansvariga för att finansiera detta och har bildat ett bolag, El-Kretsen, som har avtal med

landets kommuner om själva insamlingen. Sedan transporterar El-Kretsen elavfallet till certifierade återvinnare och materialet kan användas till nya ljuskällor och armaturer i ett kretslopp.



**DIAGRAM 2** ▪ Belysningens Miljöpåverkan "från vaggan till graven".

Källa: Ljus & Rum



# Belysningsekonomi

**Det är givetvis möjligt att genomföra energibesparande åtgärder utan krav på att dessa ska vara ekonomiskt lönsamma men det är vanligt att man vill spara både energi och pengar.**

För att kunna bedöma lönsamheten i ett projekt måste alla ekonomiska konsekvenser utvärderas. Det sker idag nästan uteslutande med olika LCC-kalkyler (livscykelkostnader). Kalkyler kan användas för att studera om ett projekt är lönsamt, vilket alternativ som är mest lönsamt eller för att beräkna vad belysningen kostar att använda.

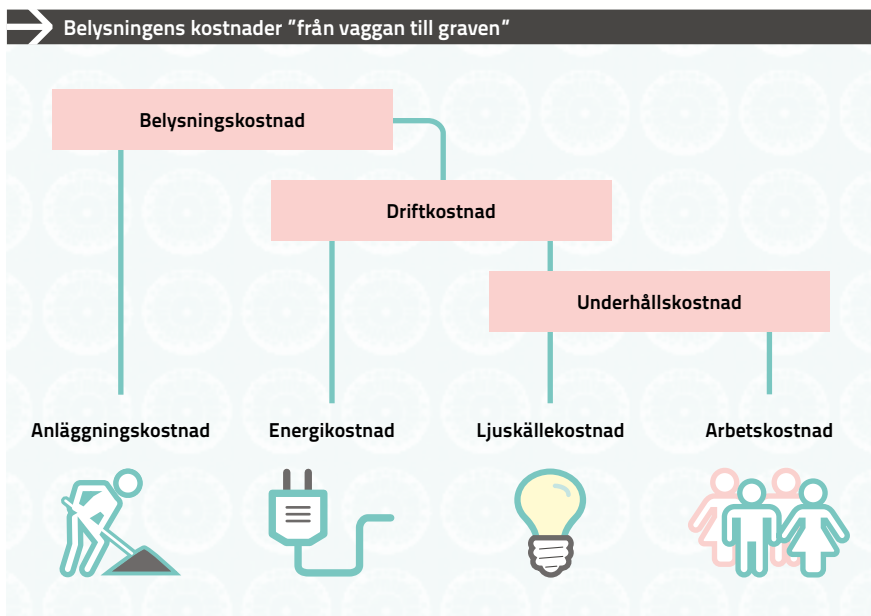
Ekonomiska kalkyler kan också användas för att beräkna hur underhållet, dvs. regelbunden rengöring av armaturer, ska läggas upp för att ge så låg totalkostnad som möjligt. Även i till synes rena lokaler behövs rengöring av belysningsutrustning på samma sätt som fönster och andra ytor rengörs.

I en ekonomisk kalkyl tar man hänsyn till ljusnedgång och nedsmutsning vid projektering och att det baseras på ett kontinuerligt underhåll, för att inte behöva överdimensionera antalet armaturer vid en projektering.

Innan vi jämför olika modeller ska vi titta på vilka kostnader som är förknippade med belysning.

## Belysningskostnaden

Belysningskostnaden består av en fast och en rörlig del. Den fasta kostnaden är huvudsakligen investeringen och brukar kallas kapitalkostnad. Den rörliga kostnaden är beroende av användningstiden och består av kostnader för energi, ljuskällor och underhåll (rengöring och reparationer). Gränsdragningen är inte alltid helt klar. Den fasta avgiften på elräkningen påverkas ju inte av användningstiden och armaturerna behöver göras rena även om belysningen inte är tänd lika mycket.



FIGUR 6 • Belysningens kostnader "från vaggan till graven".

### Kapitalkostnaden

Kapitalkostnaden består av ränta och avskrivning på investeringen. Förutom investeringens storlek, beror kapitalkostnaden på vilken kalkylränta man använder och på avskrivningstid. Vid upphandling av belysning har det varit vanligt att man endast jämfört själva investeringsutgiften eller till och med bara utgiften för armaturer och ljuskällor.

Ofta är det inte den som projekterar eller installerar belysningen som kommer att betala den framtida driftkostnaden. Detta kan tyvärr leda till en onödigt dyr och inte särskilt energieffektiv belysningslösning. Studerar man kostnaden för belysning under anläggningens livslängd ser man att den helt dominerande kostnaden är energikostnaden. Ett val av effektiva armaturer och ljuskällor samt lämpliga styrsystem leder därför till den lägsta energikostnaden och totalkostnaden.

### *Val av kalkylränta*

Det finns olika sätt att resonera när man väljer kalkylränta. Man kan till exempel utgå från kostnaden för att låna till investeringen, vilken ränta kapitalet alternativt kan placeras till eller vilket krav på avkastning man har på eget kapital. Kalkylräntan sätts ofta centralt i organisationen och gäller för alla typer av investeringar.

SKL har publicerat skriften *Kalkyler för offentlig fastighetsverksamhet* som fungerar som ett pedagogiskt verktyg. Samtliga kalkylmetoder presenteras både med förklaringar och med hjälp av räkneexempel för att öka förståelsen.

### *Val av avskrivningstid*

En belysningsanläggning används under mycket lång tid innan den byts ut. Det är inte ovanligt att en belysning får göra tjänst i 25-30 år.

För att få en korrekt kalkyl bör man använda en avskrivningstid som ligger så nära den uppskattade livslängden hos anläggningen som möjligt. Är man osäker på vilken avskrivningstid man ska välja är 15 år en vanlig schablontid, inte minst med tanke på den snabba tekniska utvecklingen inom belysningsområdet.

## **Energikostnaden**

Den totala energikostnaden består av ett antal delposter. Vissa av dessa är fasta och andra rörliga. Vid kalkylering brukar man bara ta hänsyn till den rörliga delen. Detta gäller framför allt när man ska jämföra olika alternativ.

Den rörliga delen kan bestå av kostnad för energi, kostnad för överföring, elcertifikat, energiskatt och moms.

Om kalkylen gäller dagsläget är det lätt att fastställa energikostnaden.

Ska däremot kalkylen sträcka sig över flera år bör man försöka uppskatta ett medelvärde för energikostnaden under kalkyltiden. Ser man i backspegeln inser man att det kan vara mycket svårt att ge en prognos för elprisets utveckling under flera år.

## **Ljuskällkostnaden**

Kostnaden för ljuskällor är en förhållandevis liten del av belysningskostnaden. Den består av kostnaden för lampor och arbetskostnaden för att byta dessa. Långa lamplivslängder bidrar till att hålla ljuskällkostnaden på en låg nivå.

## Underhåll och rengöring

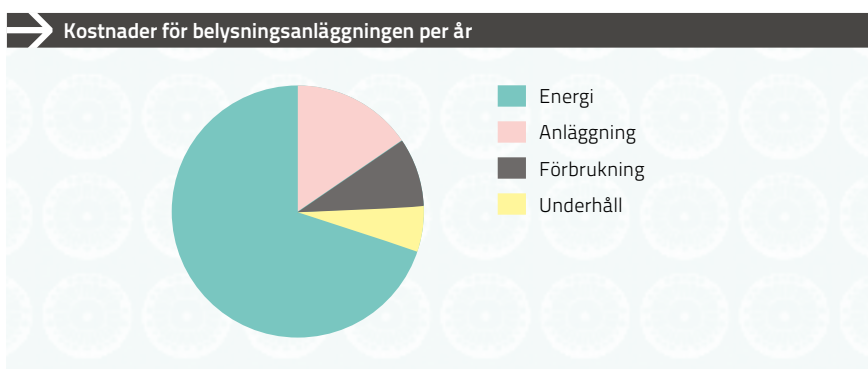
Det är viktigt att planera in ett regelbundet underhåll av en belysningsanläggning. Damm och smuts gör att man även i förhållandevis rena miljöer får räkna med en ljusnedgång om man inte vidtar åtgärder.

En anläggning som ger mindre ljus på grund av smuts och gamla ljuskällor, där ljusnedgången är stor, drar lika mycket ström som en anläggning som är ren och har nya ljuskällor. Man kan därför sätta ett pris på det förlorade ljuset.

Vid projektering sker ofta en överdimensionering för att kompensera för förväntad ljusminskning. Med bra underhåll kan överdimensioneringen göras mindre vilket direkt ger en energibesparing. Det finns också system med *konstantljus* som anpassar belysningsstyrkan till rekommenderade värden för lokalen. Därmed behöver inte anläggningen överdimensioneras från starten.

*Ljus & Rum* rekommenderar att projektören upprättar en underhållsplan för belysningen. Den ska baseras på de förutsättningar som antagits för projekteringen. I underhållsplanen ska ingå beskrivning av hur underhållet ska göras och hur ofta det ska ske. En förteckning över armaturer och ljuskällor är viktig.

Olika armaturer smutsas olika snabbt. Uppljusarmaturer samlar mer smuts och damm än armaturer som riktar ljuset nedåt. Armaturer som är täta och har hög kapslingsklass (IP-klass) blir mindre smutsiga än de som är mindre täta. Det är också skillnad på hur enkelt det är att göra rent olika armaturtyper.



FIGUR 7 • Kostnader för belysningsanläggningen per år.

Källa: Belysningsbranschen



## Beräkningsmodeller

Det finns olika modeller för att beräkna kostnaden för en belysningsanläggning och för att ekonomiskt jämföra olika lösningar. Det mest korrekta sättet är att beräkna anläggningens sammanlagda kostnader under hela den tid som den förväntas användas. Här beskriver vi kort tre modeller:

- Livscykelkostnadsanalys
- Pay-off
- Annuitetsberäkning

### Livscykelkostnadsanalys

I denna kalkylmodell beräknar man vad belysningen kommer att kosta under sin livslängd. Beloppen blir stora och visar tydligt hur mycket man ofta kan spara genom att välja energieffektiva lösningar. Beräkningsmodellen rekommenderas av Belysningsbranschen och Energimyndigheten. Vid beräkningen kalkylerar man de framtida driftkostnaderna med hänsyn till förväntad prisutveckling. Kostnaderna omräknas sedan till nuvärde vilket gör att kalkylen också kallas för nuvärdeskalkyl.

### Pay-off

I denna kalkyl undersöker man hur snabbt en merkostnad i investering betalar sig genom lägre driftkostnad. Tiden för detta kan ligga till grund för ett investeringsbeslut. Modellen är lätt att förstå men har många brister. En sådan är att den inte tar någon hänsyn till investeringens livslängd. Med hänsyn till den långa livslängden hos en belysningsinstallation är pay-off-modellen olämplig för att utvärdera belysningsinvesteringar.

### Annuitetsberäkning

Med denna metod beräknar man en årlig kapitalkostnad som består av investeringskostnaden multiplicerad med en annuitetsfaktor som beror på avskrivningstid och kalkylränta. Till kapitalkostnaden lägger man energikostnaden, ljuskällkostnaden och kostnaden för underhåll. Även denna metod är enkel att förstå. Svagheten är att den inte tar hänsyn till framtida prisändringar. Detta kan man kompensera genom att välja priser som utgör ett förväntat medelvärde för kalkyltiden. En annan fördel med annuitetskalkylen är att den kan ge svar på vad belysningen kostar just i kalkylögonblicket. En uppgift som är värdefull vid budgetering och om kostnaden för belysning ska faktureras på en användare.



### **Program för kostnadsberäkningar**

På Energimyndighetens webbplats [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se) finns en modell för beräkning av livscykelkostnad för belysning att ladda ner. SKL kommer att ta fram en ny skrift om LCC-kalkyler under 2016, där man samlar goda exempel.

På marknaden finns dessutom flera program för ekonomiska analyser av belysning och några av de beräkningsprogram som används för belysning innehåller också moduler för ekonomiska kalkyler.

### **Beräkning av energibalans**

När det gäller beräkning av hur mycket en energibesparing ger i praktiken bör man också se över fastighetens samlade energibalans. Om det finns ett kylbehov innebär en energibesparing på belysningen att kylbehovet minskar och att besparingen blir större. Om det föreligger ett uppvärmningsbehov kan all elbesparing inte tillgodoräknas rakt av då en del spillvärme kan komma husen tillgodo. Men eftersom spillvärmens från belysningen i regel hamnar på fel plats (under taket), vid delvis fel tid (utanför uppvärmnings-säsong) så finns det i regel goda skäl att fortsätta spara. Vilken ordinarie uppvärmningskälla som används (fjärrvärme, biobränsleanläggning, värmepump) påverkar ju också värderingen av att använda direktel från belysningen som alternativ värmekälla.

### *Effektsänkning*

I vissa fall kan en energibesparing också ge möjlighet till en effektsänkning vilket innebär ökad ekonomisk vinst.

## **Vinster med god belysning**

Att beräkna kostnaderna för belysning är möjligt och relativt enkelt.

Intäkterna däremot kan vara svåra att sätta ett konkret värde på då de inte bara består av sänkta elkostnader utan också färre sjukskrivningar, högre produktivitet bland anställda, lägre personalomsättning och ökad trivsel.

Att belysning påverkar hur vi människor mår och presterar är knappast en nyhet för oss i Sverige. Att bristen på ljus vintertid gör oss trötta är väl dokumenterat. Rätt ljus på vår arbetsplats gör att vi är piggare och gör ett bättre jobb. Forskning visar att vi med olika ljus kan påverka halterna av vakenhetshormon och sömnhormon. Arbetsplatsens utformning är också viktig. En felplacerad belysningsarmatur leder ofta till en felaktig arbetsställning vilket i sin tur kan leda till arbetsskador och sjukskrivningar med stora ekonomiska och mänskliga kostnader för arbetsgivaren och medarbetaren som följd, helt i onödan. Se mer i kapitel 3.



# Att komma igång med energi-effektivisering

**För att komma igång med energieffektivisering av belysning behövs en arbetsplan. Det behövs också en person som har ett övergripande ansvar för att genomföra planen. I detta kapitel beskriver vi hur en åtgärdsplan tas fram samt ger tips och råd om hur man kan arbeta systematiskt i sex steg för att nå en minskad energianvändning. Sist i kapitlet diskuteras även kort kring upphandlingshjälp.**

Under de senaste 15–20 åren har utvecklingen inom belysningstekniken inneburit att energianvändningen för belysning kan sänkas mycket kraftigt. Exempel på sådan teknik är ljuskällor såsom LED och styrsystem. Detta innebär också att det finns en stor besparingspotential för energi i äldre anläggningar. När man diskuterar energieffektiv belysning måste man skilja mellan nya och gamla anläggningar. Självfallet ska nya anläggningar byggas med modern teknik som utnyttjar dagens möjligheter där detta är ekonomiskt möjligt.

Energibesparingen kan drivas mycket långt men det är inte säkert att alla åtgärder är ekonomiskt lönsamma. Vad som är lämpligt måste utredas från fall till fall. Det är också viktigt att energibesparing inte leder till försämrad belysning. Detta gäller såväl arbetsmiljö, säkerhet och komfort som visuell upplevelse. I praktiken visar många projekt att energieffektiv belysning oftast leder till bättre belysning.

Genomtänkt planering är en förutsättning för såväl belysningskvalitet som energieffektiv användning. Energi är ju en produkt av effekt och tid och för att hushålla med energi bör man därför sträva efter att inte installera fler watt än nödvändigt och att bara använda belysningen när den verkligen behövs.

## Åtgärder i befintliga anläggningar

Befintliga anläggningar är inte någon enhetlig grupp, istället ingår väldigt olika anläggningar. Exempelvis finns anläggningar som är så gamla att de behöver byggas om på grund av föråldrat material, för att belysningen inte längre uppfyller kraven på god belysning eller att installationen utgör en säkerhetsrisk ur brand- och elsäkerhetssynpunkt. Andra anläggningar har tillfredsställande belysning men inte någon effektiv energianvändning och dessa lönar det sig att byta ut bara för att det är ekonomiskt lönsamt.

När man möblerar om eller ändrar lokalanvändning bör man se till att anpassa belysningen till nya behov. Då ska givetvis modern och energieffektiv teknik användas. Där man anser att det inte är ekonomiskt försvarbart att bygga om för att minska den installerade effekten får man koncentrera sig på att begränsa den tid som armaturerna är tända.

Belysningen ska bara användas när den behövs. När lokaler står tomma kan belysningen ofta släckas eller dämpas. När dagsljuset räcker till för ljusbehovet bör elbelysningen också släckas. Teknik finns för både närvarostyrning och dagsljusstyrning. Konstantljus innebär att belysningen anpassar sig efter tillgången på dagsljus. Det kan ge en stor besparing men kräver armaturer som kan ljusregleras och är därför oftast bara möjlig i anläggningar där man byter armaturer.

Att styra belysningen med att endast tända och släcka innebär som regel tämligen små investeringar som snabbt betalar sig och närvarostyrning är nästan alltid lönsam.

## Plan för arbete med energieffektiv belysning

När man har beslutat att inleda ett systematiskt arbete med att minska energianvändningen för belysning sker det i följande steg:

1. Inventering
2. Analys
3. Prioritering
4. Planering
5. Upphandling och genomförande
6. Uppföljning

De olika punkterna går in i varandra. Till exempel behövs någon form av planering för att man ska kunna kostnadsberäkna och prioritera.

Om de personella resurserna inte räcker till, eller om man anser att den egna kompetensen är för låg, bör man inte tveka att anlita någon extern kraft, till exempel belysningskunnig elkonsult eller ljusdesigner.

## 1. Inventeringen

Inventeringens syfte är att hitta de projekt som är lämpliga för en djupare analys. Kriterier för detta kan vara:

- Belysningen är gammal och nedsliten och behöver byggas om
- Belysningen uppfyller inte dagens standard för bra belysning
- Belysningen är acceptabel men den förbrukar onödigt mycket energi

Fastighetsskötare och arbetsmiljöansvariga är som regel ganska medvetna om vilka anläggningar som, på grund av ålder och slitage, är i behov av ombyggnad och utbyte. Inventeringen bör därför innehålla ett samtal med fastighetsskötare, arbetsledare och skyddspersonal. Inte minst skyddspersonalen brukar ha bra kunskap om var belysningen är bristfällig.

El/belysningsansvarig person inom organisationen bör alltid kontaktas i samband med inventeringen, för val av nya belysningsarmaturer.

Fastighetsansvarig har säkert också en god bild över fastighetsbeståndet, olika fastigheters ålder och vilka åtgärder som vidtagits tidigare.

Det gäller först att hitta objekten med så liten insats som möjligt. I osäkra och tveksamma fall får man göra en besiktning. Tecken på omodern belysning kan vara gamla typer av bländskydd och raster. Belysning som är mer än 20 år har ofta plastskivor som täcker ljusöppningen eller fyrkantraster av plast eller plåt. Oftast saknar armaturerna reflektorer eller så används vitmålad plåt som reflektorer. Kontrollera också hur smutsiga armaturerna är. Har lacken och plastdetaljer gulnat och är smuts fastbränd i lacken är detta ett tecken på att något behöver göras. Även om armaturerna fungerar kan de elektriska komponenterna vara slitna. Här kan det krävas fackkunskap för att göra bedömningar. Exempel på elektriska komponenter som kan vara defekta är driftdon som överhettats och blivit bruna, plastledningar som torkat och där isoleringen kan lossna, lamphållare som kärvar när man ska byta lysrör, lamphållare av bakelit som är brända på grund av överhettning m.m.

Äldre lysrörsarmaturer med T8 lysrör med en diameter på 26 mm är en indikation på att belysningen är gammal, föråldrad och använder otidsenlig teknik. Även belysningsarmaturer har en begränsad livslängd.

### Visuell utvärdering

För att hitta de anläggningar där belysningen inte uppfyller dagens krav måste man göra en belysningsteknisk bedömning. Den kan ske visuellt eller genom mätning. Visuell utvärdering innebär att man på ett systematiskt sätt med hjälp av synsinnet bedömer belysningen. Detta kan verka subjektivt men ger förvånansvärt lika resultat för olika besiktningspersoner och dessutom hittar man som regel fler brister än när man mäter.

Visuell utvärdering är ett systematiskt sätt att med synsinnet utvärdera belysning. Genom att bedöma sju olika faktorer som beskriver belysningen får man en bra bild av vad som är bra respektive dåligt.

- a. **Ljusnivå:** Känns rummet ljust eller mörkt? Är belysningen tillräcklig för att kunna utföra de arbetsuppgifter man har utan synansträngning? Är det ljusare eller mörkare än i omkringliggande rum? Används belysningen av människor med speciella behov?
- b. **Ljusfördelning:** Finns ljuset där det bäst behövs? Är arbetsytorna jämnt belysta? Känns belysningen trist och monoton? Är det stora variationer i rummets belysning?
- c. **Skuggor:** Är skuggorna mjuka (otydliga) eller hårda (mörka och skarpa)? Förekommer störande eller förvirrande skuggor? Upplevs material och texturer på ett tydligt sätt?
- d. **Reflexer och blänk:** Förekommer reflexer som är störande eller bländande? Speglar sig belysningen i arbetsmaterialet. Man kan testa detta genom att lägga ett blankt papper eller en spegel på arbetsytan. Finns blänk och reflexer som ger lyster och berättar om material (till exempel metallytor)?
- e. **Bländning:** Förekommer bländande dagsljus? Bländar tak- eller arbetslampor? Beror ev. bländning på olämpliga armaturer eller armaturplacering? Förekommer blänk från belysningen i bildskärmar och blanka arbetsytor?
- f. **Ljusfärg (färgtemperatur):** Känns ljusfärgen neutral och behaglig? Är ljusets färg samma som i angränsande rum? Förekommer lampor med olika ljusfärg i rummet? Skulle det vara bättre med ett varmare (gulare) eller kallare (vitare) ljus i rummet?



- g. Färgåtergivning:** Känns färgerna i rummet naturliga? Detta kan testas genom att hålla handen under ljuskällan och se om handen ser naturlig ut. Om exakt färgbedömning är väsentlig går det då att se alla nödvändiga färger (till exempel när diagnos ska ställas på sjukhus)? Förekommer färger i rummet och inredningen som känns påträngande?

### *Ljusbelysning*

För att mäta behöver man dels en standard där belysningskvaliteten finns beskriven och ett instrument. Standarden för arbetsplatser är Svensk standard 12464-1:2011 som beskrivs i boken *Ljus & Rum*.

Mätaren kan vara en luxmeter eller luminansmeter. Vanligtvis klarar man sig med en luxmeter. Vid ljusbelysningen bör man både kontrollera allmänbelysningen i lokalen och arbetsbelysningen inom själva arbetsområdet. Man bör också bedöma belysningens jämnhet. Inom arbetsområdet ska belysningen vara jämn medan man kan acceptera större variation i lokalen. Delar av en arbetslokal ska dock inte upplevas som mörka. Vid mätningen ska man eliminera inverkan från dagsljus. För att kunna bedöma resultatet från mätning måste man ha en uppfattning om när man senast bytte ljuskällor och gjorde rent. Ett dåligt resultat kan bero på att ljuskällorna är gamla och armaturerna smutsiga. Lösningen kan då vara byte av ljuskällor och rengöring av armaturer. Är anläggningen istället nyligen underhållen och mätvärdet på gränsen till att underkännas är detta ett tecken på att den är otillräcklig och behöver förbättras.

För dokumentationen av både mätning och visuell utvärdering behövs något slags protokoll. I sin enklaste form kan detta bestå av en tabell där man anger vilken lokal besiktningen avser, en kolumn för belysningsstyrkans värde, uppmätt och enligt standard, samt ett fält för anteckningar. Att dokumentera anläggningen med ett digitalt foto är också ett bra stöd för minnet.

## **2. Analysen**

Analysen går ut på att bedöma de projekt som hittats och undersöka vilka av dessa som man ska gå vidare med. En bra början är att beräkna den installerade effekten och jämföra med nyckeltal. Ta reda på hur många ljuskällor det finns och vilken effekt dessa har. När den totala effekten är beräknad divideras den med den belysta golvytan. Jämför sedan med tabellen på nästa sida. Andra projekt som bör tas fram är sådana där belysningen inte uppfyller dagens krav.

För en första bedömning finns några referensvärden i *Ljus & Rum* för installerad effekt. Man måste dock beakta att en automatisk styrning av belysningen ger mycket stora besparingar av energianvändningen för belysningen, i vissa utrymmen större än i andra.

Energianvändning	
Lokal	Watt per kvadratmeter
<b>Kontor</b>	
Cellkontor	8 – 10
Korridor	6 – 8
<b>Skolor</b>	
Klassrum och grupprum	10 – 12
Korridor	6 – 8
Matsal	8 – 11
<b>Sporthallar</b>	
Sporthall	14 – 15
Omklädningsrum	4 – 7
<b>Sjukhus</b>	
Vård/patientrum	7 – 10
Korridorer	7 – 9
Väntrum	8 – 10
Kulvert	5 – 7

**TABELL 2** • Energianvändning i watt per kvadratmeter.

### 3. Prioriteringen

Prioriteringen handlar om att rangordna projekten efter angelägenhetsgrad. Förslagsvis kan de delas in i tre grupper:

- Projekt som bör åtgärdas omgående
- Projekt som det är önskvärt att åtgärda snarast
- Projekt som kan vänta något eller några år

En prioriteringslista ger dessutom indikationer på vad man har att vänta i form av framtida åtgärder och underhåll. De kommer då inte som överraskningar och man får en god bild av nödvändigt underhåll och investeringar. Till gruppen "Projekt som bör åtgärdas omgående" hör de som är lönsamma att åtgärda eller har säkerhetsbrister (till exempel risk för brand eller elolycka). Åtgärder som kan vidtas utan särskilt stora kostnader bör också ges hög prioritet. Det kan gälla utbyte av glödljus eller installation av närvarostyrning. Uppfyller belysningen inte rekommendationerna eller kan driftkostnaden

sänkas påtagligt även om återbetalningstiden är lång, bör projekten hänföras till grupp två. Prioriteringen av energi- och belysningsprojekten bör självfallet samordnas med andra åtgärder. Det kan gälla allmän upprustning och uppfräschning av lokaler, ombyggnad av ventilation, reparation av skador med mera. Genom samordning blir kostnaderna oftast lägre. Givetvis påverkar tillgången på pengar hur snabbt projekten kan genomföras. I vissa fall har åtgärder kunnat genomföras med extern finansiering såsom leasing med mera.

#### **4. Planering**

En belysningsplaneringsprocess är ofta ett omfattande arbete med många olika krav och önskemål som ska uppfyllas från beställare, användare och andra parter.

Det finns flera skäl till att det är bra för den som är planeringsansvarig att strukturera sitt arbete. Man får bättre kontroll och tydligare överblick över hela planeringsprocessen. Det blir

lättare att bedöma om kraven och önskemålen från alla intressenter är uppfyllda – och att de går att jämkas ihop. Man har större möjlighet att göra rätt från början och kan på så sätt minimera risken för kostsamma kompletteringar eller ändringar i slutet av processen. Dessutom blir samordningen med andra deltagare i projektet enklare.

Följ momenten i planeringsprocessen steg för steg, stäm av med beställaren och dokumentera ändringar och beslut under hela processen. Då får man kontroll över planeringen och det blir lättare att utvärdera om förutsättningarna för och resultatet av planeringen stämmer överens med de mål som satts upp för belysningsanläggningen. Dessutom får man en stor del av arbetet med underhållsplanen förberett på köpet. På så sätt kan man bidra till en belysningsanläggning och en ljusmiljö som är funktionell, estetiskt tilltalande och kostnadseffektiv under hela sin livscykel.

#### **5. Upphandling och genomförande**

För upphandlingen finns det normalt färdiga rutiner. Konkurrensverket har också tagit fram ett hjälpmedel med krav som ska underlätta för offentliga fastighetsförvaltare att upphandla energieffektiv belysning.

När det gäller projekteringen bör man anlita en konsult, en ljusdesigner, för att skapa en kravspecifikation och låta entreprenören utforma ett förslag. Denna konsult kan sedan finnas med som kontrollant under projektets genomförande. Man kan också anlita konsulten redan i ett tidigt skede så att denne kan delta i inventeringen.

## 6. Uppföljning

Uppföljning är viktig av flera skäl. För det första gäller det att kontrollera att man fått det man beställt. Uppföljningen kan också gälla:

- Fungerar anläggningen som det var tänkt?
- Uppnås planerat belysningsresultat?
- Uppnår man den förväntade energibesparingen?
- Fungerar styrningen så att brukarna är nöjda?
- Har det uppstått några problem av annat slag?

Samtal med brukarna kan ge värdefull information. Mätningar kan behöva genomföras för att kontrollera att planerat resultat uppnåtts. I sådana fall bör man även ha gjort mätningar före så att man har referensvärden. Slutligen ger uppföljningen värdefull återkoppling och erfarenhet. Vad fungerar bra respektive mindre bra?

## Upphandlingshjälp

Upphandlingsmyndigheten har hjälpmedel som underlättar för offentliga fastighetsägare och fastighetsförvaltare att upphandla energieffektiv belysning. Ny belysning med styrning innebär en mycket stor energibesparing.

Det är i projekteringsfasen som avgörande beslut fattas för lokalens framtida energianvändning. Sådant som har stor betydelse för belysnings-systemets energianvändning är till exempel utformning av lokalerna, installation av olika typer av styrsystem samt val av energieffektiva belysningsprodukter. Detta är aspekter som måste finnas med vid uppstarten av belysningsprojektet.

Om det nya kravet används ska leverantören, inför en upphandling, redovisa belysnings-systemets förväntade årliga energianvändning (så kallad LENI-tal, Lighting Energy Numeric Indicator) på ett standardiserat sätt. Kravet bidrar till utveckling av nya energimedvetna belysningslösningar. Kravet ger också ett ökat fokus på behovsanpassad ljusstyrning genom närvaro- och dagsljusstyrning. Genom ökad användning av styrsystem ökar även ljuskällornas livslängd.

Belysning i offentliga och privata lokaler står idag för 65 % av Sveriges energianvändning för belysning. Enligt Energimyndigheten uppgår belysning inom kontor, skola och vård till 2,38 TWh årligen.

Energikraven är baserade på befintliga standarder och energieffektiviseringen påverkar inte belysningskvaliteten. Metoden finns även väl beskriven i Belysningsbranschens planeringsguide *Ljus & Rum*.

Upphandlingshjälpen fokuserar på belysning inom tre olika typer av byggnader – skolor, kontor och vårdlokaler – vilka är de vanligaste typerna av kommunala byggnader och finns för bas- respektive avancerad nivå.

Det finns också kriterier för upphandling av de tjänster som anlitas i och med projektering av nya belysningsanläggningar, eller vid renovering eller ombyggnation av befintliga belysningsanläggningar.

Upphandlingshjälpen som tagits fram av före detta Miljöstyrningsrådet och senare Konkurrensverket finns nu hos Upphandlingsmyndigheten.

[www.upphandlingsmyndigheten.se](http://www.upphandlingsmyndigheten.se)

## → LENI

LENI är en Europastandard för att räkna ut hur mycket energi som går åt till belysningen i en byggnad. Standarden heter Byggnaders energiprestanda – Energikrav för belysning SS-EN 15193. Detta är en beräkningsmetod för att kontrollera att den installerade effekten för belysning används efter behov och så effektivt som möjligt. Man ska således även sätta fokus på den faktiska energianvändningen över tid mätt i kilowattimmar per kvadratmeter och år. Det blir alltså viktigt att planera inte bara för en bra belysning utan även för en effektiv energianvändning över tiden med utnyttjande av styrning av belysningsanläggningen.

### **Så fungerar standarden**

SIS-standarderna för att energiberäkna belysning ligger i linje med EU-direktivets krav. Belysningens installerade effekt inom ett rum multipliceras med den årliga tid som byggnaden används och divideras med rummets yta och man erhåller ett LENI-tal (Lighting Energy Numeric Indicator) i kilowattimmar per kvadratmeter och år specifikt för detta rum. Nyckeln till effektivare belysning är dels en låg installerad effekt, dels en minskning av den totala utnyttjningstiden genom olika reduktionsfaktorer för dagsljus-, närvaro- och konstantljusstyrning. SS-EN 15193 är en standard för att jämföra olika belysningslösningar. Man kan jämföra både vilka besparingar man kan göra genom att använda effektiva armaturer och ljuskällor och påvisa vilka skillnader i LENI-tal en lösning får med respektive utan styrning.



# Utomhusbelysning

**Utomhusbelysning har mycket stor betydelse för vår känsla av trygghet och trivsel utomhus. Belysning utomhus skiljer sig dock från inomhusbelysning på flera sätt, bland annat genom långa brinntider, ofta på upp till 4 000 timmar per år. Det innebär också att åtgärder för energibesparing får stor genomslagskraft och betalar sig snabbt. Detta kapitel behandlar den fastighetsnära belysningen med utgångspunkt från de gåendes synvinkel.**

Hälften av all utomhusbelysning i Sverige har föråldrad teknik. Den snabba teknikutvecklingen inom belysning under de senaste åren erbjuder därför stora möjligheter till besparingar.

Det är lätt att åstadkomma stor förändringar med relativt små medel och liten energiåtgång om planeringen sker på ett genomtänkt sätt.

Utomhusbelysningen kan delas upp i olika kategorier med olika förutsättningar:

- fastighetsnära belysning vid till exempel skolor, förskolor, sjukhus och campus
- väg- och gatubelysning
- belysning på offentliga byggnader och offentlig utsmyckning
- idrottsanläggningar
- utomhusbelysning i bostadsområden
- privat utomhusbelysning

De krav man ska ställa på belysningen för denna typ av anläggningar är:

- att lätt kunna orientera sig
- att kunna upptäcka hinder
- att kunna identifiera mötande
- att belysningen ska återge området på ett trevligt sätt

Här är det mycket viktigt att tänka på omfåltsljuset, dvs. det ljus som faller på väggar, buskar och vertikala ytor. Omfåltsljuset är viktigt eftersom det gör det lättare att känna igen människor eller tolka andras ansiktsuttryck. Det här är i hög grad en fråga om hur vi upplever säkerhet, trygghet och trivsel. I en parkmiljö behöver man få upp ljuset i träden för att skapa ett större uterum och inte bara rikta ljuset från armaturerna ned mot en gångväg.

Utomhus och bland obekanta människor söker människor ofta ett visst "säkerhetsavstånd" som brukar variera mellan ungefär 4 och 10 meter beroende på omständigheterna. Det här är alltså en faktor som bör beaktas när belysningen ska planeras.

Tillfälliga besökare ska också lätt kunna orientera sig, det vill säga få en överblick över hela området.

Upptäcka hinder betyder att man ska kunna se sträckstenskanter, trappsteg, gropar och vattenpusslar. Det kan annars vara lätt att snava och skada sig på objekt man inte kan urskilja ordentligt.

Om området återges på ett trevligt sätt beror på hur belysningen utförs och på vilken materiel som väljs. Här är några av de avgörande faktorerna:

- god färgåtergivning
- bländning ska alltid undvikas
- inget störande ströljus
- modellering
- visuellt intryck

Ströljus kan ibland leda till klagomål från boende. Problemet är om man får en stickande ljuspunkt intill ett fönster eller i viss blickriktning. Det här är en fråga om var armaturerna placeras och ljusfördelningen. Den senare kan man kanske inte göra så mycket åt i det enskilda fallet, men däremot bör placeringen göras med omsorg. Med lite varierad ljuspunktsplacering kan man också få armaturerna på platser där de belyser byggnader på ett trevligt sätt.

Modellering är en egenskap hos ljuset för att belysta föremål ska se naturliga ut och inte för utslätade eller för hårt belysta. Ljus rakt från sidan blir lätt för hårt och rakt framifrån utslätande. Det bästa som kan åstadkommas i den här typen av anläggningar är ljus riktat ungefär 45 grader och snett uppifrån.

Det visuella intrycket hos anläggningen bör vara väl genomtänkt och anpassat till omgivande arkitektur. Tänk på att belysningsstolpar och armaturer ska kunna ses i dagsljus under halva året. Med en enkel perspektivskiss kan man få hjälp att se hur anläggningen kommer att se ut när den blir klar.



### **Ljus för säkerhet**

Utomhusbelysning kan också ha en funktion som säkerhetsljus och då gäller det att ha ett visst ljus på fasaden och på området framför byggnaden.

### **Ljus för trygghet**

Att arbeta med utomhusbelysning är också i hög grad en jämställdhetsfråga eftersom kvinnor upplever större otrygghet än män när det är mörkt.

## **Byt ut gammal teknik**

### **Halverad elanvändning**

Tack vare den snabba teknikutvecklingen kan fastighetsorganisationer minska sin elförbrukning för utomhusbelysning med mer än 50 %. Det sker när man byter gamla och dåligt underhållna armaturer mot nya moderna armaturer med LED och bra optik.

### **Minskade underhållskostnader**

En viktig anledning till att byta ut gamla armaturer är att moderna LED-armaturer har mycket längre livslängd vilket reducerar underhållskostnaderna.

### **Beräkna hela livscykelkostnaden**

Vid inköp av utomhusbelysning är det viktigt att inte bara titta på vilken produkt som är billigast vid inköpet utan även vilken produkt som förbrukar minst energi och är billigast att underhålla, dvs. livscykelkostnaden.

### *Ljusförorening*

Man ska alltid eftersträva att i möjligaste mån undvika ljusnedsmutsning (mer använt "Light pollution"). Ljusnedsmutsning innebär att det ljus vi sänder ut under dygnets mörka timmar inte används där det ska dvs. på ytor som vi vill ska belysas utan riktas uppåt. Ljusnedsmutsning innebär onödiga kostnader och viss forskning visar att sådant ljus har ekologiska effekter då det exempelvis påverkar olika arters navigering, predator-byte-relationer, pollinerare m.m.

## LED – det naturliga alternativet utomhus

Idag är armaturer med LED det naturliga alternativet för utomhusbelysning, ca 70 % av all offentlig utomhusbelysning som säljs idag är LED-armaturer.

LED-tekniken passar bra för att användas utomhus. Den skapar en ljuskvalitet som få andra ljuskällor har. Bra avbländade, relativt små armaturer gör att installationen inte upplevs som störande under dagen eller på natten.

LED-ljuskällor finns i många olika färgtemperaturer vilket gör det möjligt att skapa många effektfulla ljussättningar i gröna uterum.

Tack vare LED-ljuskällans effektivitet och att den finns i många olika effekter, kan man dimensionera sin utomhusanläggning och skapa precis den ljusnivå man behöver utan överdimensionering. Man är inte låst till några få och ofta för stora effekter, som med tidigare konventionella ljuskällor, då man utomhus ofta arbetar med betydligt lägre ljusnivåer än inomhus.

LED-tekniken passar särskilt bra utomhus då tekniken fungerar alldeles utmärkt i kyla. När det gäller park-, gång- och cykelvägar har LED också den fördelen att den finns tillgänglig i varierande ljusflöden, som gör att man kan optimera ljusflödet för den aktuella applikationen. Med konventionella ljuskällor kan detta vara svårt. LED erbjuder därför en stor energibesparingspotential.

Den långa livslängden hos LED – 50 000 timmar – kan också till fullo utnyttjas vid belysning av park-, gång- och cykelvägar, då man här ofta räknar med en årlig brinntid på 4 000 timmar, och att armaturerna, med stor sannolikhet, kommer att kunna användas i 20-25 år. Den långa livslängden gör också att man undviker problem som annars lätt kan uppstå vid lampbyte, då packningar eller annat kan skadas med fuktproblem som följd.

### Vitt ljus

För närvarande finns det en stark trend mot ökad användning av vitt ljus med bra ljuskvalitet vid utomhusbelysning och det är egenskaper som är enkla att skapa med LED. Helt klart kan detta betraktas som ett kvalitetslyft framför allt när det gäller fastighetsnära belysning. Fördelarna med vitt ljus med bra kvalitet är både att det återger omgivningen på ett attraktivt sätt och att man tack vare ljusets spektrala fördelning upplever omgivningen som ljusare.

## Styrssystem

Någon form av styrssystem för att minska energianvändningen är idag en självklarhet i nya belysningsinstallationer. Det finns allt från avancerade centrala system, som kan mäta och styra det mesta, till enkla armaturbundna lösningar som är enkla att använda vid utbyte av armaturer i befintliga anläggningar, utan kompletteringar av installationen. LED passar för detta och besparingen blir nästan 50 % större jämfört med konventionella ljuskällor, då besparingen nästan är linjär, vilket inte är fallet med konventionella urladdningslampor. Man bör dock alltid kontrollera att det inte finns förhållanden som gör att nattsänkning är olämplig.

## Underhåll

Underhållsfrågan är viktig, och väljer man en armatur med LED vet man nästan säkert att den förväntade användningstiden kommer att vara så lång att man behöver byta både LED-moduler och driftdon minst en gång. Det är därför viktigt att förvissa sig om att ersättningsmoduler kommer att finnas tillgängliga och att utbytet är rimligt enkelt. Att välja en armatur med hög skyddsklass minskar nedsmutsningen inuti armaturen och kan minska behovet av underhåll och rengöring.

## Ljus för skolgården

På våra breddgrader är vintermörkret en faktor att ta med i beräkningen, inte minst i de norra delarna av landet. Barn kan leka och vistas utomhus tidigare och senare på dagen under vinterhalvåret om utemiljön är väl belyst.

Kreativt placerad belysning är ett effektivt sätt att skapa spännande rumsupplevelser efter mörkrets inbrott. Genom att medvetet placera belysningspunkter på olika höjd, med olika avstånd och i grupp kan man skapa annorlunda rumsupplevelser som framträder under de mörka timmarna. Exempelvis kan en plats som är upplyst med färgade ljuskällor, och som omges av mörker, bli en attraktiv målpunkt och en spännande lekplats.

God belysning underlättar för personalen att ta ansvar för barnens säkerhet. Ett annat motiv för att investera i god belysning är att upplysta miljöer är mindre skadeutsatta. Såväl ökad insyn över gården som att förbipasserande väljer att gena över gården är skadeförebyggande.



# Goda exempel

**I detta kapitel finns ett antal goda exempel som beskriver hur olika beställare resonerat om ny belysning och vilka avvägningar som gjorts. Exempelen visar på de energieffektiviseringar som kan göras med modern belysningsteknik som också inkluderar belysningsstyrning.**

**Följande exempel presenteras:**

1. Belysningsstyrning i Vallentuna kulturhus och bibliotek
2. LED i Regnbågens förskola i Lund
3. Närvarostyrning i Kista Entrés garage
4. Pedagogiskt ljus i skolmiljöer
5. Mer utelek med bättre ljus i Uppsala
6. Belysningspolicy hos SISAB
7. Bättre arbetsmiljö på Karolinska universitetssjukhuset Huddinge
8. Forskningsprojekt om LED i skolan
9. Forskning om hälsa genom smart ljus
10. Trapphus med smarta ljus i Norra Djurgårdsstaden

## 1. Belysningsstyrning i Vallentuna kulturhus och bibliotek

När ett nytt och större kulturhus i Vallentuna centrum skulle byggas ville man skapa en central mötesplats för medborgarna. Det nya kulturcentrumet innehåller således ett stort bibliotek, lokaler för utställningar, teater och musik, verkstad, läshörna för barn och ett café. För att förstärka aktiviteterna och tillmötesgå de olika behoven i respektive lokal valde man ett flexibelt och mångsidigt belysningsssystem med ett avancerat styrsystem.

Sammantaget styrs belysningen i Vallentuna kulturhus och bibliotek via ett nätverk och central styrning och övervakning sköts genom ett system som garanterar att alla ljuskällor automatiskt är inställda för olika scener.

Ett styrsystem som reglerar belysningen efter närvaro och tillgång till dagsljus är också installerat.

Parallellt med den centrala styrningen skulle det finnas möjlighet att styra belysningen på varje våning oberoende av övriga våningar. Personalen kan nu välja en förinställd scen, starta en lokal belysningssekvens eller manuellt ljusreglera belysningen.

Den dynamiska och mångsidiga belysningen förstärker de olika aktiviteter som äger rum i byggnaden.

Denna övergripande strategi för ljusstyrning minskar också energianvändningen och miljöpåverkan eftersom man utnyttjar dagsljusstyrning och närvarokontroll.

## 2. LED i Regnbågens förskola i Lund

På Regnbågens förskola i Lund har den moderna LED-tekniken testats i stor skala.

Serviceförvaltningen på kommunen har i samverkan med Lunds universitet tagit fram smarta belysningslösningar för förskola och skola. Arbetet har genomförts som en del av Energimyndighetens program *Uthållig kommuns belysningstema*.

– Vi ville ta fram exempel på god hållbar belysning som kan bli en ny standard inom kommunen, säger John Nielsen tidigare servicechef på Lundafastigheter. Då gäller det att ta med forskningsbaserad kunskap.

– Men det är ett faktum att belysningen är en del av det pedagogiska arbetet, tillägger förskolläraren Henrik Kyhlberg.

Inom Lunds universitet pågår ett tvärvetenskapligt arbete kring belysningsfrågor och särskilt kunskap om ljusets påverkan på oss som människor.

– Vi inom universitetet är beroende av att hitta miljöer där vi kan testa våra idéer, säger Thorbjörn Laike, professor i miljöpsykologi vid Institutionen för arkitektur och byggd miljö, LTH, och kommunen är en perfekt arena med alla sina olika verksamheter.

Målet med belysningslösningarna som provats på Regnbågens förskola har varit att utforma kostnadseffektiva belysningar som främjar hälsa och välbefinnande och ger funktionell energieffektiv belysning. Arbetet har skett i en bred arbetsgrupp bestående av allt från förskolans personal till tekniker, ljusdesigners och forskare.

### 3. Närvarostyrning i Kista Entrés garage

Vasakronan äger och förvaltar centralt belägna kontors- och butiksfastigheter. En av fastigheterna är Kista Entré och i garaget har fastighetsbolaget nu bytt till en belysningslösning med LED-teknik.

”T5-armaturerna i garaget i Kista Entré var 10 år gamla och HF-donen började gå sönder. Dessutom hade vi ett underhållsarbete som vi var tvungna att göra, elkablarna i T5-armaturerna var utdömda ur elsäkerhetssynpunkt och skulle bytas ut. Vi hade ekonomiskt utrymme att investera i hållbar LED-belysning och bestämde oss för att göra det”, berättar Anders Liljegren, teknisk förvaltare på Vasakronan.

Förutom att minska energianvändningen skulle den nya LED-belysningen ha minst samma ljusnivå som den befintliga lysrörsbelysningen. I garaget, som har en yta på 12 000 m<sup>2</sup>, installerades 330 LED-armaturer, monterade på vajer och på vägg. Ljuspunkt byttes mot ljuspunkt. Belysningen tänds sektionvis när bilarna kör in i garaget.

Eftersom de nya LED-armaturerna har fördragna elledningar kunde man på ett enkelt sätt ta bort de defekta elledningarna. Armaturerna har också en smart elanslutning till själva LED-insatsen, vilket gör att det går snabbt att byta LED-modul om det skulle uppstå problem eller om man vill flytta en LED-modul till en annan armatur.

Sedan LED-belysningen installerades i garaget används närvarokontrollen på ett effektivare sätt och belysningens drifttid har minskat. Med lysrörsbelysningen var garaget tänt i 15 minuter när bilarna körde in. Nu är den tänd i bara 3 minuter eftersom LED-lampornas livslängd inte påverkas av antalet tändningar/släckningar som för lysrör.

”Vasakronan är miljöcertifierat och klimat neutralt, vi köper bara grön el. Med LED-belysningen har vi fått högre ljusnivå till lägre installerad effekt. Vi gör en årlig besparing på 40 MWh utan att ljuskvaliteten har försämrats och vi kommer att få mycket lägre underhållskostnader än tidigare”, säger Anders Liljegren.

### 4. Pedagogiskt ljus i skolmiljöer

Arkitekten Jonas Kjellander sprider kunskap om ljus som ett pedagogiskt verktyg i skolmiljöer både genom sina projekt och genom föreläsningar.

Han påpekar att det pedagogiska ljuset bland annat handlar om att tillämpa belysning som ett verktyg, ett verktyg som påverkar inlärningen.

## **Samarbetar med barn och pedagoger**

Under sina 32 år som arkitekt har Jonas Kjellander utvecklat både ett specifikt intresse för och kunskap om ljus i vad han anser vara de viktigaste miljöerna – förskolor och skolor.

– I dessa vardagsmiljöer danas vi ju under våra unga år och där är det för mig extra viktigt att verka tillsammans med både barn och pedagoger, säger han och anser generellt att alla arkitekter och inredningsarkitekter borde intressera sig mer för ljus eftersom ”arkitektur och ljus förutsätter varandra”.

– Fortfarande lämnas idag ansvaret för ljusmiljön till tekniska konsulter. De är vanligen mycket duktiga på installations- och styrteknik men saknar ofta den mjuka upplevelsemässiga aspekten som är minst lika viktig. Ljus påverkar ju både känsla och psykologi och borde behandlas mer med hänsyn till kvalitet. Inte minst när det som i skolmiljön också får en pedagogisk aspekt. Men jag ser tack och lov att medvetenheten ökar, mycket tack vare ljusutbildningarna, säger han vars arkitektutbildning hade obligatoriska inslag av ljuskunskap. Han försöker dra sitt strå till stacken genom att sprida sina kunskaper, dels genom sina projekt och dels genom föreläsningar både för oss och på till exempel Konstfack och Tekniska Högskolan i Jönköping.

## **Måla med ljus**

Under sina föreläsningar ger Jonas Kjellander exempel på hur det ser ut i svenska skolor – en rätt deprimerande bild särskilt som han också visar hur enkelt det är att åtgärda och förbättra. I praktiken gäller 300 lux på referensytan, medan bländning och jämnhet sällan följs upp. Inget aktivitetsbaserat ljusstänkande, ingen variation, oftast livlösa luxmattor utan skuggor, helt utan själ. I hans projekt vägleder däremot ljus som skapar atmosfär, stöttar ”det goda livet”, ljus som är pedagogiskt, som får barnen att upptäcka till exempel samspelet med skuggor och sist men inte minst – ljus som är energieffektivt.

– Visst är det lättare att påverka i en nybyggnation men jag poängterar ofta att man i förbättringar av existerande miljöer ska tänka att istället för att måla om med färg kan man måla med ljus. Och att en hög installationskostnad balanseras av en lägre energianvändning. Kort sagt handlar det alltid om att använda rätt ljus på rätt plats vid rätt tid och att ljus ofta är som bäst när det verkar utan att påtagligt synas. Men visst är det tufft när nyckeltalen idag pressas till nästan orimliga nivåer, menar Jonas Kjellander och tillägger att stora frågor som integration, radikalisering och i slutändan demokratin faktiskt har ett samband med till synes vardagliga styrdokument som nyckeltal och belysningsbudget.





– Alla vi som planerar fysiska miljöer med skolfokus borde högljutt markera farorna, men också tydliggöra lösningarna – att jobba med ljus handlar ju om en hållbar samhällsförbättring och att möjliggöra en värdig framtid för våra ungar, säger han med intensitet i rösten.

### **Nyfikenhet och kreativitet stimuleras**

Jonas Kjellander berättar vidare om att vi vuxna tenderar att dela upp lärande, lek och utforskande, något som inte barnen gör. Detta innebär att deras lokaler bör utformas för att stimulera mixen av just nyfikenhet, fördomsfrihet och kreativitet.

Jonas projekterar efter barns perspektiv vilket inte är riktigt samma sak som barnperspektivet. Barnperspektivet utgår från vuxnas perspektiv på barn som till exempel säkerhetsfrågor medan barns perspektiv handlar om identifikation med och synpunkter från barn.

– Sammanfattningsvis kan väl sägas att om vi planerar det som är bra för barn blir det nästan alltid också bra för vuxna. Men planerar vi främst med vuxenperspektivet blir det sällan lika bra för barn, menar Jonas Kjellander och förklarar det pedagogiska ljuset:

– Det handlar om att tillämpa belysning som ett verktyg, att betrakta belysningen som ett pedagogiskt hjälpmedel och inte bara en del av byggnadens fasta installation samt att anpassa belysningen till olika situationer i tid och rum.

### **Sprider kunskap i Kina**

Sweco arkitekters verksamhet når långt utanför Sveriges gränser och Jonas Kjellander har varit involverad i projekt i bland annat Kina. Utanför staden Shijiazhuang byggs en förskola med svenska förtecken och han har gjort en studieresa i Mongoliet där Sweco medverkar i planerna för utveckling av ekologiskt hållbara skolbyggnader.

– Vårt kunnande är väldigt attraktivt men förutsättningarna helt annorlunda, framför allt i Mongoliet där skolornas problem ofta handlar om ruttna golv som rasar, om kolleveransen fungerar och att el är dyrt. Till förskolan utanför Shijiazhuang bidrar vi både med arkitektur och lösningar för att göra den så miljövänlig och energisnål som möjligt, bland annat planeras egen djurhållning och biogasproduktion. Beställarna har höga ambitioner gällande såväl pedagogik som helhetsstandard – siktet är ställt på att resultatet ska bli normgivande för de bästa kinesiska förskolorna, berättar Jonas Kjellander och tillägger att filosofin är densamma som i Kumla och Umeå. Förskolemiljön är utformad utifrån tilltron till barnens egen förmåga att lära sig själva och av varandra med pedagogerna som aktiva, vägledande lyssnare.

## **5. Mer utelek med bättre belysning i Uppsala**

Tegnérparken i Uppsala har fått en ny belysning som förenklar uteleken för Uppsalas barn när vinterns eftermiddagsmörker faller. Den extra belysningen på lekplatsen är ett initiativ där man också ska undersöka om mer utelek påverkar barnen i området. Bristen på ljus under vinterhalvåret innebär att barn inte kan leka utomhus lika länge som under sommarmånaderna. Det är konsultföretaget Bjerking som står för ljusdesignen, och Uppsala kommun samt Philips som har initierat projektet. Genom att installera intelligent LED-belysning kring Tegnérparkens lekplats kommer barn i området att kunna leka utomhus i en inspirerande miljö, oavsett hur tidigt mörkret faller.

Att barn får möjlighet att leka mer utomhus även på vintern är positivt då utelek oftast innebär att barnen rör sig betydligt mer än om de befinner sig inomhus. Att låta musklerna arbeta ökar problemlösningsförmågan och fri lek på en lekplats utan egentliga regler är dessutom den bästa lekformen då den stimulerar barnens fantasi.

Under en tvåveckorsperiod, i samband med invigningen av lekplatsen, genomfördes en undersökning av hur initiativet påverkade barnen i området. Man tittade på potentiella förändringar i sömn, lek och allmänt välmående före och efter ljusinstallationen.

Två veckor efter att den nya belysningen i parken invigts tillbringade barnen 27 minuter mer tid utomhus varje dag. Mer än hälften av föräldrarna i undersökningen svarade att den ökade uteleken bidrog till att barnen fick bättre humör. Dessutom minskade den tid som barnen i fokusgruppen spenderade framför dator eller tv-spel med 15 %.

Kommunen har uttryckt sig mycket positivt om samarbetet med övriga parter. Att kunna lysa upp offentliga platser som Tegnérparken ökar säkerheten för stadens invånare så att de kan vistas utomhus även när det är mörkt.

## 6. Belysningspolicy hos SISAB

### Hur ska man gå tillväga som beställare?

Peter Kindblom arbetar som elspecialist hos SISAB, Skolfastigheter i Stockholm AB sedan 2005. SISAB var tidigt ute med att testa smarta belysningslösningar med dagsljus- och närvarostyrning, bland annat genom ett pilotprojekt på Engelbrektsskolan, med start under våren 2007.

Under 110 dagar mättes elanvändningen i ett klassrum med ett befintligt belysningsystem från 1970-talet och ett klassrum där man på prov installerat belysning med moderna lysrör och armaturer med dagsljus- och närvarostyrning. Pilotprojektet visade att det fanns stora besparingar att göra och resulterade i en energibesparing på hela 75 %. Här är Peters erfarenheter om hur och varför det är lönsamt att investera i smarta belysningslösningar:

### SISAB:s belysningspolicy

– Staden har idag höga mål för energieffektiva lösningar och därför har vi på SISAB vässat ambitionerna ytterligare. Förutom nuvarande krav på dagsljus och frånvarostyrd belysning i så gott som alla utrymmen, så använder vi mer och mer ännu effektivare ljuslösningar än T5. Där har LED givetvis en given roll. Verksamheterna och barnen är känsliga både för bländning och att de ibland upplever ljuset som lite kallare men vi tror det är en inväjningsfas.

### **Bakgrunden till policyn**

– Dels stadens miljömål och dels vår insikt om belysningens stora påverkan på energianvändningen som är väl belyst i en stor studie från Energimyndigheten och vi hade ibland till och med högre energiåtgång på belysning än Energimyndighetens rapport.

### **Hur går det att övertyga beslutsfattare hos hyresgäster och beställare om vikten av energieffektivisering?**

– Med stadens tydligare mål hoppas vi att det blir lättare att övertyga hyresgästerna och deras förvaltningar. Idag har vi fått över elabonnemangen till oss och får då ett litet incitament att i viss mån kunna byta ut belysning i lite snabbare takt, men det är små pengar vi får som extraunderhåll, så det gäller att hushålla och göra smarta kostnadseffektiva lösningar. Vi skriver lite om belysningslösningar i vår Referens (goda exempel) ”Ljus och belysning”, som finns på vår hemsida [www.sisab.se](http://www.sisab.se) under fastigheter.

– Vissa investeringar är relativt dyra men vi kan visa att de ger besparingar på ganska kort sikt. Dessutom blir miljövinsten enorm på en gång – mindre kvicksilver, återvinningsbara armaturer, mindre värmeutveckling och därmed mindre energi till kylning, flimmerfri belysning och lägre elanvändning.

### **Vad är ditt råd till beställare som funderar på att byta ut föråldrade belysningsanläggningar till moderna och smarta?**

– Idag finns ett otal leverantörer, så ta hjälp av elkonsult och en duktig ljusdesigner för att se på bra kvalitetsarmaturer till rimliga kostnader med goda ljusegenskaper. Tänk på att ljusmiljön är det viktigaste ur både arbetsmiljöhänseende och ur ett tillgänglighetsperspektiv. Ta hjälp av Ljusplaneringsguiden *Ljus & Rum*, som ger mycket bra tips på saker att tänka på och ljusnivåkrav från EU-standarden.

– Välj sedan en lösning med smart styrning, till exempel dagsljus och frånvaro, så kunden kan påverka lite genom att aktivt tända samt ljusreglera. Välj gärna installationsboxar ovan undertak, som ger billigare installation som kan göras ovan undertak i förväg och sedan levereras armaturerna med 5-poligt kontaktdon och kan hängas upp efter att bygget är klart och ”stickproppsanslutats”. Armaturerna blir lättmonterade och de hinner inte bli smutsiga på bygget.

## 7. Bättre arbetsmiljö på Karolinska universitetssjukhuset Huddinge

Ett storsjukhus stänger aldrig för natten. Här pågår verksamhet dygnet runt, året om. Och medarbetarna måste vara alerta oavsett om det är mitt på dagen i juni eller klockan tre på natten mitt i vintern. Personalen på Karolinska universitetssjukhusets postoperativa avdelning i Huddinge vet hur stor betydelse bra ljus har för arbetsmiljön.

Tidigare hade man precis som på många andra vårdavdelningar valt att dämpa ljuset nattetid. Resultatet blev trötta medarbetare som hade svårt att koncentrera sig.

Allt vände när sjukhuset i stället bestämde sig för att satsa på ett dynamiskt belysningsystem som enkelt kan varieras för att efterlikna dagsljusets förändringar. Precis som i världen utanför varierar ljuset på avdelningen under dygnet. Ljuset är inställt så att det är som mildast och varmest vid sjutiden på morgonen när personalskiftet äger rum. Nattpersonalen förbereder sig för att gå hem och sova samtidigt som det nya arbetslaget får en mjukstart på sin arbetsdag. De närmaste timmarna ökas ljusstyrkan kraftigt för att mattas av först vid niotiden på kvällen då nästa nattskift går på. Därefter blir ljuset successivt starkare tills det når maxstyrka vid tretiden på natten, när personalen egentligen är som tröttast och kroppen vanligtvis är inställd på sömn. Inte bara ljusstyrkan varierar utan också ljusfärgen, den så kallade färgtemperaturen. På så sätt kan man efterlikna dagsljusets olika skiftningar. Forskningen visar nämligen att ljusets färgtemperatur påverkar våra hormoner, bland annat kortisol- och melatoninhalten som reglerar sömn och vakenhet. Belysningen på avdelningen är helt datorstyrd, men vid behov kan den regleras manuellt. Effekten syns också utanför arbetsplatsen. Personalen har berättat att de tack vare den nya belysningen sover bättre trots de oregelbundna arbetstiderna, vilket också lett till en bättre fritid och bättre balans i livet.

Karolinska Huddinge var tidigt ute med sin ljussatsning. Då, år 2010, handlade det om lysrörsteknik med styrsystem. I dag är det LED-tekniken som gäller. Det finns en gammal fördom om LED att ljuset är kallt, blått och artificiellt men inget kan vara mer fel. LED-tekniken tillåter att man, i princip obegränsat och väldigt enkelt, kan bestämma vilka egenskaper ljuset ska ha i olika situationer. Man kan efterlikna det naturliga ljusets växlingar, skapa miljoner olika färger och ändra ljusstyrka och mönster i det oändliga. Tack vare det kommer vi, förhoppningsvis snart, att se allt fler dynamiska belysningslösningar inom vården och på andra typer av arbetsplatser, för att skapa välbefinnande och effektivitet.

## 8. Forskningsprojekt om LED i skolan

I dag vet vi att olika slags belysning påverkar människors psykiska och fysiska välbefinnande. Det är viktigt att ta hänsyn till, inte minst när det gäller ungdomar. I dag går svenska skolor mot ett skifte till LED-belysning. Forskare vid Lunds universitet bestämde sig därför för att undersöka effekterna av LED-tekniken jämfört med vanliga lysrör i skolan.

Skolåret 2012/2013 följde forskarna 72 gymnasieelever i Helsingborg. Fyra identiska klassrum utrustades med två olika slags belysning. Två av klassrummen fick LED-belysning och två fick vanliga lysrör. Genom bland annat enkäter och salivanalyser mätte forskarna elevernas känslor, dygnsrytm, vakenhetshormon och upplevelse av ljusmiljön samt elanvändningen. De preliminära resultaten visar att LED-belysning är minst lika bra som vanliga lysrör. Eleverna gav också LED-belysningen högre betyg för den generella ljusupplevelsen. De upplevde även klassrummen som mer och bättre belysta. Analysen av halterna vakenhetshormon, kortisol, hos studenterna visade dessutom att eleverna i LED-klassrummen under de mörka månaderna verkade ha lättare att följa sin inre hormonella dygnsrytm. Det innebär bland annat att man har lättare att komma upp på morgnarna och att man sover bättre. Högre kortisolhalter på morgnarna indikerar också att belysningen inneburit en "pigghetsboost" för LED-eleverna.

Dessutom visade studien att LED-belysningen använde upp till 23 % mindre energi än de redan energisnåla lysrören – något som stöds av beräkningar från Energimyndigheten (STIL) som visar att energisparpotentialen i svenska skolor är stor.

## 9. Forskning om hälsa genom smart ljus

Rätt ljus är bra både för den egna hälsan och för att minska energianvändningen. Det har forskarna vetat länge, ändå går utvecklingen mot smartare ljusmiljöer väldigt långsamt, enligt forskaren Thorbjörn Laike.

– Hälften av alla ljusinstallationer i offentliga miljöer och företag består fortfarande av traditionella lysrör. Det är väldigt konstigt, säger Thorbjörn Laike, miljöpsykolog och föreståndare för Centrum för energieffektiv belysning (Ceebel) i Lund.

I slutet av 90-talet gjordes försök där man studerade människors hälsotillstånd under arbete i olika ljusmiljöer. Man jämförde miljöer med så kallade hf-don (högfrekvensdon som omvandlar växelströmmen till högfrekvensström) med traditionella lysrör. De som deltog märkte ingen

skillnad – men de traditionella ljusen hade ett subliminalt (undermedvetet) flimmer på grund av växelströmmen, medan de mer energieffektiva hf-donen var flimmerfria.

– Flimret påverkade EEG-verksamheten, det vill säga hjärnans aktiveringsgrad hos många personer, och andelen som hade huvudvärk var betydligt större, säger Thorbjörn Laike. Smartare ljus ger bättre hälsa.

## 10. Trapphus med smarta ljus i Norra Djurgårdsstaden

Byggföretaget JM har startat ett pilotprojekt i den nya stadsdelen Norra Djurgårdsstaden i Stockholm där målet är att minska energianvändningen.

Som en del i arbetet med att åstadkomma lägre energianvändning har JM satsat på smart belysning i trapphusen i Norra Djurgårdsstaden.

Smart belysning med moderna LED-armaturer kan minska energianvändning med upp till 80 % jämfört med konventionella installationer. Med hjälp av ett smart system blir belysningen helt behovsanpassad och följer människorna som går i trappan. Ljuset är tätt bara när det behövs, när någon vistas i trapphuset och dit någon är på väg. När det är tomt i trapphuset är också belysningen släckt.

Den smarta belysningen i projektet har en trådlös styrning. Varje armatur är försedd med en närvarosensor och en styrenhet som kommunicerar med de andra armaturerna via radiovågor.

Eftersom kommunikationen mellan armaturerna sker trådlöst är installationen enkel och snabb att få på plats. En elinstallatör behöver bara montera armatur på tak eller vägg, ansluta till 230 V, ställa in sensorerna och installationen är klar. Den enkla installationen är viktig.





# Regelverk av betydelse för belysning

**Det finns olika regelverk som måste beaktas, och som också är till hjälp, i samband med upphandling av belysningsanläggningar. Det finns till exempel lagar, föreskrifter, standarder och rekommendationer.**

**Exempel på lagar** är arbetsmiljölagen respektive plan- och bygglagen. I lagarna finns dock mycket övergripande formuleringar. Det finns också allmänna råd som är mer konkreta.

Konkreta anvisningar finns till exempel i Arbetsmiljöverkets föreskrifter.

## Arbetsmiljöverkets föreskrifter om dagsljus och belysning

Arbetsmiljöverkets föreskrifter handlar om krav på arbetsplatsens utformning. Till varje paragraf finns även en kommentar som ingående förklarar paragrafens innebörd och syfte, se mer på [www.av.se](http://www.av.se).

Här följer de paragrafer som närmast berör arbetsplatsens ljussättning i form av dagsljus och belysning.

### Dagsljus

**9 §** Vid stadigvarande arbetsplatser, i arbetslokaler och personalutrymmen som är avsedda att vistas i mer än tillfälligt, ska det normalt finnas tillfredsställande dagsljus och möjlighet till utblick.

## **Belysning – Allmänna regler**

- 10 §** Belysningen ska planeras, utföras och underhållas samt undersökas och bedömas i den omfattning som behövs för att förebygga ohälsa och olycksfall.
- 11 §** Belysningen ska anpassas till de arbetandes olika förutsättningar och de synkrav som arbetsuppgifterna ställer. Belysning ska ha en för den enskilde lämplig fördelning och riktning. Bländning ska undvikas så långt det är möjligt.
- 12 §** Belysningen och arbetsplatsens utformning ska vara sådana att man med tillfredsställande säkerhet och utan onödiga anpassningssvårigheter kan förflytta sig mellan eller i olika lokaler eller arbetsområden med skilda belysningsförhållanden.

## **Ljuskällor och belysningsanläggningar**

- 13 §** En ljuskällas återgivning av färger ska vara lämplig för arbetsuppgiften. Belysning ska vara utformad så att varningsskyltar, nödstoppsdon och liknande är lätta att uppfatta.
- 14 §** Belysningen ska vara utformad så att besvärande flimmer inte uppstår. Exponeringen för UV-strålning från belysning ska vara så låg att riskerna för ohälsa elimineras eller reduceras till ett minimum.
- 15 §** Åtgärder ska vidtas för att förhindra att olycksfall inträffar på grund av att rörliga maskindelar, arbetsobjekt eller liknande föremål skenbart verkar röra sig långsamt eller stå stilla när de betraktas i periodiskt varierande belysning.

## **Ljus och belysning – Belysning av arbetsplatser (enligt standard SS-EN 12464-1-2011)**

Som namnet på denna standard anger gäller den för arbetsplatser inomhus. Standarden innehåller detaljerade krav för belysningsstyrka på arbetsytor, maximalt tillåtna bländtal och krav på färgåtergivning för olika arbetsuppgifter och arbetslokaler. I vissa fall förekommer anmärkningar med ytterligare krav.

Från kravet på belysning av arbetsytan kan man härleda krav på belysningsstyrka runt själva arbetsområdet och i det övriga rummet. Avgörande för de uppställda kraven är behov av ljus för att kunna utföra en viss synuppgift,

## → ARBETSMILJÖVERKET SKRIVER VIDARE:

Genom rätt utformad belysning skapar man en god visuell miljö, ökar säkerheten mot olycksfall, motverkar ögonbesvär och andra negativa hälsoeffekter. Belysningen har också stor betydelse för att möjliggöra goda belastningsergonomiska förhållanden samt för trivseln i arbetet. Synergonomi i arbetslivet avser samspelet mellan människans seende och arbetet. Den inriktar sig därvid speciellt på seendet och synförhållanden i arbetet: att anpassa arbetsuppgiften och arbetsplatsen till människans olika förutsättningar och att vid behov hjälpa människan att anpassa sig till arbetsuppgiftens krav genom att använda speciella hjälpmedel. Arbetet kan anpassas till exempel genom en ändamålsenlig belysning och ett väl valt arbetsavstånd med hänsyn till synobjektets detaljstorlek.

En detaljerad vägledning vid planering av arbetsplatsens belysning ges i publikationen: *Ljus & Rum – planeringsguide för belysning inomhus* som utarbetats av belysningsbranschen i samråd med Arbetsmiljöverket och Statens Energimyndighet. Skriften innehåller förutom mer allmänna belysningsrekommendationer ett omfattande tabellverk (utdrag ur standarden SS-EN 12464-1, utgåva 1) med bl.a. rekommenderade belysningsstyrkor för olika typer av arbetsplatser och arbetssituationer.

behov för visuell komfort och välbefinnande, säkerhet och ekonomisk hänsyn. Standarden ansluter väl till den praxis som tillämpats sedan länge i Sverige.

### **Ljus & Rum – planeringsguide för belysning inomhus**

Guiden beskriver på ett mer lättillgängligt sätt kraven på bra belysning.

I *Ljus & Rum* ingår dessutom de tabeller med belysningskrav som finns i standarden SS-EN 12464-1:2011.

### **Nödbelysning**

Syftet med nödbelysning är att man ska kunna utrymma en lokal eller byggnad vid strömavbrott. Vid en utrymningssituation är det viktigt att det finns tillräckligt med ljus i lokalen. Armaturerna måste också vara placerade så att en säker utrymning kan ske och att man kan upptäcka alla eventuella hinder längs utrymningsvägen.

Nödbelysning kan utformas med piktogram dvs. en armatur med skylt (springande gubbe) för utrymningssyfte som är försedd med central eller lokal reservkraft. Den ska vara tänd när det kan finnas människor i lokalen.

Nödbelysning finns också utan piktogram dvs. en armatur som har till uppgift att belysa lokaler och utrymningsvägar så att utrymning och räddningsåtgärder kan ske på ett säkert sätt. Kan vara tänd eller släckt vid normaldrift.

Hur nödbelysning ska dimensioneras och utformas beskrivs i den europeiska standarden SS-EN 1838.

Dessutom finns föreskrifter från Arbetsmiljöverket och Boverket. Föreningen Säkerhet genom nödbelysning har gett ut en skrift som informativt och lättillgängligt beskriver vad som gäller för nödbelysning.

*Det finns också ett omfattande regelverk som belysningsbranschens aktörer måste följa och som reglerar belysningsprodukternas utformning. Regelverket är lika i hela Europa.*

### **RoHS-direktivet hanteras av Kemikalieinspektionen**

Genom direktivet förbjuds användningen av kvicksilver, kadmium, bly, sexvärt krom och vissa flamskyddsmedel i nya produkter. Undantag finns bland annat för kvicksilver i ljuskällor med strikta övre gränsvärden som sänks kontinuerligt.

### **WEEE-direktivet hanteras av Naturvårdsverket**

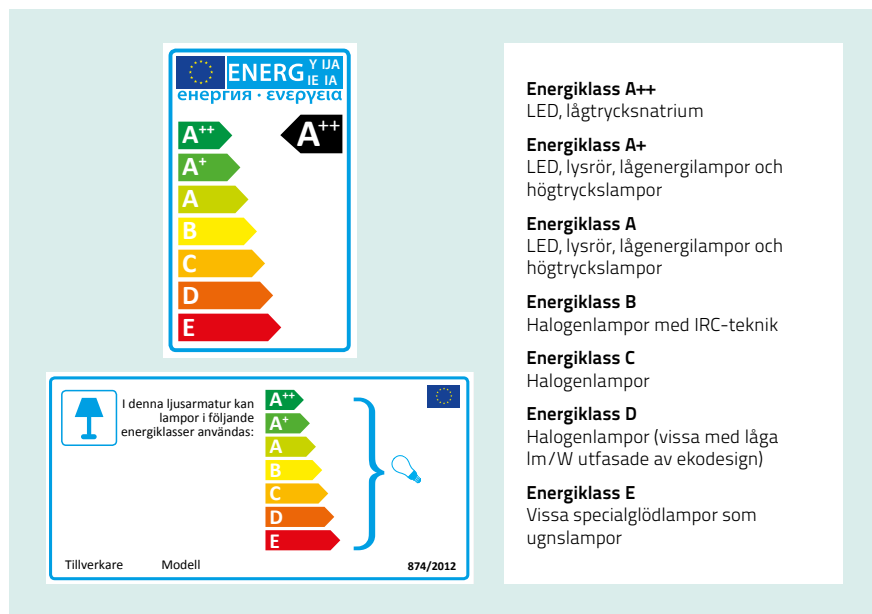
Direktivet handlar om producentansvar för elektroniska och elektriska produkter. Leverantörer som är medlemmar i El-Kretsen uppfyller kraven i WEEE-direktivet

### **EuP-direktivet/ Ekodesigndirektivet hanteras av Energimyndigheten**

Syftet med ekodesign är att förbättra produkternas miljöprestanda under hela livsrytmen (val av råvara och bearbetning, tillverkning, förpackning, transporter, montering och underhåll, användning samt avfallshantering) genom att systematiskt integrera miljöperspektivet så tidigt som möjligt i konstruktionsarbetet. Ett resultat av Ekodesigndirektivet är utfasningen av glödlampor.

### **Märkningsdirektivet hanteras av Energimyndigheten**

Energimärkningen av lampor och armaturer är obligatorisk och gemensam för alla EU-länder. Syftet är att hjälpa inköpare att välja energisnålare lampor och driva på produktutvecklingen.



### Reach-direktivet hanteras av Kemikalieinspektionen

Reach är en förordning för Europeiska unionen, som antagits för att förbättra skyddet av människors hälsa och miljön från risker som kan förorsakas av kemikalier.

### Lågspänningsdirektivet hanteras av Elsäkerhetsverket

Lågspänningsdirektivet reglerar de elsäkerhetsmässiga aspekterna på belysningsutrustning. Människor, egendom och husdjur ska vara skyddade från skada orsakad av elektriska produkter. Detta innebär skydd mot bland annat elchock, brand och elektromagnetiska fält.

### Direktiv om elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) hanteras av Elsäkerhetsverket

Direktivet ska säkerställa att elektriska produkter inte får sin funktion nedsatt av elektromagnetiska störningar. Regelverket säkerställs genom att skyddskrav ställs på produkter. Skyddskraven handlar dels om att begränsa störningar från produkter, dels om hur stora störningar de ska tåla.

Belysningsbranschen har tagit fram en checklista för inköpare av belysningsprodukter. Syftet är att anbudsgivaren ska svara på frågorna i checklistan innan avtal skrivs.

# Referensförteckning, tips på fördjupning

## Webbplatser

Sveriges Kommuner och Landsting: [www.skl.se](http://www.skl.se)

Energimyndigheten: [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)

Elsäkerhetsverket: [www.elsakerhetsverket.se](http://www.elsakerhetsverket.se)

Arbetsmiljöverket: [www.av.se](http://www.av.se)

Boverket: [www.boverket.se](http://www.boverket.se)

Sveriges miljömål: [www.miljomal.se](http://www.miljomal.se)

Naturvårdsverket: [eeb.naturvardsverket.se](http://eeb.naturvardsverket.se)

Elkretsen: [www.el-kretsen.se](http://www.el-kretsen.se)

Ljusdesignprogrammet vid Jönköpings universitet:  
[ju.se/studera/program/program-pa-grundniva/ljusdesign](http://ju.se/studera/program/program-pa-grundniva/ljusdesign)

Ljuslaboratoriet vid KTH: [www.kth.se/en/sth/haninge/ljus](http://www.kth.se/en/sth/haninge/ljus)

Ljuskultur: [www.ljuskultur.se](http://www.ljuskultur.se)

Belysningsbranschen: [www.belysningsbranschen.se](http://www.belysningsbranschen.se)

Elektriska Installationsorganisationen EIO: [www.eio.se](http://www.eio.se)

Elförlaget: [www.elforlaget.se](http://www.elforlaget.se)

## Böcker och filmer

En bok om belysning, Lars Starby, Ljuskultur

Ljus & Rum, Ljuskultur

Broschyrer och foldrar från Ljuskultur

Rätt ljus för människa och miljö

LED för belysning inom- och utomhus

En ljusare framtid – att spara energi och miljö med smart belysning

En säkrare framtid – att spara energi och miljö med modern utomhusbelysning

Upphandlingsguide för utomhusbelysning

Värt att veta om ljusstyrning

FSN:s guide om projektering och underhåll för nödbelysning

Ut ur mörkret – DVD-film

Alltid ljus – DVD-film

Belysningsteknikens utveckling under 80 år





# Belysning i offentliga lokaler

Teknikutvecklingen inom belysningsområdet har de senaste 20 åren gått mycket snabbt. När det gäller offentliga verksamhetslokaler finns en stor potential att förbättra ljusmiljön och att använda mindre energi. Det leder både till en bättre arbetsmiljö och till en minskad miljöpåverkan. Den här skriften syftar till att öka kunskapen om och intresset för belysning, att informera om möjligheter till energi-effektivare belysning samt att motivera till energieffektiviserande åtgärder. Du får hjälp, tips och råd för att göra inventeringar, ta fram program och genomföra projekt som leder till bättre belysning med lägre energianvändning.

Denna skrift vänder sig till dig som arbetar med offentliga lokaler på strategisk nivå, men kan med fördel även läsas av andra som är intresserade av belysning.

**Belysning i offentliga lokaler** är en ny version av skriften **Belysningsguiden** (2007) som har genomgått en omfattande revidering och uppdatering.