



# **Syn** *och* **belysning** *i arbetslivet*



Prevent

# Syn och belysning i arbetslivet

**Prevent** förmedlar kunskap om hur man genom ett hälsofrämjande arbetsmiljöarbete kan skapa framgångsrika företag där alla är säkra och mår bra.

Prevent vill inspirera och stödja arbetsplatsernas arbetsmiljöarbete. Det gör vi genom att

- informera om arbetsmiljöfrågor
- utbilda och genomföra seminarier runt om i landet
- ta fram enkla och användbara produkter och metoder.

**Prevent** är en ideell organisation som ägs av Svenskt Näringsliv, LO och PTK, det vill säga arbetsgivare och fack tillsammans.

Besök [www.prevent.se](http://www.prevent.se) – kunskaper för en bättre arbetsdag!

<b>© 2024</b>	Prevent Arbetsmiljö i samverkan Svenskt Näringsliv, LO & PTK		
<b>Upplaga</b>	4		
<b>Projektledning</b>	Prevent		
<b>Text</b>	Per Nylén		
<b>Foto</b>	Per Nylén, Sofia Nylén, Ann-Kristin Nyström, Hillevi Hemphälä och Creative Commons (omslag)		
<b>Illustration</b>	Anette Hedberg		
<b>Grafisk form</b>	Graphera		
<b>Telefon</b>	08-402 02 00		
<b>E-post</b>	kundservice@prevent.se	<b>Webb</b>	<a href="http://www.prevent.se">www.prevent.se</a>
<b>ISBN</b>	978-91-89901-29-2	<b>Art nr</b>	565N

# Inledning

Synen står för cirka 80 procent av alla sinnesintryck. Det skapar ett beroende som vi sällan är medvetna om. I arbetslivet har synen (och därmed belysningen) stor betydelse för våra möjligheter att utföra arbetsuppgifter. Ju bättre vi ser, desto större möjligheter att göra ett bra arbete, utan att kroppen tröttnas ut eller far illa på annat sätt. Även en fullgod syn kräver fullgod belysning.

Målgruppen för denna bok är yrkesgrupper och funktioner som har ansvar för god synergonomi och belysning eller som vägleder andra som är beroende av dessa. Exempel på sådana kategorier är skyddsombud, arbetsledare, arbetsmiljöingenjörer och övriga yrkeskategorier inom företagshälsovården, ergonomer, arkitekter, optiker, elinstallatörer, projektörer samt övriga ljus- och synintresserade i arbetslivet.

Bokens syfte är att underlätta för läsaren att peka på möjligheter till synergonomiska förbättringar på arbetsplatsen. Det handlar ofta om enkla åtgärder som kan genomföras till låg kostnad på kort tid och som resulterar i en vinnvinn-situation för både arbetsgivare och arbetstagare. Boken ska inspirera till att tänka synergonomiskt i högre grad och ge goda argument för ett kontinuerligt förbättringsarbete i detta avseende.

I de senaste upplagorna har följande uppdaterats:

- LED-armaturer infällda i innertak har omvärderats, många av dessa produkter har otillräcklig avskärmning.
- År 2018 presenterades en ny dagsljusstandard.
- År 2020 omformulerades Arbetsmiljöverkets krav gällande belysning.

- Icke-visuellt flimmer förekommer fortfarande från en avsevärd andel ljuskällor. Enkla mobilappar kan idag ge en grov uppskattning av frekvens och modulation hos sådant flimmer.
- Bildskärmarna blir allt större och de välvda varianterna påverkar synergonomin på flera sätt. Dessutom har den pandemi som bröt ut år 2020 inneburit ökad andel distansarbete och ökat antal digitala möten vilket ofta har medfört försämrade syn- och belysningsförhållanden. Det är sannolikt att andelen distansarbete kommer att öka och till exempel utföras i hemmet, även då pandemier inte pågår. Flera arbetsgivare erbjuder redan nu arbetstagarna att regelbundet arbeta en eller flera dagar i veckan på distans.

En ambition med de senaste upplagorna av boken är att uppdatera medvetenheten om både möjligheter och brister när det gäller syn och belysning, och därmed motivera till kloka framtida synergonomiska åtgärder.

# Innehåll

Inledning .....	3
<b>Synergonomi</b> .....	<b>8</b>
Varför ägna tid åt synergonomi? .....	10
<b>Syner</b> .....	<b>11</b>
Synens utvecklingshistoria .....	11
Ögat .....	13
Avståndsseende .....	15
Nedsatt synförmåga .....	16
Synhjälpmedel .....	21
Färger och färgseende .....	24
<b>Ljuset</b> .....	<b>29</b>
Vad är ljus? .....	30
Belysningsstyrka .....	30
Luminans .....	32
Färgtemperatur och färgåtergivning .....	33
Ljusutbyte .....	34
Flimmar .....	35
Elektriska ljuskällor .....	39
Armaturer .....	46
Belysningens placering på arbetsplatser inomhus .....	48
Energisparande kontra ljuskvalitet .....	53
Nödbelysning och skyltning .....	56
”Light pollution” – ljus på fel plats .....	57

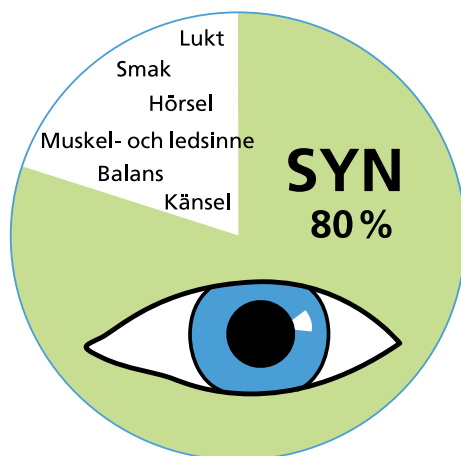
<b>Arbetsobjektet .....</b>	<b>58</b>
Kontrast .....	59
Teckenstorlek .....	61
Färgkombinationer .....	63
Ögonbesvär kopplade till arbetsobjektets utformning .....	65
Besvär vid defekt färgseende .....	65
<b>Synens samspel med den omgivande miljön .....</b>	<b>68</b>
Belysningsrelaterade synergonomiska brister .....	68
Bländning .....	70
Alltför låga belysningsstyrkor .....	83
Synavstånd .....	84
Blickriktning .....	85
Arbete med två eller flera bildskärmar .....	87
Arbete med bärbara datorer, handdatorer och mobiltelefoner .....	91
Ljusets betydelse för annat än synen .....	92
Bedömningar av mängden dagsljus .....	96
<b>Samspelet mellan seende och arbetsställningar .....</b>	<b>98</b>
Våra sinnen .....	99
Onaturliga arbetsställningar .....	100
För kort bord .....	100
Synrelaterade besvär .....	102
Strategier för god synergonomi, kroppshållning och rörelser .....	103

<b>Övrigt .....</b>	<b>105</b>
Lagstiftning .....	105
Ögonskador .....	108
Ögonskydd .....	109
Mätteknik och mänskligt omdöme .....	109
Metodik vid inventering och analys av syn- och belysningsförhållanden .....	112
Synergonomiska besvär i ett antal yrken .....	113
Synergonomiska riktlinjer och undersökningsmetodik .....	118
Utbildningar inom belysningsdesign .....	119
Standarder för syn och belysning .....	120
Refererenslitteratur (förutom standarder) .....	121
Ordlista .....	123
<b>Bilaga 1 – Rekvisition arbetsglasögon .....</b>	<b>126</b>
<b>Bilaga 2 – Enkel checklista belysning/synergonomi .....</b>	<b>127</b>
<b>Bilaga 3 – Detaljerad checklista belysning/synergonomi .....</b>	<b>129</b>
<b>Bilaga 4 – Checklista beställares baskrav .....</b>	<b>134</b>



## Synergonomi – vad är det?

Våra fem sinnen är enligt den klassiska indelningen i litteraturen smak, lukt, känsel, hörsel och syn. Synen har en särställning när det gäller det totala inflödet av sinnesintryck till hjärnan.



Seendet har även betydelse för arbetsställningar och arbetsrörelser. Därför finns anledning att nämna ytterligare två former av sinnen, balanssinnet och muskel-/ledsinnet. De signalerar position och rörelser för huvudet och andra kroppsdelar; muskel- och ledsinnet avläser även intensiteten i belastningen.

I ett kommande avsnitt beskrivs brister i ögats funktion som leder till att ett föremål ibland inte avbildas skarpt på näthinnan. Men det kan även vara så att föremålet inte kan uppfattas som skarpt avtecknat även om synen är fullgod. Det kan bero på en mängd missförhållanden: för svag belysning, bländande ljuskällor, damm i luften, blänk, reflexer eller vibrationer i arbetsobjektet, svaga kontraster i text och symboler med mera. Vårt synsinne kan kompensera för de flesta störningar genom att betrakta föremålet under längre tid, på kortare avstånd eller från en annan vinkel. Gemensamt för alla medvetna och omedvetna kompenserande åtgärder är att de tar tid. Arbetet går långsammare och ofta begås fler fel. Det skapar irritation och obehag på flera sätt. Kvantitet och kvalitet i produktionen sjunker. Synergonomi syftar till att skapa goda synförhållanden som motverkar dessa nackdelar, vilket ligger i både arbetsgivarnas och arbetstagarnas intresse.

Synergonomi handlar om att optimera hälsa, synförutsättningar och produktionsförmåga. Nordiska Ergonomisällskapets definition lyder:

*Synergonomi är en multidisciplinär vetenskap gällande synprocesser och hur dessa påverkar interaktionen mellan människa och omgivning. Disciplinen omfattar även teoretiska principer, data och metoder för design i avsikt att optimera människans välbefinnande och funktion. Ämnesområden är synmiljön, belysning och synkrävande arbete, synsystemets funktion och funktionsstörningar, ögonbesvär samt säkerhet, synkorrektur och synhjälpmedel.*

Synergonomi kan delas in i följande fyra huvudområden: synen, ljuset, arbetsobjektet samt påverkan från det omgivande rummet. Dessutom finns ett viktigt samspel mellan seendet och kroppsställningar. I den här boken beskrivs och diskuteras vart och ett av dessa områden i nämnd ordning.

## Varför ägna tid åt synergonomi?

I Sverige har 25–50 personer om året omkommit i arbetslivet under de senaste fem åren. Tiotusentals arbetstagare skadas och än fler är inblandade i allvarliga tillbud. Många får ont i kroppen, så ont att det ibland leder till långvariga sjukskrivningar och förtida utträde ur arbetslivet. Lindrigare fall leder till ökad korttidsfrånvaro, vilket också är kostsamt för både samhället och företaget. Den enskilda arbetstagaren drabbas av ekonomiskt bortfall, utöver de fysiska besvären. Att minska antalet skador och tillbud kräver mycket tid och resurser. Man kan då fråga sig vilka motiv det finns för att avsätta tid åt något som kan tyckas så harmlöst som eventuella synergonomiska brister?

Ett motiv är att vi genom vårt medlemskap i EU förbundet oss att våra arbetsgivare regelbundet ska undersöka alla arbetsförhållanden och risker för ohälsa. Dessa krav finns angivna i detalj i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om systematiskt arbetsmiljöarbete (SAM). Synergonomiska förhållanden och risker är inte undantagna, vilket även framgår av flera andra av verkets föreskrifter.

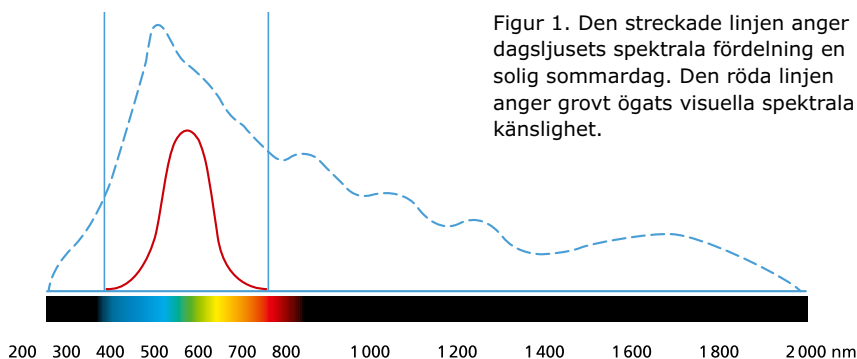
Kraven är inga självändamål. Både företaget och de anställda har mycket att vinna på att brister identifieras och åtgärdas. God synergonomi är till fördel för både arbetsgivare och arbetstagare. Det krävs inga stora investeringar eller arbetsinsatser för att skapa goda synförhållanden genom att regelbundet inventera arbetsförhållandena och åtgärda brister enligt det systematiska arbetsmiljöarbetet. Det handlar ofta om sunt förnuft och lite sakkunskap, exempelvis att skärma av eller rikta om bländande armaturer, att förbättra kontraster mellan arbetsobjekt och bakgrund eller att skapa tillräckligt med ljus på en arbetsyta. Enkelt avhjälpta brister, som bländande ljuskällor som sänker arbetstakt och kvalitet, kan missas om man underlåter att granska synförhållandena. Andra exempel är onaturliga arbetsställningar på grund av felaktiga glasögon och svåräst text och ökad risk för truckrelaterade skador i dåligt upplysta trånga passager.

# Syner



## Synens utvecklingshistoria

Vår sol lyste långt innan det första livet uppstod på jorden. En förutsättning för att livsformer kunde utvecklas och fortleva var att organismerna inte bara tålde solljuset utan även kunde dra nytta av dess energi. Solstrålningen innehåller förutom den livsviktiga värmestrålningen även de våglängder som växterna utnyttjar för fotosyntesen. Människans synutveckling har genom årtusendena till stor del styrts av solljuset. Människoögats maximala känslighet finns inom våglängdsintervallet 500 till 550 nanometer (nm), vilket motsvarar de våglängder i solljuset som är vanligast förekommande en solig dag.

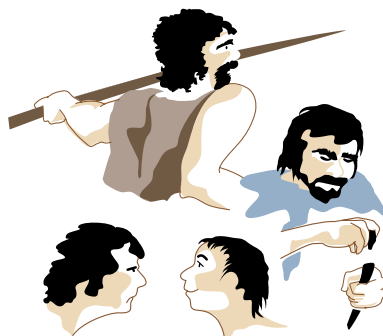


Figur 1. Den streckade linjen anger dagsljusets spektrala fördelning en solig sommardag. Den röda linjen anger grovt ögats visuella spektrala känslighet.

Utvecklingen tycks ha lett till att ögats känslighet är högst vid de våglängder där det finns mest ljus att utnyttja för seende. Våra ögon har alltså utvecklats för att utnyttja solljuset så effektivt som möjligt. Detta faktum är en bra utgångspunkt då man vill skapa funktionella och trivsamma ljusmiljöer och utveckla goda ljuskällor.

### Ett värde för överlevnad

De individer som bäst kunde utnyttja solljuset för att med synen orientera sig och förhålla sig till omgivningen hade en fördel. God syn innebar ett överlevnadsvärde. Bra syn ökade möjligheterna att finna föda, jaga bytesdjur, tillverka och använda verktyg och att avläsa fientliga eller vänliga sinnesstämningar hos andra individer.



### Elden som ljuskälla

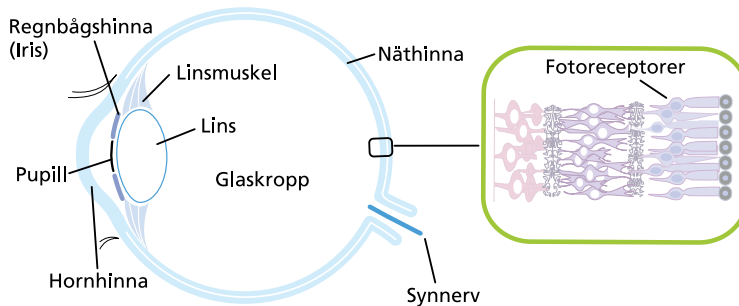
Elden var den första ljuskälla som människan utnyttjade för seende efter mörkrets inbrott. Människan upptäckte då fördelarna med att förlänga antalet timmar med tillgång till ljus och utvecklade där- efter alltmer avancerade ljuskällor. Belysningens historia har bland annat behandlats av etnologen Jan Garnert i hans omfattande praktverk *Ut ur mörkret; ljusets och belysningens kulturhistoria*, utgivet år 2016.



## Ögat

Kunskap om ögats anatomi och funktion underlättar förståelsen för hur arbetsplatsens belysning påverkar arbetstagarna och hur belysningen bör utformas. Här följer en sammanfattning. För den som vill fördjupa sig i ämnet finns mer utförlig information i läroböcker och på Internet.

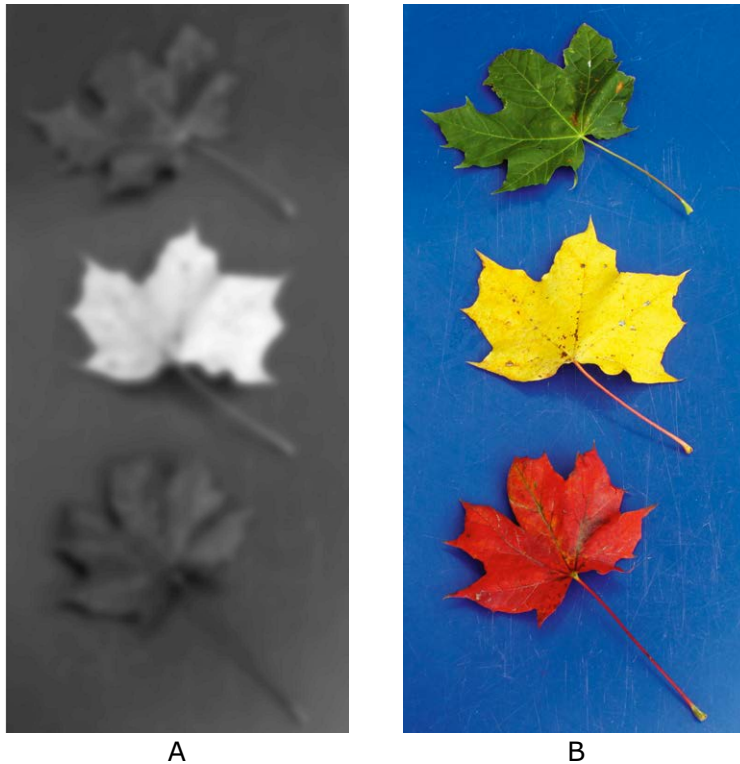
Ögats funktion är att skapa en skarp avbildning av vår omgivning som via nervsignaler kan vidarebefordras till hjärnan för att tolkas till en medveten bild.



Figur 2. Schematisk skiss av några av ögats centrala strukturer; hornhinnan, pupillen, linsen, linsmuskeln, glaskroppen, näthinnan och synnerven.

Ljuset från ett objekt når först ögats hornhinna där huvuddelen av ljusets fokusering sker. Ljuset fortsätter sedan genom pupillen, som reglerar mängden ljus som går vidare in i ögat. Linsen finjusterar sedan ljusets brytning så att det stämmer med avståndet till det föremål vi betraktar. Ju närmare föremålet befinner sig, desto större brytkraft behövs för att skapa en skarp avbildning av föremålet längst bak i ögat. Där finns en matta med miljarder ljuskänsliga receptorer – näthinnan. Den har en uppbyggnad som liknar en digitalkameras bildplatta.

Ögats fotoreceptorer motsvaras i kameran av ljuskänsliga fotodioder. Ögats 10 miljarder fotoreceptorer kan mycket grovt jämföras med en 10 megapixelars bildplatta i en kamera. I näthinnan är dock fördelningen ojämn. Seendet är som skarpast i en liten del av näthinnan som bara utgör mellan en och två grader av synfältet,



Figur 3. (A) I låga belysningsstyrkor reagerar bara stavarna – de ljusreceptorer i de mer perifera delarna av näthinnan som förmedlar vårt svartvita seende. Synintrycket saknar då färg och blir därför mörkt gråtonat men också suddigt. (B) Vid högre belysningsstyrkor reagerar tapparna, de ljusreceptorer som signalerar färg. Synintrycket får därför klara färger och detaljer avtecknas skarpt.

ungefär den yta som tumnageln upptar om vi betraktar den med uträckt arm. I detta område motsvarar tätheten en bildplatta på grovt räknat 200–500 megapixel. Människans bildbearbetning och bildanalys är dessutom vida överlägsen kamerans tack vare att vi har två ögon, på ett visst avstånd mellan varandra, vilket medger djupseende. Ögat utför ständigt stora och små ögonrörelser som scannar av och förstärker kontraster och detaljer. Vårt korttidsminne fyller i detaljer i bilden och vårt långtidsminne jämför synintrycket med en enorm mängd tidigare bilder och erfarenheter.

I näthinnan finns två typer av ljusreceptorer som ingår i synsystemet, stavarna och tapparna. Stavarna detekterar alla former av

ljus oavsett vilken färg ljuset har. De signalerar bara från svart till vitt i gråskalan. Stavarna är ljuskänsligare än tapparna. Vid låga ljusstyrkor som i sen skymning reagerar inte tapparna och vi ser då bara den gråskala som stavarna signalerar (se Figur 3A). Stavarna är dock få i den del av näthinnan som motsvarar det mest centrala synfältet och därför blir detaljseendet sämre än i dagsljus.

När ljuset är starkare ser vi färger (Figur 3B) och dessa intryck signaleras av en annan typ av ljusreceptorer i näthinnan – tapparna. Dessa finns av tre typer vilka detekterar blått, grönt respektive rött ljus. Den fjärde grundfärgen gul detekteras då de grön- och rödkänsliga tapparna aktiveras i jämförbar omfattning. Vi ser då inte en röd-grön nyans utan istället gult. I den del av näthinnan som motsvarar vårt skarpaste seende finns huvuddelen av tapparna men mycket få stavar. Det förklarar varför vi ser färger sämre i det perifera synfältet där stavarna är i majoritet. Å andra sidan ser vi mycket svagt lysande föremål sämre i det centrala synfältet, till exempel syns en svag stjärna bättre om man riktar blicken lite vid sidan av stjärnan.

Nervsignalerna från fotoreceptorerna leds via ett antal omkopplingscentra vidare till hjärnans syncentrum i bakhuvudet. Först här uppkommer ett medvetet visuellt intryck av vår omgivning. Detta intryck förs sedan vidare till andra delar av hjärnan för att tolkas. Det sker bland annat genom jämförelser med tidigare minnesbilder och erfarenheter. Därefter avgör vi om synintrycket ska resultera i någon form av handling som exempelvis flykt, kamp, äta, eller social interaktion.

## Avståndsseende

Förmågan att bedöma avstånd bygger på flera funktioner. När synintrycket från båda ögonen jämförs uppkommer en tredimensionell bild med djup. Men även andra faktorer ger information om avståndet, vilket bidrar till att även personer med bara ett fungerande öga kan ha god avståndsbedömning. Linsmuskulaturens grad av anspänning är ett mått på hur nära ett föremål befinner sig. Erfarenheten spelar också stor roll. Vi vet ungefär hur lång en människa är och kan bedöma hur långt bort hon är beroende på storleken i synfältet. Synliga detaljer i ansiktet, klädseln och omgivningen vittnar också om avståndet.



## Nedsatt synförmåga

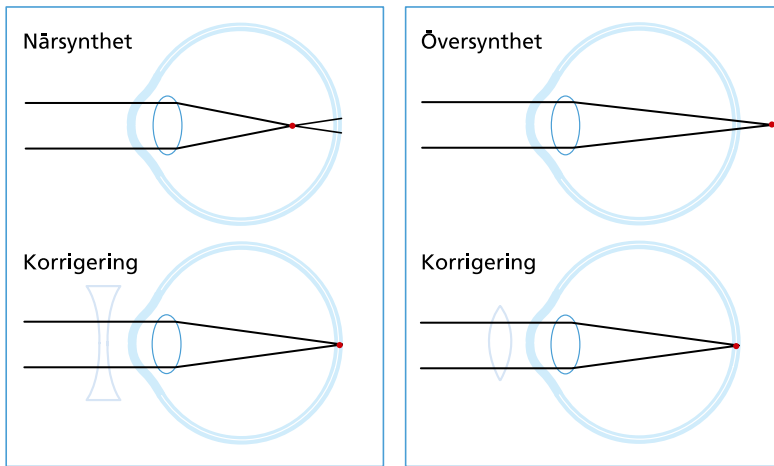
Ovanstående beskrivning av ögats funktion är förenklad. Synprocessen är komplicerad och forskarna har ännu ofullständig kunskap om hur den går till i detalj. Men i likhet med många andra komplicerade processer kan ett stort antal störningar uppkomma som försämrar resultatet. I avsnittet Synhjälpmedel nedan beskrivs hur flera vanliga synfel kan korrigeras.

### Närsynthet och översynthet

Ett vanligt fel är att ögat inte förmår avbilda ett föremål skarpt på näthinnan. Det beror på att hornhinnan och linsen bryter ljuset för mycket eller för lite. Det kallar vi närsynthet respektive översynthet. Vid närsynthet (myopi) är ögats optiska brytkraft för stark. Ljuset från föremål som befinner sig på längre avstånd bryts då mer än vad som behövs och bilden fokuseras framför näthinnan, vilket ger ett oskarpt synintryck. Synfelet korrigeras med minuslinser som minskar brytkraften. Föremål som befinner sig på mycket korta avstånd fokuseras korrekt och personer som är närsynta kan se dessa skarpt utan att använda sina glasögon.

Eftersom närsynta har problem att se skarpt på lite längre avstånd kan man ofta se dem kisa eller till och med dra med fingertopparna i de yttre ögonvinklarna. Dessa åtgärder ökar skärpedjupet men planar också ut hornhinnans krökning och minskar på så sätt brytkraften något. Detta förbättrar närsynta personers möjlighet att se föremål skarpare på lite längre avstånd.

Vid översynthet (hyperopi) är ögonens brytkraft för svag för att avbilda föremål på korta avstånd. Föremål på långt avstånd avbildas emellertid korrekt eftersom ögats egen lins kan öka sin brytkraft tillräckligt för att fokusera föremålet. På korta avstånd kan ingen ytterligare brytkraft skapas och översynta behöver därför plusglas för att se skarpt på nära håll.



Figur 4. Vid närsynthet (till vänster) hamnar avbildningen av avlägsna föremål framför näthinnan. Fokuspunkten flyttas bakåt till näthinnan med hjälp av glasögon eller kontaktlinser med negativ brytkraft. Föremål på nära avstånd avbildas däremot korrekt på näthinnan utan glasögon. Vid översynthet (till höger) hamnar avbildningen av avlägsna föremål bakom näthinnan. Föremål på långa avstånd kan avbildas korrekt men detta kräver att linsmuskeln aktiveras för att anpassa linsens brytkraft till avståndet (ackommodation). Fokuspunkten flyttas framåt till näthinnan med hjälp av glasögon eller kontaktlinser med positiv brytkraft.

## Astigmatism

Astigmatism är ett fel i ögats optiska system där fokus skiljer mellan horisontella och vertikala linjer. Det beror på att hornhinnan är olika kraftigt krökt i horisontal- och vertikalled. Personer med astigmatism kan bara se linjer i en av riktningarna skarpt. Följden blir också att ett runt föremål avtecknas med oval form på näthinnan. En rund fotboll ser då ut att ha formen av ett ägg. Punktformade föremål blir utdragna, stjärnorna på himlen ser ut som en mängd korta streck. Astigmatism korrigeras genom att balansera den vertikala och horisontella brytkraften med hjälp av så kallade cylindriska glas i glasögon eller med motsvarande kontaktlinser.

## Grå starr

En annan vanlig orsak till suddig avbildning på näthinnan är att linsen inte längre är helt genomskinlig, vilket drabbar de flesta till följd av naturligt åldrande. Linsen blir alltmer grågul, ett tillstånd som då

det gått långt får diagnosen grå starr (katarakt).

Idag är det en rutinåtgärd på våra sjukhus att den gamla grånade linsen opereras bort och ersätts med en ny lins i plastmaterial. Detta leder till väsentligt förbättrad synförmåga tack vare att grumlingen nu försvunnit. Trots att ögat då inte längre kan förändra den implanterade linsens brytkraft finns ändå vissa möjligheter att skapa skarpt seende på olika avstånd. Dels kan de två ögonen förses med linser som har olika brytkraft. Då kan ett öga nyttjas för närseende och det andra för avståndsseende (monovision). En annan möjlighet är att implantera multifokala linser där den enskilda linsen har flera olika grader av brytkraft. I båda fallen kommer hjärnans fantastiska förmåga till bildanalys att söka skapa en skarp bild på det avstånd som är av intresse för tillfället.

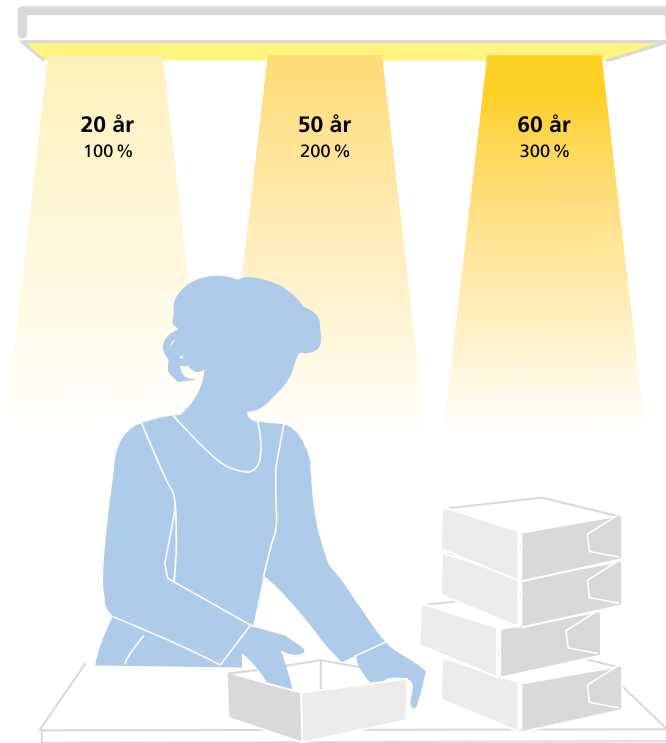


Figur 5. Äldre man med grå starr i ena ögat.

### Ökat ljusbehov

Förutom att linsen grumlas och färgas alltmer grågul minskar även pupillens storlek med åren, vilket leder till att allt mindre av det ljus som faller in mot ögat kan passera genom linsen in till näthinnan. Minskad ljusgenomsläpplighet och åldersrelaterad nedsättning av näthinnans funktion får till följd att vi med åren behöver mer ljus för att se bra. Det rör sig inte om några marginella förändringar – en 50-åring behöver minst dubbelt så mycket ljus som en 20-åring, en 60-åring tre gånger så mycket (Figur 6).

Många av oss minns säkert när vi var barn och någon i våra ögon ålderstigen person frågade: ”Varför sitter du så mörkt när du läser?” Vi förstod inte frågan eftersom ljuset räckte mer än väl för våra unga



Figur 6. Med stigande ålder ökar behovet av högre belysningsstyrkor. Jämfört med 20-åringen behöver 50-åringen den dubbla belysningsstyrkan, 60-åringen den tredubbla.

ögon. Följdfrågan: ”Du vet väl att du kan förstöra ögonen om du sitter och läser i så svagt ljus?” byggde dock på osann grund, någon sådan skaderisk finns inte.

### Grön starr

Denna ögonsjukdom (glaukom) är oftast ärftligt betingad och medför att vätsketrycket i ögat stiger till nivåer som kan skada näthinnan och synnerven. Tillståndet kan, om det inte upptäcks och behandlas i tid, resultera i kraftiga synnedläggningar på grund av att näthinnan och synnerven skadas av det alltför höga trycket. Grön starr kan behandlas med ögondroppar eller enkel ögonkirurgi.

Den som har släktingar som har eller har haft grön starr bör regelbundet kontrollera trycket. Det görs hos optiker eller ögonläkare.

## Ålderssynthet

Försämrade synförmåga kan bero på naturliga förändringar, sjukdomar eller skador i ögats olika delar. En förändring som märks allt mer vid stigande ålder är att vi får svårare att se föremål skarpt på nära håll.

Det kortaste avstånd där vi kan se ett föremål skarpt kallas närpunkten och den kommer allt längre från ögat med ökande ålder (Tabell 1).

Ett barn har oftast inga svårigheter att se skarpt på någon decimeters avstånd medan en person i 40-årsåldern börjar märka att tryckt text måste hållas lite längre bort än man varit van vid (Figur 7).

Detta kallas ålderssynthet och beror på att linsen blir stelare. Den får allt svårare att inta sin mest rundade form, som bryter ljuset effektivast, vilket behövs på korta synavstånd. Detta helt normala åldrande hos linsen blir märkbart redan i 40-årsåldern. Närsynta personer märker detta senare i livet och fördröjningen beror på graden av närsynthet. Fem till tio år senare är det ansträngande att läsa böcker och tidningar på normalt läsavstånd. Detta märks till en början särskilt väl i svag belysning då pupillen är som störst och därmed minskar skärpedjupet, precis som vid ökad bländare i en kamera.

Genom att använda glasögon med positiv brytkraft (läsglas) ökas den sammanlagda brytkraften hos glasögonen och ögats egen lins.

Ålder (år)	Närpunkt* (cm)
5	6
10	7
20	10
30	14
40	22
50	40
60	100
70	400
75	>500

\* Individerna korrigerade med glasögon eller linser för att se skarpt även på långt avstånd.



Figur 7. Närpunkten flyttas allt längre bort med ökande ålder.

Tabell 1. Närpunktens medelvärde i olika åldrar. Individuella skillnader på flera tiotal procent förekommer, dessutom minskar närpunktens avstånd vid ökande belysningsstyrka.

Föremål på nära håll kan då åter avbildas skarpt på näthinnan, men samtidigt är brytkraften för stor för att man ska se skarpt på långt avstånd. Genom att helt enkelt titta ovanför läsglasen kan brytkraften minskas, något vi alla känner igen från äldre personer som läser eller handarbetar och tittar upp då vi kommer på besök (Figur 8).

Det kan vara svårt att erkänna inför sig själv och andra att man åldras och många kämpar onödigt länge med att försöka se skarpt på nära håll. Man kisar och håller arbetsobjektet eller texten med allt rakare armar och söker starkare belysning. Det finns ingen anledning till att utsätta sig för dessa synansträngningar även om de leder till att man ser hyggligt skarpt. Det är krävande både mentalt och tidsmässigt och sänker ofta prestationens kvalitet och kvantitet. Att vid behov börja använda läsglas redan i 40-årsåldern tyder snarare på intelligent självinsikt än på en åldrande kropp. Vid hög ålder är linsen helt stel och vi kan då bara se skarpt på ett enda avstånd. För att kompensera det kontinuerliga bortfallet av brytkraft behövs glasögon för allt fler olika synavstånd, alternativt ett par progressiva glasögon.



Figur 8. Genom att titta över kanten på läsglasen slipper den som är ålderssynt ta av glasögonen för att se skarpt på avstånd.

## Synhjälpmedel

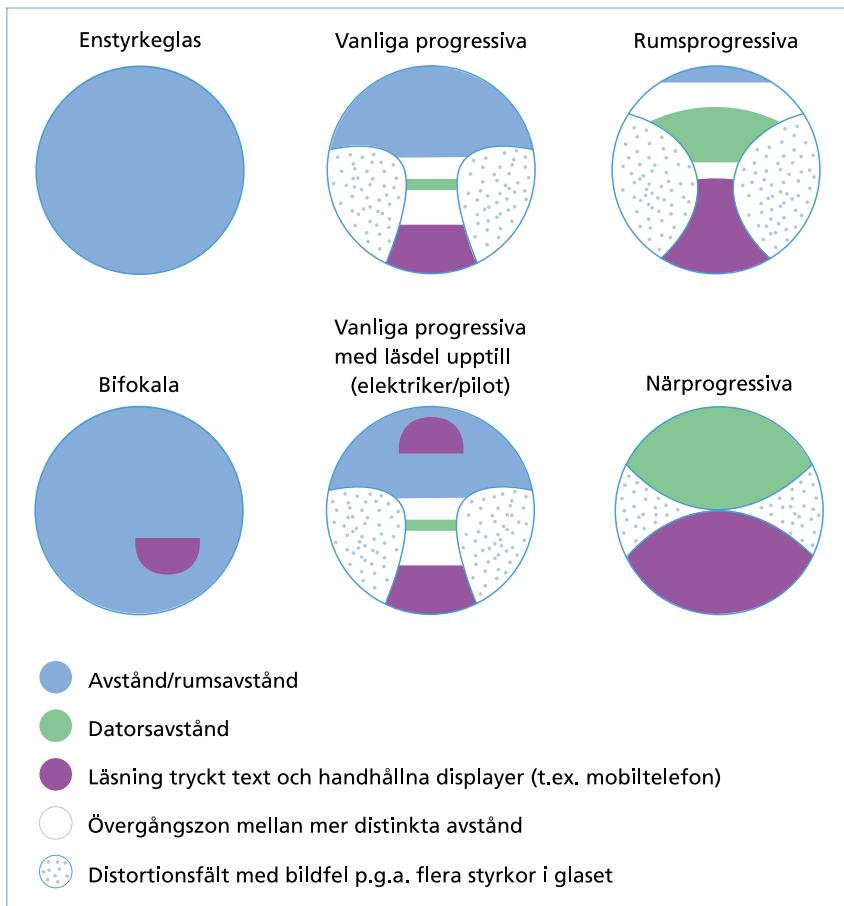
Det finns många typer av glasögon och linser för korrigerande av närsynthet, översynthet, astigmatism och ålderssynthet. Dessutom finns specialglasögon för att korrigera exempelvis skelning och arbete med bakåtböjd nacke och för förstoring vid arbete med små detaljer.

### Enstyrkeglasögon

Detta är den klassiska typen av glasögon som används för att korrigera närsynthet och översynthet. Enstyrkeglasögon har samma positiva eller negativa brytkraft över hela glasets eller linsens yta. Positiva enstyrkeglas med rätt styrka fungerar också utmärkt som läsglasögon.

## Bifokala glasögon

Bifokala glasögon har funnits under lång tid och fungerar på både långt håll och på läsavstånd. Det lilafärgade området i den nedre delen av glaset i Figur 9 har en högre brytkraft och där får läsaren god synskärpa på läsavstånd. För exempelvis piloter, takmålare och bilbesiktare kan man lägga ett ytterligare närtillägg i övre delen av glaset. På så vis kan man se skarpt även uppåt utan att behöva böja nacken kraftigt bakåt.



Figur 9. Olika typer av glasögon där färgerna anger var i glaset man tittar för att se skarpt på angivna avstånd. Ljusblått = 5 meter och längre, grönt = datorsavstånd (cirka 70 cm), lila = läsavstånd tryckt text (cirka 30 cm).

### **Progressiva glasögon**

Denna typ av glasögon har en brytkraft som ökar steglöst nedåt i glaset. Med *vanliga progressiva* glasögon kan man genom att välja var i glaset man betraktar ett föremål oavsett avståndet finna en plats där föremålet syns skarpt (Figur 9). Med *rumsprogressiva* glasögon ser man skarpt upp till några meters avstånd, medan *närprogressiva* glasögon endast ger skärpa upp till cirka en meters avstånd, exempelvis till en bildskärm. Fördelen med rums- och närprogressiva glasögon är att glaset och blicken inte behöver samordnas lika exakt i höjddled för att ge skarp syn. Då kan också användaren se skarpt på nära avstånd genom att titta rakt fram i mitten av glasögonen. Med vanliga progressiva glasögon måste man titta i underkant av glaset för att se exempelvis en datorskärm vilket kräver att huvudet måste böjas något bakåt. Detta ökar risken för så kallad gammacke. Vanliga progressiva glasögon ska därför undvikas vid frekvent datorarbete.

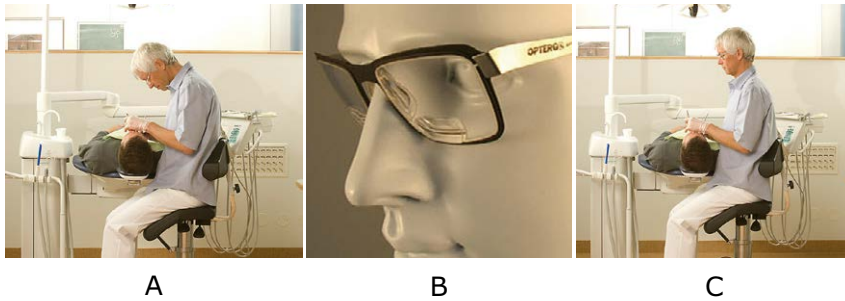
### **Polariserande glasögon**

Polariserat ljus uppstår i reflexer, till exempel i vatten- och glasytor. Polariserande solglasögon har ett polarisationsfilter som, om det är korrekt orienterat vinkelrätt mot reflexernas polarisationsutbredning, reducerar reflekterat ljus till betydligt lägre nivåer. Det medför bland annat att grynnor strax under vattenytan ofta syns bättre eftersom reflexerna från vattenytan reduceras.

### **Prismatiska glasögon**

Prismatiska glas används för att korrigerar olika former av skelning, men kan även användas av normalseende vid arbeten där arbetsobjektet måste vara lågt placerat nära kroppen och kräver skarpt detaljseende (Figur 10). Tandläkare hamnar ofta i en arbetsställning där nacken böjs kraftigt framåt. Nack- och skulderbesvär drabbar en majoritet i denna yrkesgrupp och många har svårt att fortsätta i yrket fram till pensioneringen. En synergonomisk förbättring kan vara att använda glasögon med bildförstorande prismor i underkant av glaset. På detta sätt kan tandläkaren minska nackvinkeln





Figur 10. Tandläkaren tvingas ofta sitta med kraftigt böjd nacke (A) för att se bra i munhålan. Tack vare att prismaglasen (B) vinklar blickriktningen nedåt och samtidigt förstör bilden kan tandläkaren sitta med bekväm nackvinkel (C) och ändå se arbetsområdet i patientens munhåla.

väsentligt. I region Västra Götaland har flertalet tandläkare erbjudits prismatiska glasögon vilket medförde att de minskade sin nackvinkel påtagligt. Detta har resulterat i flera positiva förändringar.

Subjektivt rapporterad smärta i nacke/skuldra minskade vilket även stöds av en minskning i antalet relaterade kliniska diagnoser. Graden av ansträngning vid arbetet minskade vilket avspeglas i att den subjektivt rapporterade arbetsförmågan ökade.

### Glasögon med lupp

Vid arbete där man frekvent växlar mellan normalt synavstånd och extremt närarbete eller där arbetet kräver ett mer exakt detaljseende kan glasögon med påbyggda lupp vara ett funktionellt och bekvämt alternativ (Figur 11).



Figur 11. Med hjälp av lupporna förstöras bilden vilket innebär att synavståndet kan behållas utan att detaljseendet försämras.

## Färger och färgseende

### Färgers psykologiska påverkan

Färger påstås påverka vår sinnesstämning på ett förutsägbart sätt. Rött förknippas med lidelse och passion, blå nyanser med lugn, grönt med livskraft och läkande, gult anses öka beslutsamhet och kreativitet. Något vetenskapligt underlag för dessa påståenden anges

sällan. Det ligger närmare till hands att vår uppfattning om färger och hur de påverkar oss är högst individuell och att våra tidigare erfarenheter påverkar hur vi associerar till olika färger. Att färgsätta arbetslokaler i syfte att uppnå samma psykologiska effekt hos alla anställda är därför oftast dömt att misslyckas.

### **Belysningsstyrka och färgseende**

Förmågan att se färgnyanser försämras när belysningsstyrkan minskar. I skymningen försvinner färgerna en efter en, först rött, sedan gult och grönt. När inte heller blått uppfattas ser vi i en ren gråskala (se Figur 3A). Detta beror på att näthinnans tappar inte längre aktiveras av det svaga ljuset, det är endast de något ljuskänsligare stavarna som fortfarande aktiveras.

### **Färgseende och ljuskvalitet**

Även belysningens kvalitet påverkar förutsättningarna för att se färgnyanser. Har belysningen en dålig färgåtergivning, det vill säga färre våglängder i sitt ljusspektrum, reflekteras färre nyanser. Det orangefärgade lågtrycksnatriumljuset innehåller bara en enda våglängd i nämnvärd mängd. Det är fortfarande vanligt förekommande på parkeringsplatser och större trafikleder och i detta ljus upplever betraktaren endast olika ljusa partier av exakt samma kulör av orange. Blå bilar som således inte reflekterar orange upplevs då som svarta eller mörkt grå.

### **Förändrat färgseende**

Den vanligaste formen av förändrat färgseende är en ärftlig förändring i en gen i X-kromosomen. Denna förändring förekommer i cirka 8 procent av kromosomerna. Eftersom män bara har en X-kromosom så är sannolikheten för en man att drabbas av förändrat färgseende ungefär 8 procent. För kvinnor, som har två X-kromosomer, är sannolikheten att båda X-kromosomerna har förändringen 8 procent av 8 procent, det vill säga drygt 0,5 procent.

Det kan låta som en blygsam andel, men det innebär att av Sveriges dryga fem miljoner medborgare i arbetsför ålder har nästan en

kvarts miljon ett förändrat färgseende. Näst intill alla dessa förändringar innebär en svag eller obefintlig förmåga att skilja mellan färgerna grönt och rött. Det förändrade färgseendet innebär inte någon påtagligt försämrad synskärpa och definitivt inte att man är färgblind. Man ser färgerna blått och grönt, eller blått och rött.

Men denna ärftliga förändring är inte alltid till nackdel. I vissa situationer ser personer med förändrat färgseende mönster och detaljer som personer med normalt färgseende inte kan uppfatta. Ett exempel som ofta refereras är förmågan att se kamouflagenät där den normale seende ser så många olika färger att ögat inte kan förnimma något mönster, allt är ett sammelsurium som smälter samman med naturen. En person med begränsad förmåga att se gröna, röda och bruna nyanser ser däremot lättare konturerna av de textilremсор som bygger upp nätet, något som utnyttjats i militära spaningspatruller där man medvetet inkluderat personer med förändrat färgseende.

I arbetslivet är det viktigt att ta hänsyn till den cirka kvarts miljon arbetstagare som har förändrat färgseende. Det gäller särskilt situationer där förväxling mellan grönt och rött kan innebära olycksrisker, stress eller enbart risken att bli utsatt för åtlöje. Vid trafikljus utgör ett förändrat färgseende inte något större problem. Här växlar inte bara färgen utan även positionen i höjddled mellan ljusen. I bland annat Nordamerika är dock trafikljusen ibland horisontellt orienterade vilket sannolikt kan leda till osäkerhet i en paniksituation för en färgsinnesdefekt nordbo. Inom vissa yrken – piloter, lokförare och poliser – är behovet av normalt färgseende så centralt att det är ett absolut krav.

### **Åldersförändringar**

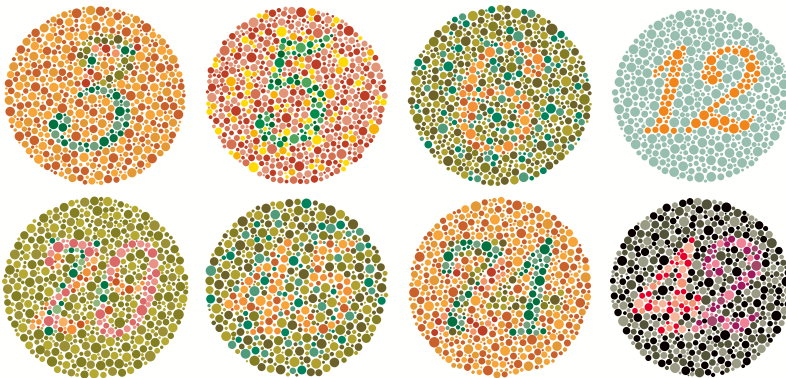
Försämrat färgseende är också åldersberoende. Linsen blir gulare med åren och förmågan att se blå nyanser försämras mest markant, vilket bland annat anses kunna förklara flera konstnärers blå perioder på ålderns höst. Den minskade förmågan att se blått har fått konstnären att omedvetet lägga på mer blått för att uppnå det han eller hon upplever som en neutral färgskala.

## Förvärvade förändringar

Sjukdomar i ögat eller synnerven kan leda till förändrat färgseende, men det har också rapporterats efter hög och långvarig exponering för vissa lösningsmedel, exempelvis styren och toluen, samt kvicksilver. Dessa yrkesexponeringar har angetts orsaka en försämrad förmåga att skilja nyanser i färgskalan mellan blått och gult. Förändringarna är väsentligt mindre uttalade än de ärftliga färgsinnesdefekterna.

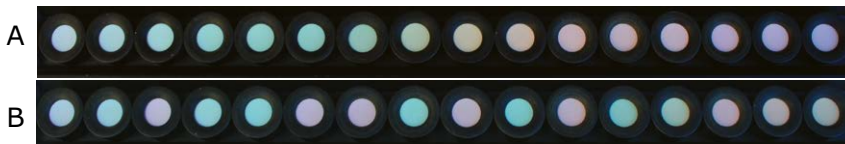
## Färgsinnestester

Vanligen testas färgsinnet med olika former av tavlor där uppgiften är att ange en siffra eller ett mönster (Figur 12). Personer med förändrat färgseende kan inte uppfatta siffran alls eller läser ut en annan siffra än personer med normalt färgseende.



Figur 12. Exempel från ett kliniskt färgsinnestest där vissa siffror har så svagt avvikande färg mot bakgrunden att de inte uppfattas av en person med färgsinnesdefekt.

Vid svaga färgsinnesförändringar orsakade av till exempel lösningsmedel kan individen fortfarande läsa dessa tavlor. Då använder man andra känsligare metoder för att detektera eventuella förändringar (Figur 13.)



Figur 13. Uppgiften i detta färgsinneestest är att lägga färgkopporna i en jämnt övergående färgskala. Den övre raden (A) har lagts av en person med normalt färgseende, den undre raden (B) av en person med defekt grönseende. (B) uppfattas av personer med defekt grönseende som en jämnt övergående färgskala. Färgernas intensitet har här förstärkts för att skillnaden ska framgå tydligare.

## Färger vid skyltning

Det finns ett EU-direktiv och svenska föreskrifter om hur färger ska användas vid varningsskyltning och informationsskyltning i arbetslivet (Figur 14).

<b>RÖD</b>	Larm vid fara	Stopp, stäng, nödstoppsdon* Utrymningsignal
	Brandbekämpningsutrustning	Utmärkning och placering
<b>GUL</b> (orangegul)	Varning	Se upp, vidtag åtgärd, kontrollera
<b>BLÅ</b>	Påbud	Krav på åtgärd eller beteende Använd personlig skyddsutrustning
<b>GRÖN</b>	Utrymning, utrymningsväg	Dörrar, utgångar, vägar, utrustning, lokaler
	Första hjälpen-utrustning	
	Ingen fara	Återgå till det normala

\*Skylt till nödstoppsdon ska vara grön. Om skylten är en del av en nödstoppslina ska den vara röd.

Figur 14. Användning av färger vid skyltning enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter *Utformningen av arbetsplatser*.

# Ljuset

Valet av belysning kommer ibland in sent i processen vid nybyggnation. Det är kanske inte känt exakt vilken verksamhet som ska bedrivas i lokalen och man väljer då en standardbelysning som kan få sitta kvar utan kompletteringar när verksamheten kommer igång. Med kunskaper om belysningens betydelse och en strukturerad analys av verksamhetens behov kan man effektivt närma sig goda lösningar. Följande modell för en sådan analys (Figur 15) inkluderar sju basfaktorer. Modellen gör det uppenbart att enbart tillräcklig



Figur 15. En uppdelning av belysningskvalitet i sju basområden, utvecklad av professor Anders Liljefors.

belysningsstyrka inte per automatik innebär god belysning. De sju basområdena kommenteras i varierande grad i texten nedan.

## Vad är ljus?

Med ljus menas i dagligt tal elektromagnetisk strålning som vi kan uppfatta då den träffar vår näthinna. Ljusets våglängd avgör vilken färg vi uppfattar. Blått ljus har en våglängd på cirka 430–500 nm, grönt 515–560 nm, gult runt 565–585 nm och rött ljus cirka 600–780 nm.

## Ultraviolet strålning och infraröd strålning

Om våglängden är för kort eller för lång för att våra ögon ska förnimma strålningen benämns den just strålning, inte ljus. Är våglängden kortare än 380 nm (ned till 100 nm) kallas den ultraviolet strålning (UV-strålning). Denna strålning finns framför allt i solljus men höga nivåer förekommer exempelvis även vid svetsning. UV-strålning avges även i små mängder från flera artificiella ljuskällor. Höga exponeringar för UV-strålning kan medföra akut påverkan på hornhinnan i form av svetsblänk och snöblindhet samt på sikt orsaka hudcancer och grå starr.

Om våglängden är mellan 780 nm och 1 mm benämns strålning infraröd (IR-strålning). Strålning i det infraröda området upplevs ofta som värme och förekommer i höga nivåer från metallsmältor, vid glasblåsning och från laserskärmaskiner. De hälsoeffekter som kan uppkomma vid exponering är relaterade till direkt uppvärmning av hela eller delar av kroppen. Dessutom kan värmestrålning orsaka grå starr. Glasblåsarstarr var tidigare en vanlig yrkessjukdom.

## Belysningsstyrka

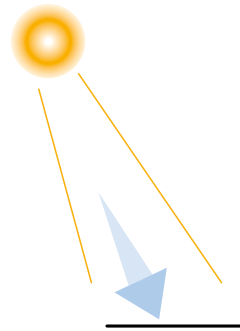
Belysningsstyrkan anger det ljusflöde, mätt i lumen (lm), som faller mot en viss yta. Enheten benämns lux (lm/m<sup>2</sup>).

I standarden SS-EN 12464-1 anges rekommenderade belysningsstyrkor inom arbetsområdet för ett stort antal arbetsplatser. Kraven på belysningsstyrka varierar med vilken typ av arbete som ska utföras. Exempelvis kräver grovmekaniskt arbete lägre belysningsstyrka än arbete med finelektronik. Standarden anger även generella medel-

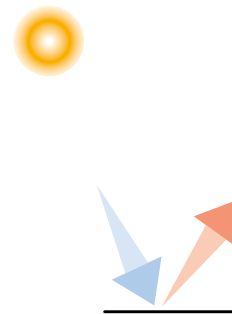
belysningsstyrkor för väggar och tak. För väggar gäller minst 50 lux med en jämnhet på 0,1, för tak 30 lux och samma jämnhet. Jämnheten definieras som kvoten mellan den lägsta belysningsstyrkan och medelbelysningsstyrkan. Högre belysningsstyrkor krävs i bland annat kontor, utbildningslokaler, vårdrum och kommunikationsytor (exempelvis korridorer), där kravet är minst 75 lux på väggar och 50 lux i taket.

För att mäta upp belysningsstyrkan med tillräcklig noggrannhet för att grovt bedöma arbetsmiljöförhållanden krävs endast instrument i prisklasserna några hundra kronor och uppåt. Dessutom finns appar för mobiltelefoner. För att få rättvisande mätningar är det en fördel om appen konstruerats för att mobiltelefonens kameraobjektiv ska vara täckt med en diffusor. Vid användning av Arbetsmiljöverkets app *Ljus* ska kameralinsen täckas med en bit vanligt skrivarpapper, det vill säga kvalitet 80 gram/m<sup>2</sup>. Diffusorn, här i form av pappret, gör att även det ljus som träffar linsen mer från sidan bidrar till den sammanlagda ljusstyrkan. Vid mätning ska mätaren placeras plant mot arbetsytan, eftersom belysningsstyrkan ökar snabbt då avståndet till ljuskällan minskar. Mätningen måste också ske utan att den som utför mätningen skuggar bidragande ljuskällor.

Belysningen på arbetsplatsen bör vara sådan att vi utan svårighet kan avläsa varandras kroppsspråk och ansiktsuttryck, oavsett hur och var vi står i rummet. I nämnda standard finns därför även krav på vertikala belysningsstyrkor. Dessa mäts med en ljussensor formad som en upprättstående cylinder. Den så kallade cylindriska belysningsstyrkan anger belysningsstyrkan på vertikala ytor oavsett vilken riktning ljuset kommer från.



Figur 16. Belysningsstyrkan anger det infallande ljuset mot ytan och mäts i lux.



Figur 17. Luminans (röd pil) är det ljus som kommer från en lysande eller belyst yta och mäts i cd/m<sup>2</sup>.



## Luminans

Luminansvärdet är ett mått på den upplevda ljusheten hos en yta eller hos en ljuskälla. Enheten är candela per m<sup>2</sup>, cd/m<sup>2</sup>.

Vid samma belysningsstyrka kan luminansen skilja sig väsentligt beroende på den belysta ytans reflektans. Mörka ytor reflekterar lite medan vita ytor reflekterar huvuddelen av det infallande ljuset. Oftast är ingetdera att föredra och i standarden för belysning av arbetsplatser inomhus, SS-EN 12464-1, finns följande rekommendationer för rumsytors reflektans; tak 0,7–0,9, väggar 0,5–0,8 och golv 0,2–0,4.

I motsats till belysningsstyrkor finns inga gällande rekommendationer för lämpliga luminanser inom olika yrken. Det beror på att luminansen upplevs olika beroende på hur ögat är anpassat till ljuset. Två generella rekommendationer är dock att luminansen i synfältet av komfortskäl inte ska överstiga 2 000 cd/m<sup>2</sup> samt att den definitivt inte ska överstiga 10 000 cd/m<sup>2</sup>. Vid så hög luminans finns risk för näthinneskada. Luminansen hos ett naket lysrör ligger ibland över 10 000 cd/m<sup>2</sup> och oskärmade lysrör i synfältet ska därför inte förekomma.

Mätning av luminans kräver mer sofistikerade instrument än mätning av belysningsstyrka, kostnaden är från 5 000 kronor och uppåt beroende på hur liten yta som ska bedömas. Små ytor kräver instrument med bättre optik och känsligare ljussensorer. Luminansmätaren riktar mot den yta som ska mätas upp. Mätpersonen ser då i instrumentets sökare det område som mäts upp, ofta bara cirka 1 grad. Det motsvarar cirka 1,5 cm<sup>2</sup> på 1 m avstånd och 1,5 dm<sup>2</sup> på 10 m avstånd.

Det hävdas ibland att begreppet synlig strålning är vilseledande. En ljusstråle i partikelfritt vakuum som passerar framför ögat utan att träffa näthinnan syns nämligen inte. Men om strålningen träffar näthinnan utlöser den synintryck, man varseblir strålningen i form av ljusupplevelser. Det blir i slutänden en definitionsfråga vad begreppet ”att se” innebär. Den här boken tar bara upp strålning som träffar näthinnan och då ger upphov till synupplevelser. Det är den strålning vi då ”ser” som vi i dagligt tal kallar ljus.

## Färgtemperatur och färgåtergivning

Färgtemperaturen anger om ljuset är varmt (gultonat) eller kallt (blåtonat). I Sverige är lysrör oftast i kategorin varmvita, vilket innebär en dragning åt det gula hållet i färgskalan. Temperaturen anges i Kelvingrader (K), ju högre gradtal desto kallare ljus. Detta kan verka bakvänt men är lättare att förstå om man betänker att ett vitglödgat föremål är varmare än ett rödglödgat. Färgtemperaturen från några vanligt förekommande ljuskällor anges i Tabell 2.

Typ	Färg-temperatur (K)	Färg-återgivning (Ra-index)	Ljusutbyte (lm/W)
Klar himmel vinter	10 000–15 000	100	
Disig solig vinterdag	8 000		
Solsken sommar	7 100		
Reflektion moln	7 000		
Fullfärg speciallysrör	3 000–6 500	>90	
Elektronblix	5 000–6 000	>90	
LED	2 700–6 500	60–95	>200
Kallvitt lysrör	4 200	60–90	80–120
Fullfärglysrör	3 000–6 000	80–90	80–120
Direkt månsken	3 600		
Fotolampa	3 400	>90	
Halogenlampa	3 200	100	15–20
Keramisk metallhalogen	3 000–5 200	80–96	80–115
Varmvitt lysrör	<3 200	50–90	80–120
Vanlig glödlampa	2 700–3 200	100	10–15
Vitt högtrycksnatrium	2 700	60–85	120–140
Högtrycksnatrium	2 100	25	120–140
Lågtrycksnatrium	1 800–2 500	(oklassad, ca 5)	ca 200
Soluppgång/solnedgång	2 000		
Stearinljus	ca 1 800	100	

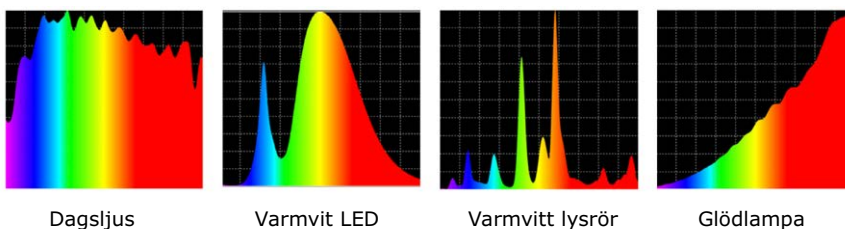
Tabell 2. Färgtemperatur, färgåtergivning och ljusutbyte hos några vanligt förekommande ljuskällor.

En ljuskällas färgåtergivning kan avläsas av dess Ra-index, där Ra=100 innebär bästa möjliga färgåtergivning. Trots att glödlampan hade ett Ra på 100, beroende på att den definierats som referens för varma ljuskällor, så återgav ljuset från glödlampan gula och röda färgtoner betydligt starkare än blå. Kallare ljuskällor med en färgtemperatur över 5 000 K jämförs med dagsljus, vilket ger ett Ra-värde som bättre överensstämmer med synintrycket. Lysrör har vanligen Ra-index från 80 (varmvita) upp till cirka 95 (fullfärg special). I arbetslokaler rekommenderas Ra-index på 80 och uppåt. Färgåtergivningsindex för några vanligt förekommande ljuskällor anges i Tabell 2.

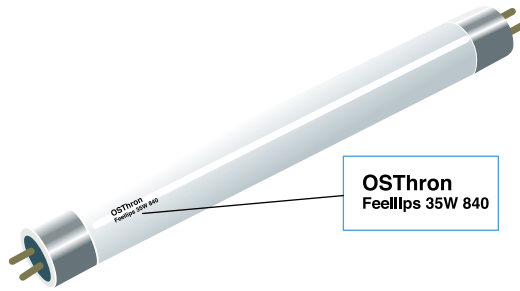
## Ljusutbyte

En ljuskälla omvandlar vanligen elektrisk energi till ljus. Ljusutbytet anger hur effektiv denna omvandling är. Ljusutbyte är ett mått som anger hur mycket ljus som produceras per förbrukad watt. Enheten är således lumen per watt (lm/W). I Tabell 2 framgår att ljusutbytet skiljer kraftigt mellan olika typer av ljuskällor. Lågtrycksnatrium ger cirka tjugo gånger mer ljus per watt än en glödlampa men ljuskvaliteten är samtidigt väsentligt sämre.

Figur 18 illustrerar att dagsljus innehåller en högre andel blå våglängder än glödlampan och det varmvita lysröret, vilket förklarar dagsljusets högre färgtemperatur. Notera även att det varmvita lysröret nästan helt saknar flera våglängder, vilket förklarar dess sämre färgåtergivning.



Figur 18. Spektral fördelning för dagsljus, varmvit LED, varmvitt lysrör samt glödlampa.



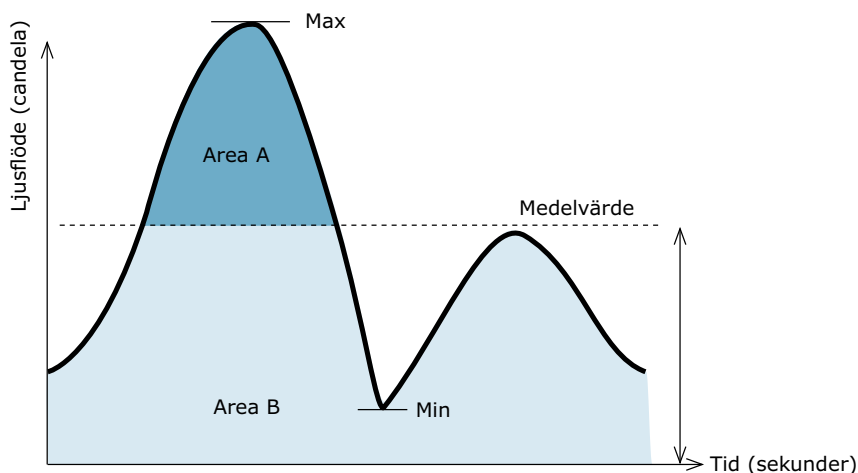
Figur 19. Schematisk märkning av lysrör. Koden 840 innebär att röret har färgåtergivningsindex 80–89 och en färgtemperatur på 4 000–5 000 K.

### Märkning av lysrörs Ra och färgtemperatur

Ett lysrörs färegenskaper kan avläsas från dess tresiffriga kod. Första siffran multiplicerad med 10 anger Ra-index. De följande två siffrorna multiplicerat med 100 anger färgtemperaturen i Kelvingrader. Ett lysrör med märkningen 840 har alltså ett Ra-index på 80–89 och en färgtemperatur mellan 4 000 och 5 000 K (Figur 19). Ett Ra-index >80 betyder klassen fullfärgslysror och Ra >90 klassen fullfärg special.

### Flimmer

Med flimmer menas snabba regelbundna förändringar i belysningsstyrka från en eller flera ljuskällor. Flimmer är en subjektiv upplevelse av de periodiska förändringarna i ljusstyrkan, det vill säga ljusmodulation. Dessa kan vara så snabba att de inte detekteras visuellt och benämns då icke-visuellt flimmer. Ljusmodulationen definieras av främst tre faktorer; frekvens, vågform och skillnaden mellan ljusets högsta och lägsta intensitet. Idag installeras i huvudsak LED-belysningar med konstantströmsdriftdon med amplitudmodulering som motsvarar tidigare dimbara HF-don för lysrör. Dessa driftdon ger ett ljus med endast marginellt flimmer. De kan driva en eller flera LED-moduler vilket är fördelaktigt för att optimera teknik, kostnad och effektivitet. Det ger även en ökad flexibilitet då den dyra och känsliga tekniken i driftdonet kan användas för flera LED-moduler i olika belysningsarmaturer.

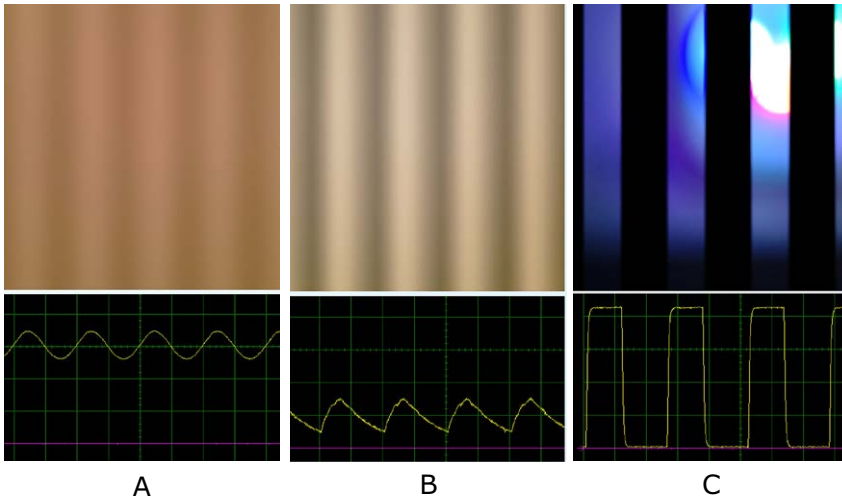


Figur 20. Ljusflöde under en flimmercykel. Flimmerprocent beräknas som  $(\text{Max} - \text{Min}) / (\text{Max} + \text{Min}) \times 100$ . Flimmerindex beräknas som  $\text{Area A} / (\text{Area A} + \text{Area B})$ .

Det förekommer dock LED-moduler med driftdonet integrerat på samma kretskort och kopplat direkt på elnätets 50 Hz vilket medför ett starkt icke-visuellt flimmer på 100 Hz och hög modulation.

Vid dimning av vissa LED-armaturer används pulsviddmodulering (PWM) för att uppnå låga ljusintensiteter. Detta innebär att ljuset slås av och på med en drivspänning i form av en fyrkantvåg (Figur 21C) vilket kan medföra ett icke-visuellt flimmer på ibland så låga frekvenser som 100 Hz och en modulation på upp till 100 procent.

Idag finns flera möjligheter att detektera flimmer. Det kan göras med direktvisande specialinstrument eller med fotometer med extern signalutgång kopplad till oscilloskop. Numera finns även appar för mobiltelefoner, till exempel Arbetsmiljöverkets gratis-app *Ljus*. Denna app kan grovt detektera 100 Hz flimmer och dess modulation, samt ger en bedömning om det uppmätta flimret innebär en risk för besvär enligt en rapport från IEEE år 2015 (se referenser). Ljusmodulation kan anges i flimmerprocent eller i flimmerindex (Figur 20). Notera att inget av dessa mått ger någon information om flimmerets frekvens eller vågform.



Figur 21. Exempel på hur en ljuskällas ljusmodulation kan analyseras grovt med ett mobilfoto:

- A) en glödlampa med frekvens 100 Hz, sinusformad matning, cirka 10 procent modulation
- B) lågenergilampa (100 Hz, osymmetrisk sågtandmatning, cirka 50 procent modulation)
- C) dimmad enhet på en LED-baserad ljusslinga, 77 Hz, fyrkantvåg, 100 procent modulation.

En grov uppfattning om en ljuskällas ljusmodulation kan erhållas genom att placera en mobiltelefons kameranlinse intill ljuskällan. Eventuella modulationer kan då, men inte alltid, synas som mörka och ljusa linjer på mobilens bildskärm (Figur 21). Ju högre frekvens desto tätare mellan linjerna och ju högre modulation desto större skillnad i ljus och mörker hos linjerna. Vågformen kan bedömas utifrån hur skarpa övergångarna mellan ljusa och mörka linjer är. Vid knivskarp övergång från ljus till mörk linje och vice versa är vågformen sannolikt fyrkantvåg (Figur 21C) medan diffusa övergångar uppkommer vid till exempel sinusformad våg som hos glödlampor (Figur 21A). Det flimrar som uppkommer från en glödlampa är cirka 10 procent och har, så vitt författaren känner till, aldrig rapporterats orsaka obehag. Det finns således inget skäl att vidta åtgärder även om en svag rastre-ring som denna detekteras. Besvär som uppkommer vid synligt och icke-synligt flimrar beskrivs i avsnittet om blickriktning.



Figur 22. Glimtändare finns i äldre lysrörsarmaturer och är normalt relativt lätta att komma åt vid behov av utbyte. Lysröret kan dock behöva lossas.

Synbart flimmer kan uppkomma hos lysrör som blivit alltför gamla och behöver bytas. Den kritiska frekvensen för att visuellt kunna se flimmer varierar mellan individer, belysningsstyrkor, exponeringens längd med mera. Frekvenströskeln ligger normalt i intervallet 20–70 Hz. Ljusvariationerna kan även vara så snabba att de inte syns vid stadigt betraktande av ljuskällan. Om blicken däremot sveper över ljuskällan kan denna uppfattas som ett pärlband av punkter, så kallad phantom array. Detta kan ibland observeras på digitala displayer och på vissa bilmodellens bakljus då blicken sveper fram och tillbaka. Dessa ljus lyser således inte konstant utan drivs av en fyrkantvåg eller liknande vågform. Ett samlingsnamn för denna och andra former av avvikande visuella intryck från tidsmodulerat ljus är TLA (Temporal Light Artefacts). Äldre lysrörsarmaturer drivs med magnetiska don, vilka bland annat kan identifieras genom att de har glimtändare (Figur 22).

Magnetdonsarmaturer ger upphov till en intensiv ljusmodulation där variationen mellan högsta och lägsta belysningsstyrka kan uppgå till 30–40 procent. Moderna lysrörsarmaturer drivs med elektroniska driftdon, även kallade HF-don eller högfrekvensdon, som genererar drivspänning till lysrören med frekvenser på flera tiotusentals Hz. Det medför en ljusmodulation på mindre än några få procent. Idag monteras nästan undantagslöst LED-armaturer vid nybyggnation och reoveringar. Introduktionen av LED har tyvärr medfört en hög ljusmodulation från vissa av dessa ljuskällor och armaturer.

I den klassiska glödlampan samvarierar glödtrådens temperatur till en liten del med växelströmmen. Varje gång strömstyrkan passerar noll vid övergången från plus- till minusspänning, vilket inträffar 100 gånger per sekund vid 50 Hz växelström, hinner glödtråden svalna något. Dessa temperaturvariationer leder till att glödlampor avger ett ljus som inte är stabilt. Det innebär att den ljusmodulation som lampan sänder ut kan uppgå till cirka 10–15 procent.

Flimrande ljus kan vara en skadesrisk om ljuset varierar i takt med maskindelar som rör sig i samma antal cykler som ljusvariationerna. En stroboskopeffekt kan då uppkomma som ger en illusion av att maskinen står stilla, något som rapporterats ha gett upphov till flera fall av allvarliga personsador. Flimmer kan också leda till att fler fel uppstår vid läsning, att läsningen tar längre tid samt ökad intensitet av flera stressymtom.

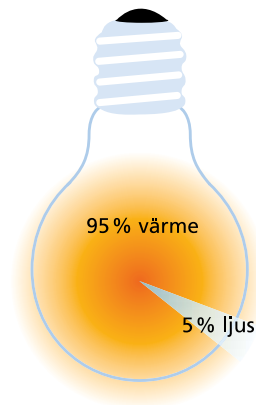
## Elektriska ljuskällor

### Glödlampan

År 2009 beslutade EU att matta glödlampor skulle fasas ut med ett fullständigt förbud mot tillverkning och import av alla former av traditionella glödlampor från september 2012. Skälet var glödlampans låga ljusutbyte (10–14 lm/W) på cirka fem procent. Övriga 95 procent avges i form av värme vilket bedömdes som oacceptabel misshushållning med energi.

### Halogenlampan

Halogenlampan är en vidareutveckling av den traditionella glödlampan. Den är en ljuskälla med bra färgåtergivning tack vare ett mer kontinuerligt spektrum. När en halogen (till en början jod, numera brom) tillförs i glaskolven uppstår inte den svärtning av glaskolvens insida som med tiden uppkom i



Figur 23. Glödlampans dåliga ljusutbyte beror på att cirka 90–95 procent av den tillförda elektriska energin omvandlas till värme och endast 5–10 procent till ljus.



en traditionell glödlampa. Ljusutbytet ökar då från 12 till 22 lm/W, det vill säga nästan en fördubbling av ljusutbytet och motsvarande sänkning av energiförbrukningen. En ytterligare ökning av ljusutbytet till cirka 35 lm/W erhöles då man började belägga insidan av glaset med en hinna som reflekterar mycket av värmen tillbaka mot glödråden som då blir ännu hetare och därmed avger än mer ljus. Trots dessa förbättringar av ljusutbytet har halogenlampor dålig energi-effektivitet jämfört med LED, lysrör och andra urladdningslampor.

### Lysrör

År 1936 patenterades en ljuskälla som byggde på en annan princip, elektrisk urladdning i kvicksilverånga. Ljuskällan kallades lysrör och dessa har vidareutvecklats och förbättrats vad gäller ljuskvalitet och minskad elförbrukning. Rörtyper benämns exempelvis T8 eller T5. Siffran står för antalet åttondels tum. Diametern hos ett T8-rör är alltså 25 mm medan det tunnare T5-röret är 16 mm. Lysrör finns i många olika former och storlekar. De är fortfarande energisnåla alternativ med möjligheter till mycket god färgåtergivning och önskad färgtemperatur (Tabell 2 och 3). Ljusutbytet är högt, cirka 80–120 lm/W.

Klass	Ra-index
Fullfärg special	90–100
Fullfärg	80–89
Enkelfärg	40–79

Tabell 3. Indelning av lysrör utifrån färgåtergivningsindex.

### Kompaktlysror och lysrörslampor

Lågenergilampor är en form av lysrör där röret vikts samman till en kompakt enhet. De är därför mer punktformade ljuskällor än raka lysrör. Ljuskvaliteten är ungefär densamma som för raka lysrör men ljusutbytet är sämre, 40–65 lm/W. Lågenergilampor drar en femtedel så mycket energi som en traditionell glödlampa som avger motsvarande ljusmängd. Livslängden är dessutom väsentligt längre, 6 000 till 20 000 timmar jämfört med glödlampans cirka 1 000 timmar.

Lågenergilampan, även benämnd lysrörslampa, skiljer sig från kompaktlysrör genom att den kan monteras i glödlampsarmaturer. Man ska då kontrollera att lågenergilampan inte sticker ut utanför armaturens bländskydd (se Figur 32). Lågenergilampans färgtemperatur är 2 700 K (varmvitt), 3 000 K (vitt), 4 000 K (kallvitt), eller 6 500 K (dagsljusliknande). Omräkningstabellen nedan (Tabell 4) kan användas för att uppnå samma ljusmängd då man byter ut en glödlampa mot en lågenergilampa.

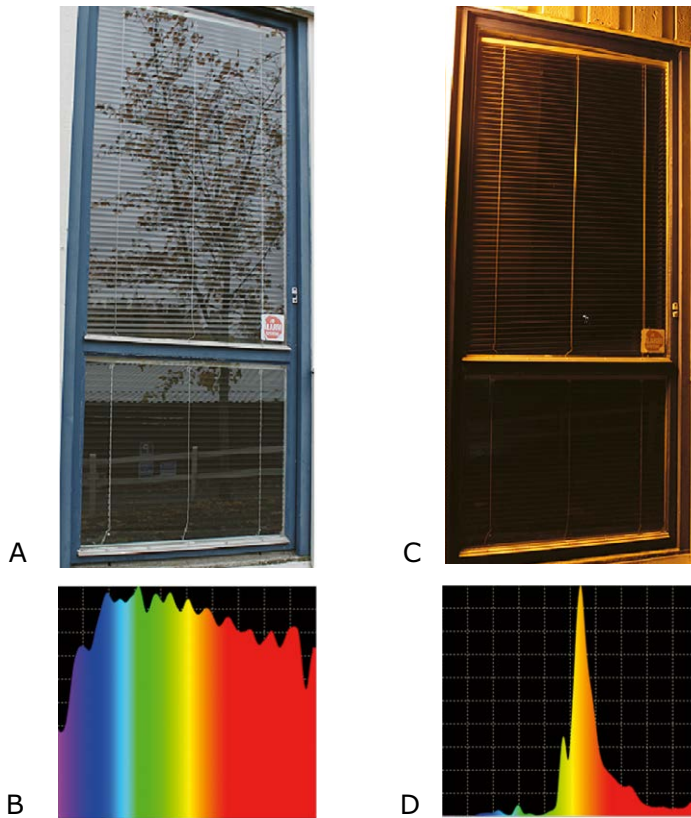
Färgåtergivning i äldre lågenergilampor var ibland sämre än hos traditionella lysrör och glödlampor, vilket kritiserades av många som arbetade med belysning. Det finns idag lågenergilampor i specialutförande med ett Ra-värde på 91–96 (fullspektrumlampor). Dessa är dock dyrare än motsvarande ljuskällor i standardutförande.

Glödlampa (W)	Lågenergilampa (W)	Lumen (ca värden)
15	3–5	120
25	7–8	220
40	11	410
60	15	700
75	18–20	920
100	23–27	1 330

Tabell 4. Omvandlingstabell glödlampa till lågenergilampa med ungefärlig motsvarande ljusmängd.

### Lågtrycksnatriumlampor

Större trafikleder belystes förr i hög utsträckning med lågtrycksnatriumlampor, vilka fortfarande ger högt ljusutbyte. Nackdelen är det monokroma ljuset som enbart återger den orangefärgade våglängden (Figur 24C och D). Övriga färger återges svarta eller gråa, vilket gör att lågtrycksnatriumlampor nu allt oftare ersatts med högtrycksnatriumlampor eller LED.



Figur 24. Blå uteplatsdörr. Foto A är taget i dagsljus. Dess spektrum (B) innehåller hög andel blått ljus som reflekteras i dörrens blå pigment. Foto C är taget nattetid i den enda befintliga belysningen, lågtrycksnatrium. Dörrkarmens verkliga blå färg ser här svart ut eftersom det ljusets spektrum (D) inte innehåller några blå våglängder som kan reflekteras av dörrens blå pigment. Även väggarnas vita färg reflekterar nu enbart det orangea ljuset.

### Högtrycksurladdningslampor

Gemensamt för denna typ av ljuskällor är att ljuset alstras genom en urladdning mellan två elektroder inneslutna i en glaskolv med ett tryck högre än atmosfärstrycket.

Högtrycksnatriumlampor används när stora ytor ska belysas och ljuskvaliteten inte är det centrala. Vill man istället skapa ett ljus med hög ljuskvalitet väljs numera metallhalogenlampor. Den variant som kallas keramisk metallhalogen har mycket stabil färgtemperatur

och färgåtergivning samt högt ljusutbyte (80–115 lm/W). Kvicksilverlampor hade låg energieffektivitet och förbjöds 2015. De ersätts därför alltmer av metallhalogen med keramisk brännare. Det lätt blåtonade xenonljus som blivit näst intill standard i bilstrålkastare är en form av metallhalogen där ljusstyrkan höjts cirka tre gånger genom att temperaturen i kolven höjts väsentligt.

## LED

De senaste åren har utvecklingen av lysdioder – LED (eng. *Light Emitting Diodes*) – accelererat kraftigt och utgör numera huvuddelen av all installerad belysning i världen. Fördelarna är flera. Många LED-ljuskällor har idag ett högre ljusutbyte än lysrör, de tål hårdhänt hantering och har längre livslängd, mellan 20 000 och 50 000 timmar. Detta motsvarar mellan 5 och 15 år med en brinntid på 12 timmar per vardag. Sannolikt håller dioderna tills armaturerna de sitter i byts ut.

LED är i sig ingen ny ljuskälla. Lågeffekts-LED har funnits som exempelvis färgade indikatorlampor och i trafiksignaler under många år. För belysningsändamål används LED med högre effekter och med vitt ljus. Dessa monteras ofta i moduler med ett lämpligt antal LED i förhållande till belysningsbehovet. LED-plattor, monterade dikt an mot taket (Figur 25) har blivit vanliga som allmänbelysning, särskilt i öppna kontorslandskap, sammanträdesrum och i pausutrymmen.

En andel av saluförda LED-plattor har visat sig avge icke-visuellt flimmar, särskilt vid dimning. Både sinusformigt och fyrkantvågformigt 100 Hz flimmar förekommer liksom fyrkantvåg med betydligt högre frekvenser. Vid upphandling av LED-belysning bör man fråga leverantören om armaturerna flimrar och i så fall med vilken frekvens, vågform och modulation. Dessa data bör efterfrågas både vad gäller drift på full effekt och vid dimning. Om data inte kan presenteras bör man överväga att välja en annan leverantör.

LED-plattor kan konstrueras så att en andel av dioderna riktas horisontellt för att åstadkomma en högre vertikal belysningsstyrka. Här är det viktigt att belysningsstyrkan inte blir så hög att det orsa-



Figur 25. Här har LED-plattor ersatt de lampetter som syns längre bort i korridoren.

kar bländning från armaturerna.

Det finns stora skillnader i den ljuskvalitet som vita LED avger. Här gäller samma mönster som för alla övriga produkter, det är inte säkert att lågprisvarianter har önskad kvalitet. Det finns billiga vita LED som avger ett vitt ljus med dålig färgåtergivning och ljusspridning. Ska LED-belysning installeras i arbetslokaler måste man vara beredd att betala betydligt mer än för lågprisvaruhusens produkter för hemmabruk. Dessa uppfyller oftast inte kraven som ställs på en belysningsanläggning avsedd för arbetsplatser.

LED för hemmabruk finns även monterade i ljuskällor med skruvsockel och kan därför användas i många av de glödlampsarmaturer

som finns i hemmen även sedan traditionella glödlampor fasats ut. Utvecklingen av LED går så snabbt att det inte är meningsfullt att här ytterligare söka förutspå ljuskvalitet och energiförbrukning för kommande LED. Läsaren hänvisas till de större tillverkarnas och återförsäljarnas hemsidor samt [belysningsbranschen.se](http://belysningsbranschen.se) för uppdaterad information.

## OLED

OLED (eng. *Organic light-emitting diode*), inkluderar ett flertal undergrupper av dioder som kan tändas och släckas. De kan också göras mycket små. Om många OLED arrangeras i en tät matris kan de skapa text och bild likt principen för en plasmaskärm, som en typ av enkelt teckenfönster men även som bildskärm eller tv. Varje enskild diod fungerar då som en enskild pixel (bildpunkt). I motsats till LCD-skärmar behövs ingen bakgrundsbelysning. OLED-skärmar och teckenfönster kan därför vara lätta och endast några få millimeter djupa. De kan även gjutas i mjuka plastmaterial vilket gör dem flexibla och oömma.

## Ljuskällors livslängd

När den totala kostnaden för olika ljuskällor jämförs måste livslängden tas med i beräkningen, liksom kostnaderna för underhållspersonal och driftstörningar vid byte av uttjänta ljuskällor. Detta medför att billiga ljuskällor med kort livslängd kan ha en hög totalkostnad, ett exempel på detta är traditionella glödlampor.

Ljuskälla	Ungefärlig livslängd (tim)
Glödlampor	1 000
Lågenergilampor	6 000–15 000
Kompaktlysrör	8 000–15 000
Högtrycksnatrium	10 000–24 000
Traditionella lysrör	20 000–50 000
Lysdioder	25 000–50 000

Tabell 5. Livslängd för några vanligt förekommande ljuskällor.

## **Socklar**

Det finns en mängd olika socklar för anslutning av ljuskälla till armatur. Den traditionella sockeln är den skruvgängade och vanligast är den traditionella glödlampans E27-sockel. E står för Edison och 27 för sockelns diameter, 27 millimeter. En vanlig sockel för mindre ljuskällor är E14 som alltså har en 14 millimeter bred skruvgängad sockel. Därutöver finns ett stort antal andra sockeltyper och storlekar för olika typer av ljuskällor med stift i olika utformning och antal, socklar med bajonettfattning etc.

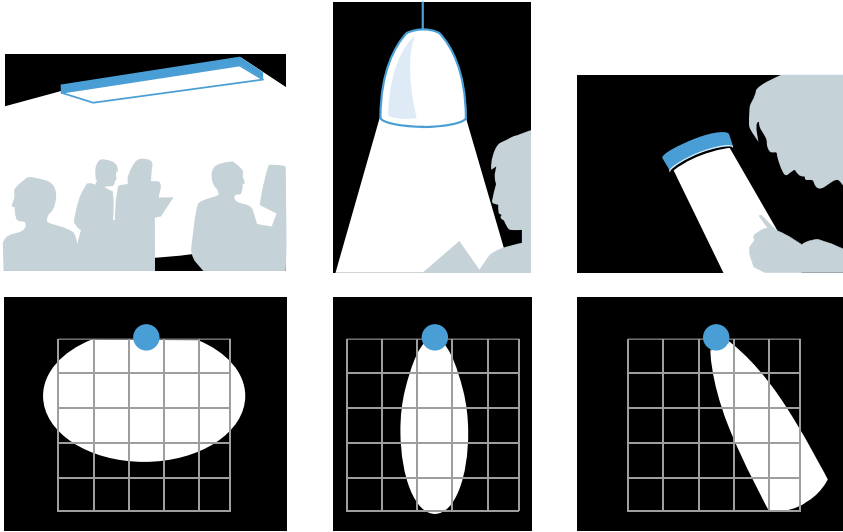
## **Driftdon**

Urladdningslampor kräver ett driftdon för att fungera. Den ursprungliga varianten var elektromagnetisk. Denna drog mycket energi och genererade ljusmodulationer, det vill säga periodiska förändringar i belysningsstyrkan, på upp till 30–40 procent med en frekvens av 100 Hz. Moderna elektroniska driftdon drar väsentligt mindre energi och genererar ljusmodulationer under en procent i frekvenser på flera tiotusentals Hz. Elektroniska driftdon finns i olika utföranden där de bästa medger att arbetstagaren kan reglera ljuset steglöst från 0 till 100 procent. De kan också anslutas till digitala system som styr belysningen via olika typer av sensorer som känner av exempelvis närvaro, aktuell dagsljusnivå och individuell styrning.

## **Armaturer**

Det en lekman kallar för lampa är för den som arbetar professionellt med belysning en armatur som innehåller en ljuskälla.

Armaturen påverkar det slutliga belysningsresultatet i hög grad. Valet av armatur beror på vilken belysning man vill skapa. I en fast takmonterad allmänbelysning i en arbetslokal ska armaturen sprida ljus över en stor yta utan att blända, oavsett var i lokalen de anställda befinner sig. Är armaturen avsedd att belysa en yta för exempelvis montering av kretskort på en enskild arbetsplats ska ljuset ha justerbar ljusstyrka, vara starkt riktat samt enkelt kunna justeras i höjddled och sidled. Givetvis behövs det en rad olika typer



Figur 26. En armatur kan vara avsedd för allmänljus, lokaliserad allmänbelysning eller för platsbelysning. De ljusfördelningar som illustreras ovan har starkt överdrivet skarpa avgränsningar för att illustrera att olika typer av armaturer ger olika typer av ljusspridning.

av armaturer för alla de olika typer av arbetsmoment som finns i arbetslivet (exempel i Figur 26).

### Ljusfördelning

Få armaturer är avsedda att sprida ljuset i alla riktningar – det skapar bländning och belysning av ytor där inget ljus behövs för seendet. För att skapa lämplig ljusfördelning använder man reflektorer bestående av exempelvis höglanspolerad metall med lämplig kurvatur och placering inne i armaturen. Med pendelarmaturer som även lyser uppåt i exempelvis kontorsrum kan taket användas som reflekterande yta. Det uppåtriktade ljuset ger då ett behagligt diffust allmänljus utan stark skuggbildning medan det nedåtriktade ljuset ger en väl fungerande belysning inom arbetsområdet förutsatt att armaturen är korrekt placerad. Seriösa tillverkare bifogar en ljusfördelningskurva för att underlätta bedömning av hur en armatur sprider ljuset.



## Belysningens placering på arbetsplatser inomhus

### Ljuskällornas placering

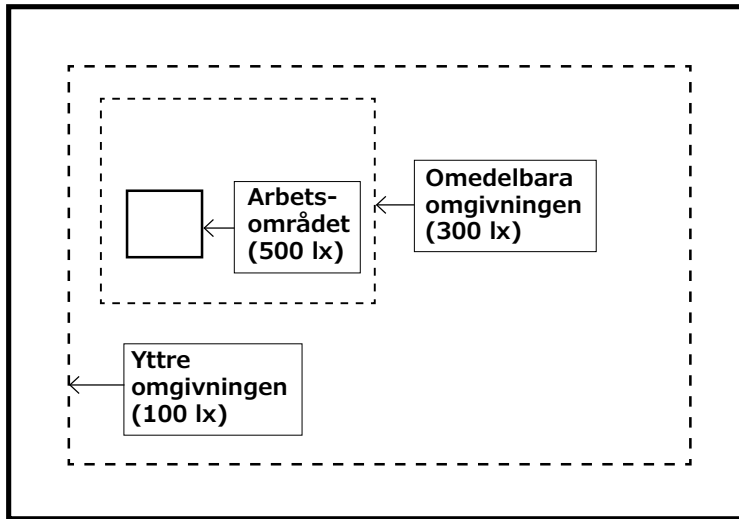
En armatur kan vara av utmärkt kvalitet och ändå fungera uselt om den placeras fel. Tillverkaren anger normalt vilken monteringshöjd som är lämplig liksom hur armaturen ska vinklas och riktas in mot de ytor som ska belysas.

Ibland installeras armaturerna jämnt fördelade över hela taket för att ge en så stark allmänbelysning av hela lokalen att olika arbetsområden kan placeras var som helst i lokalen. Detta medför dock att stora ytor blir onödigt starkt belysta, vilket oftast leder till en väsentligt högre energiförbrukning än nödvändigt.

Detta kan undvikas genom att takarmaturerna placeras i anslutning till respektive arbetsområde, så kallad lokaliserad allmänbelysning. Den omedelbara omgivningen får då en svagare men ofta tillräcklig belysningsstyrka. Alternativt behövs några extra ljuskällor för att allmänbelysningen ska uppnå jämnhetskraven.



Figur 27. I denna undervisningslokal har armaturer avsedda för montering vid högre takhöjder monterats på 2,4 m höjd. Dessutom valdes en modell med lågt infällningsdjup på grund av begränsat utrymme mellan bjälklag och innertak. Resultatet blev kraftigt bländande ljuspunkter alltför nära de centrala delarna av synfältet. Vid eftermontering av bästa tillgängliga bländskydd minskade bländningen något men är fortfarande besvärande. Exemplet betonar vikten av belysningskompetens hos projektören samt krav på provinstallation som en del i köparens beställarkompetens.



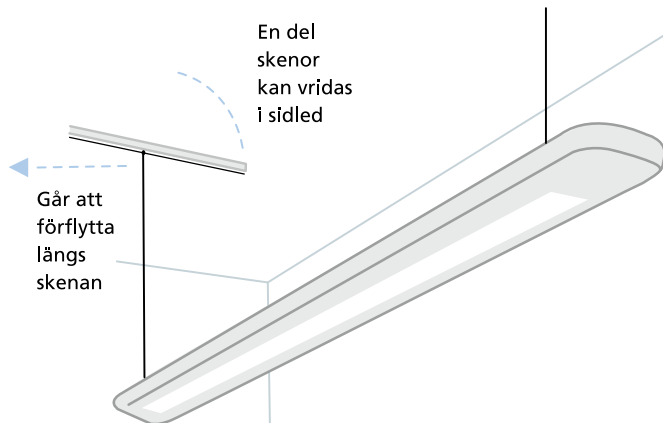
Figur 28. Grafisk presentation av ett rum där arbetsområdet, den omedelbara omgivningen samt den yttre omgivningen definierats. Angiven belysningsstyrka avser kontorsarbete.

En tredje utgångspunkt är att skapa en tillräcklig belysningsstyrka i den omedelbara omgivningen. Därefter kompletteras respektive arbetsområde vid behov med en separat platsbelysning för att uppfylla ljuskraven.

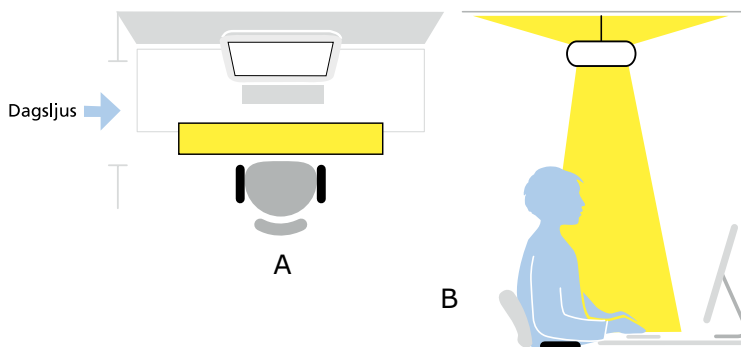
Det senare alternativet är mest flexibelt då takarmaturerna inte behöver hängas om vid ommöblering. Belysningsplacering och belysningskrav beskrivs i detalj i belysningsstandarden SS-EN 12464-1 och i planeringsguiden Ljus & Rum.

### Placering vid kontorsarbetsplats

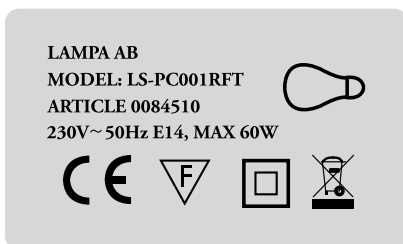
Upphängningen av armatur vid datorarbetsplatser bör vara flexibel så att armaturen lätt kan riktas om och placeras på ny lämplig plats i taket vid ommöblering. Detta kan göras genom att armaturen hängs upp i skenor som medger förflyttning. Ytterligare flexibilitet erhålls om skenorna kan vridas i sidled (Figur 29 och 30). Flexibilitet underlättar också individuell anpassning av belysningen.



Figur 29. Genom att hänga armaturen flexibelt i vridbara skenor kan dess placering anpassas till möbleringen i ett kontorsrum.



Figur 30. Armaturen (gul rektangel i A) ska om möjligt hängas rakt ovanför den närmaste skrivbordskanten vid en kontorsarbetsplats. Då ser inte arbetstagaren ljuskällan och denna speglas inte heller i bildskärmsytan.



Figur 31. I märkningen av armatur anges flera viktiga egenskaper, bland annat ljuskällans maxeffekt samt anvisningar för användning och återvinning.



A

(A). Traditionell glödlampa. Luminansen i den perifera del av ljuskällan som sticker ut är  $3\,000\text{ cd/m}^2$ .



B

(B). Lågenergilampa. Luminansen i den utstickande delen av ljuskällan är  $10\,000\text{ cd/m}^2$ .



C

(C). Kompaktlysrör. Luminansen i ljuskällans mitt är  $45\,000\text{ cd/m}^2$ .

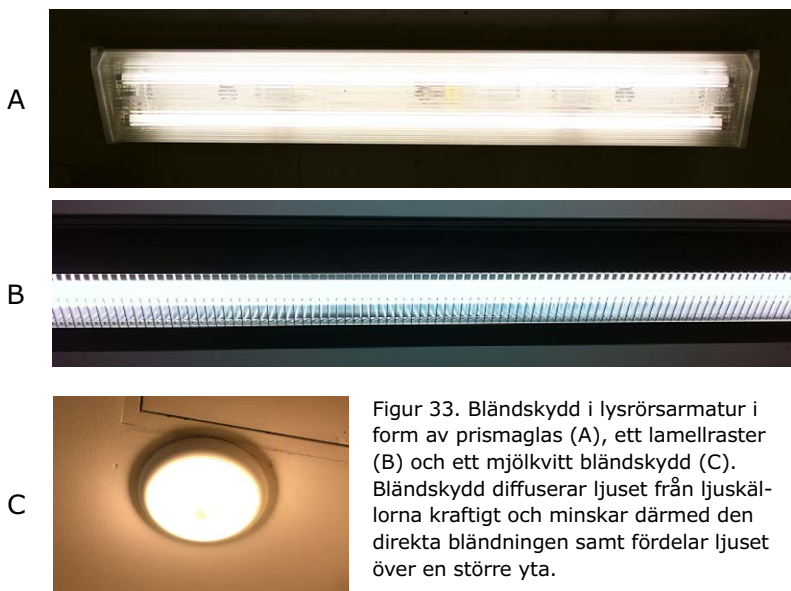
Figur 32. Olika ljuskällor i en och samma armatur avsedd för traditionell glödlampa. Fotona till vänster visar ljuskällans form och hur mycket av dem som täcks av bländskyddet. Fotona till höger visar hur ljuset från lampetten ter sig för betraktaren.

## Armaturen och ljuskällan

Tillverkaren anger vilka ljuskällor som är lämpliga att använda i armaturen. En armatur klarar inte hur starka ljuskällor som helst. Maxgränsen anges enligt märkningen inne i eller utanpå armaturen.

I Figur 31 finns flera märkningssymboler som anger olika egenskaper hos armaturen. CE-märkning anger att armaturen är i överensstämmelse med kraven i lågspänningsdirektivet för elsäkerhet och med EMC-direktivet för elektromagnetisk kompatibilitet. F-triangeln anger att det är en armatur med installationskrav för montage på brännbara ytor med normal flampunkt. De två kvadraterna anger att armaturen har grundisolering och dessutom antingen förstärkt isolering eller dubbelisolering. I händelse av elektriskt fel kan då ingen farlig spänning ledas till åtkomliga metalldelar. Den överkorsade soptunnan anger att då armaturen är förbrukad är den elektriskt och elektroniskt avfall och får inte kasseras med osorterat hushållsavfall. Den ska samlas in separat enligt lokala lagar och förordningar.

I många äldre armaturer konstruerade för traditionella glödlampor har man idag satt in lågenergilampor som liknar glödlampor till



Figur 33. Bländskydd i lysrörsarmatur i form av prismaglas (A), ett lamellraster (B) och ett mjölkvitt bländskydd (C). Bländskydd diffuserar ljuset från ljuskällorna kraftigt och minskar därmed den direkta bländningen samt fördelar ljuset över en större yta.

formen men som ibland är något större. De sticker då ut för långt ur armaturen och bländar i olika riktningar (Figur 32). Om man byter till en ljuskälla som inte överensstämmer med armaturens CE-märkning tar man samtidigt över ansvaret för att produkten är säker att använda.

### **Bländskydd**

En ljuskälla i en armatur ska inte blända direkt eller indirekt via armaturens reflektor. För att finjustera en armaturs ljusfördelning kan man använda olika former av diffuserande skivor, bländskydd och raster. Dessa kan bestå av lameller på olika avstånd i en eller flera riktningar. Lamellernas yta kan vara ljus eller mörk, högblank eller matt (Figur 33).

## **Energisparande kontra ljuskvalitet**

### **Ljusutbyte**

En ljuskällas energieffektivitet, alltså hur mycket ljus man får per watt inmatad energi, kan avläsas i dess ljusutbyte som anges i lm/W. Temperaturstrålare som den traditionella glödlampan och halogenlampan har som nämnts lågt ljusutbyte, 10–14 lm/W, medan urladdningslamporna har väsentligt högre. Lysrör har ett utbyte på ungefär 100 lm/W medan LED nu passerar 200 lm/W.

Behovet av energisparande beräknas öka dramatiskt inom alla områden och möjligheterna är stora inte minst vad gäller belysning. Energibesparing kan enkelt uppnås genom generellt sänkt belysningsstyrka, men detta riskerar att påverka arbetsmiljön negativt. En mängd energisparande åtgärder kan emellertid göras utan att belysningskvaliteten försämrars. En stor andel av all belysning på våra arbetsplatser lyser på ytor utan att bidra till de anställdas seende, alltför ofta utan att någon anställd befinner sig i lokalen ifråga.

Energiförbrukningen för belysning skiljer sig mellan olika typer av arbetsplatser. Vid en normalstor kontorsarbetsplats på cirka 10 m<sup>2</sup> finns ofta en lysrörsarmatur med två till tre lysrör om cirka 30–40 W vardera. Man uppnår här cirka 500 lx med en energiförbrukning i storleksordningen 8–10 W/m<sup>2</sup>.

I industrilokaler är belysningsstyrka och energiförbrukning per kvadratmeter beroende av produktionens art och monteringshöjden. Vid grovmekaniska verksamheter kan lämplig nivå ligga på 300 lx, vilket uppnås med 6–8 W/m<sup>2</sup>, beroende på takhöjd. Vid finmekanisk verksamhet kan den tredubbla belysningsstyrkan krävas. I butiker kräver det arbete som ska utföras inte mer än cirka 10–12 W/m<sup>2</sup>. Energiförbrukningen kan dock vara tio gånger så hög för att butiken och dess varor ska exponeras för kunden på ett tilltalande sätt.

I framtiden kommer vi sannolikt att söka minska elförbrukningen både av ekonomiska skäl och av miljöskäl. Det finns stora möjligheter att sänka elförbrukningen för belysning. Enligt Energimyndigheten kan ljuset från en konventionell belysningsanläggning med 26 mm lysrör (T8-rör) erhållas med mindre än 20 procent av den tidigare energiförbrukningen vid installation av en modern belysningsanläggning. En sådan modern anläggning är baserad på dimmer, närvarostyrning, dagsljusavkänning och LED eller 16 mm lysrör (T5-rör). Återbetalningstiden uppges vara bara några år. Automatisk närvarostyrning och dagsljusavkänning innebär att dagsljuset ses som den primära ljuskällan och den artificiella belysningen tänds respektive ökas enbart då dagsljuset inte längre täcker ljusbehovet. Här finns en stor utvecklingspotential för tillverkare av armaturer och reglerutrustning för belysningsanläggningar och elinstallationsföretag.

En metod för att uppskatta totalkostnaderna för en planerad belysningsanläggning är att göra en livscykelanalys. Där räknar man fram totalkostnaden för en belysningsprodukt under dess livslängd, från inköp till att den tas ur bruk. I denna kostnad ingår investerings- och räntekostnader, total elförbrukning, antal byten av ljuskällan, ränteläge, underhållskostnader, återvinning med mera. En mall för sådan kalkyl finns på [belysningsbranschen.se](http://belysningsbranschen.se). Förutom de ekonomiska vinsterna av minskad elförbrukning sänks koldioxidutsläppen i motsvarande grad.

En del av de lågenergilampor som sålts tänds upp alltför långsamt. Vissa lågprisvarianter kan ge en belysningsstyrka på mindre än 20 lx i upptändningsögonblicket och inte ens nå 20 procent av maximal ljusstyrka inom 15 sekunder. På exempelvis toalet-

ter utgör en så långsam upptändningstakt ett stressmoment. Det gäller särskilt om belysningsstyrkan i lokalen eller utomhusmiljön utanför toaletten är väsentligt högre, vilket medför att besökarens ögon måste anpassas till en väsentligt lägre belysningsstyrka i ett kritiskt ögonblick. Det är då föga förvånande att användarna ibland via irriterade handskrivna anslag uppmanas att lämna sådana ljuskällor påslagna. Här har lågenergilamporna förvandlats till högenergilampor.

### **Energimärkning**

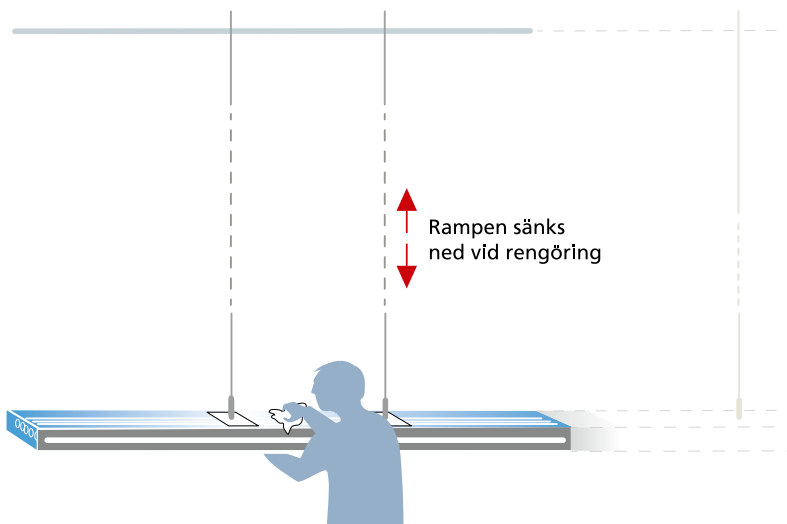
Alla ljuskällor som säljs måste vara energimärkta. Uppgifter som ska deklarerats är medellivslängd, ljusflöde, färgtemperatur, färgåtergivning, upptändningstid, antal tändcykler och ljuskällans mått. Där framgår även om lampan är speciellt utformad för att klara kyla – till exempel utomhus – eller värme – som i en bastu – samt om lampan inte är dimbar. För lågenergilampor anges även kvicksilverhalten. ILCOS (International Lamp Coding System) är ett sådant system för entydig märkning av ljuskällor.

### **Underhåll**

En belysningsanläggning behöver underhållas. Uttjänta ljuskällor ska bytas ut och ljuskällor och reflektorer rengöras från smuts och damm. Om flera lysrör börjat blinka tyder det på eftersatt underhåll. Hur ofta rengöring behövs beror på hur smutsig miljön är. I kontor smutsas armaturer och ljuskällor långsammare än i tung tillverkningsindustri. Nedsmutsningsgraden är också starkt beroende på vilka material som ingår i armaturen och hur den är konstruerad och monterad. Intervallet mellan rengöringstillfällena styrs också av hur stor ljusnedgång som accepteras. Det kan variera från någon enstaka månad till flera år.

I en lokal med många armaturer på hög höjd är underhåll och rengöring tidskrävande och stör produktionen då man behöver saxlift eller skylift för att nå upp till armaturerna. Dessutom medför arbete på hög höjd samt förflyttning och uppställning av liftar i trånga utrymmen flera arbetsmiljörisker. Ett alternativ är att





Figur 35. Då ett flertal armaturer monterats på en lång nedsänkbar balk kan rengöring och utbyte av uttjänta ljuskällor göras på golvnivå.

montera armaturerna på ramper som kan hissas ner till lämplig arbetshöjd över golvet (Figur 35). Armaturer kan då rengöras från golvnivån och endast de ljuskällor som verkligen är uttjänta behöver då bytas ut eftersom åtgärden är enkel att upprepa.

Är det enkelt att rengöra behövs heller ingen kraftig överdimensionering av anläggningens belysningsstyrka. Ibland sker sådan överdimensionering med upp till den dubbla effekten i industrimiljöer. Detta för att behålla tillräckliga belysningsstyrkor även då armaturerna blivit nedsmutsade, men det sker till priset av nästan dubbelt så höga energikostnader.

## Nödbelysning och skyltning

En väl fungerande nödbelysning och skyltning av utrymningsvägar är nödvändig för snabb och säker utrymning vid exempelvis brand eller strömavbrott. Armaturerna bör placeras nära golvet med tanke på att utrymningen bör ske på så låg nivå som möjligt vid brand. Här bör belysningsstyrkan vara minst 1 lx. I trappor kan högre belysningsstyrkor vara nödvändiga. Nödbelysning beskrivs i en CEN-standard,

SS-EN 1838. Standarden behandlar olika typer av nödbelysning och även skyltar för utrymning. Krav på nödbelysning finns i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning.

### **”Light pollution” – ljus på fel plats**

Utomhusarmaturer är i vissa fall så konstruerade att en del av ljuset sänds mot ytor som inte avses bli belysta. I värsta fall riktas en del av ljuset rakt upp i luften. Då uppkommer något som i engelskspråkiga kretsar kallas ”light pollution”. Man ser ströljuset som en form av nedskräpning med ljus på fel ställen.

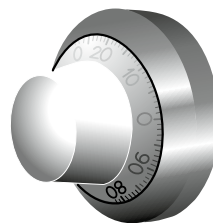
Ströljus kan blända eller störa. Stjärnhimlen suddas ut och ersätts av en ofta orange slöja som döljer de flesta stjärnor vilket stör astronomisk forskning, meteorologer och de människor som fascineras av en vacker stjärnhimmel. Allt ljus som produceras utan att komma till nytta, eller som bländar, är dessutom rent slöseri. På en arbetsplats innebär det, förutom olägenhet för arbetstagarna, även en helt onödig kostnad för företaget.

## Arbetsobjektet

Arbetsobjektets utformning har stor betydelse för synergonomin. En analys av nedanstående faktorer kan vara till hjälp för att förbättra arbetsförhållanden.

### Oskärpa i arbetsobjektet

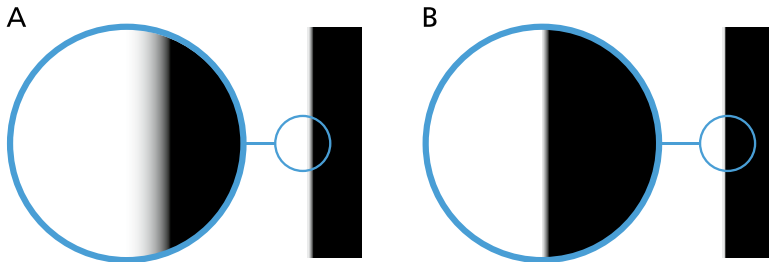
Oskärpa kan bero på egenskaper hos objektet i sig, såsom oskarpt tryckt eller graverad text eller symboler eller oskarpa tecken på en dålig eller felinställd bildskärm. Oskärpan kan också orsakas av att föremålet vibrerar eller täcks av ett tunt lager smuts eller damm. All oskärpa kan i slutändan ge upphov till belastningsbesvär.



Figur 36. Blänk och reflexer i skalor leder lätt till irritation och felinställningar.

### Kantskärpa

Kantskärpa är ett mått på bredden i övergången från den helt svarta ytan i ett tecken till den helt vita bakgrunden (Figur 37). Ögats maximala förmåga att se en sådan övergångszon mellan det svarta och det vita ligger i storleksordningen 0,1 mm vid 30 centimeters synavstånd. I tryckt text är denna gråzon oftast betydligt smalare och vi upplever därför texten som helt skarp, den har god kantskärpa. På egna bildskärmar, skärmar i mötesrum samt datorprojektorer är övergången mellan svart och vitt oftast större än ögats minsta detek-



Figur 37. (A) Dålig kantskärpa på grund av en bred övergångszon mellan det svarta och det vita området. (B) God kantskärpa, övergångszonen är betydligt smalare än i A.

terbara övergångszon och kantskärpan upplevs då som bristfällig. Det uppstår ofta en färgad skugga i kantlinjen, man säger då att tecknen ”blöder”. Dålig kantskärpa har påvisats medföra en kraftig ökning av andelen ögonbesvär. Oskärpan ger även upphov till en ökad statisk muskelaktivitet i nacke och skuldra som kan leda till belastningsbesvär.

## Kontrast

### Kontrast mellan arbetsobjekt och bakgrund

Kontrasten mellan arbetsobjekt och bakgrund ska vara tillräckligt hög för att ge ett bekvämt seende. Detta underlättas om bakgrunden har en något lägre reflektans än arbetsobjektet. Alltför blanka arbetsobjekt kan dock ge upphov till reflexer och bländning, särskilt om någon av armaturerna är placerad så att den återspeglas i ytan. Detta kan åtgärdas genom att flytta armaturen och att skapa en mattare yta.

En text eller symbol kan vara skarp i sig men för att vara väl läsbar måste kontrasten mot bakgrunden vara tillräcklig (Figur 38). Hur hög denna kontrast behöver vara beror på vilka färgerna är på tecknen respektive bakgrunden och på individuella egenskaper hos läsaren. Ett riktvärde för svart text mot vit bakgrund är att skillnaden i luminans ska skilja sig med minst en faktor tre vid belysningsstyrkor på cirka 500 lx. Vid lägre belysningsstyrkor krävs högre kontrast, det samma gäller om individen är äldre eller har nedsatt synförmåga.



Figur 38. Då kontrasten mellan text och bakgrund minskar till nivåer under en faktor tre blir texten svår att läsa. Detta illustreras i slutet av meningens.

### Positiv och negativ polaritet

Mörka tecken mot ljus bakgrund benämns positiv kontrast (ibland positiv polaritet) medan ljusa tecken mot mörk bakgrund benämns **negativ kontrast**. Valet av polaritet på bildskärmar och tangentbord styrs av vilka luminansnivåer som övriga delar av synfältet har. Bakgrunden på det som visas på en bildskärm utgör en betydligt större del av bilden än tecknen och styr därmed ögats anpassning till ljuset i arbetslokalen betydligt mer än tecknen.

I kontorsmiljöer och flertalet andra bildskärmsarbetsplatser överensstämmer luminanserna i övriga delar av lokalen betydligt bättre med en ljus bakgrund på bildskärmen. Valet faller därför naturligt på positiv kontrast. Negativ kontrast väljs i mycket mörka miljöer, exempelvis för displayer som ska kunna läsas av utomhus nattetid eller då belysningsstyrkan måste hållas låg som vid arbete med ljuskänsligt material. Trots att kontorsmiljöerna är ljusa ser man fortfarande ofta datortangentbord med negativ polaritet, det vill säga svarta tangenter med vita tecken. Det ger upphov till viss kontrastbländning och temporalbländning om blicken skiftar mellan det mörka tangentbordet och den i huvudsak ljusa bildytan.

## Teckenstorlek

På till exempel bildskärmar används ibland en alltför liten teckenstorlek. Många hemsidor har teckenstorlekar som inte ens är 2 millimeter höga. Om storleken på siffror, bokstäver och symboler är för liten lutar man sig reflexmässigt närmare arbetsobjektet, med en felaktig arbetsställning som följd. Hur stora tecken som krävs beror på läsavståndet men även på individuella faktorer som synskärpa och därmed även ålder hos läsaren. Färgad text kräver oftast större teckenstorlekar på grund av sämre kontrast mot bakgrunden.

En tumregel är att svart text mot vit bakgrund kan läsas utan svårigheter av flertalet individer om teckenhöjden på ett stort E utgör minst 16 bågminuter (en bågminut är 1/60 grad). Omräknat till vanliga synavstånd betyder det cirka 2 millimeter på normalt läsavstånd – text som hålls i handen vid läsning – och cirka 4 millimeter vid läsning på en mindre bildskärm (Figur 39 och Tabell 6). Används större bildskärmar eller flera skärmar placerade bredvid varandra krävs längre synavstånd för att hela bildytan ska vara överskådlig, därmed även större tecken.

Idag har många programvaror en funktion där teckenstorleken enkelt kan förändras genom att dra en markör mellan ett plus- och ett minustecken i det nedre högra hörnet på programmets undre menyrad. En annan vanlig metod är att hålla ner tangentbordets Ctrl-tangent och samtidigt rulla scrollfunktionen på musen eller styrdonet för att öka eller minska textstorleken.

Synavstånd (cm)	Teckenhöjd (mm)
30	1,7
40	2,3
50	2,9
60	3,5
70	4,1
80	4,7
90	5,2
100	5,8
110	6,3

Tabell 6. Rekommenderad teckenhöjd för bekväm läsning vid olika synavstånd. För att beräkna erforderlig teckenstorlek på olika avstånd kan följande formel användas: textstorlek (mm) = synavståndet (m) x 6  
Exempel: ett synavstånd på 5 m kräver en teckenstorlek på ca 30 mm.



Figur 39. Teckenstorlekar från 60 till 6 pixlar, vilket motsvarar 15 till 1,5 mm. E understruket med röd linje har en höjd på knappt 2 millimeter. Det är ett minimum för läsning på 30 centimeters synavstånd vilket motsvarar läsning av tryckt text i böcker. E understruket med blå linje har en höjd på 4 millimeter vilket är ett minimum för bekväm läsning på 70 centimeters synavstånd till bildskärmen.

### Handhållna displayer

Mindre teckenstorlek kan accepteras vid läsning av tillfällig information, exempelvis ett SMS eller adressen till en restaurang på en mobiltelefon. Ända ner till 1 millimeter (11 bågminuter) har angetts som acceptabelt i sådana tillämpningar.

### Textutformning

Teckensnitt är den grafiska form som bokstäver, siffror och andra tecken har. Vanliga teckensnitt är Times (Times), Arial (Arial) och Courier (Courier), men det finns många andra. Valet av teckensnitt ägnas ofta stort utrymme men läsbarheten påverkas i högre grad av textens utformning i flera andra avseenden. Valet av teckenstorlek har behandlats ovan. Oftast störs läsningen av parenteser, citattecken, kursiveringar, fetstil och understrykningar och användandet av sådant bör begränsas. Stor omsorg ska också ägnas åt avstavningar, avståndet mellan tecken, mellan ord och mellan rader, antal tecken per rad och antal rader per sida, marginalutrymmen samt kontrast mellan tecken och bakgrund med mera. Placering av bilder och bildtexter påverkar också läsbarheten.

Läsbarheten påverkas även av tidigare läserfarenhet. En van läsare läser, i motsats till nybörjaren, inte bokstav för bokstav utan känner till stor del igen ordet på dess form. Detta är förklaringen till att text skriven med enbart stora bokstäver (versaler; A B C D...) är svårare att läsa än små bokstäver (gemener; a b c d...) i löpande

text. Versaler har samma höjd och ofta liknande bredd och ordens utseende blir då mer likformigt än för ord skrivna med gemener. Många av gemenerna har ofta överstaplar (exempelvis f, h, k, l) eller understaplar, (till exempel j, g, p, y) vilket ger ett mer karaktäristiskt utseende. Jämför utseendet hos ordet kedjeskydd skrivet med gemener – kedjeskydd – och med versaler – KEDJESKYDD.

## Färgkombinationer

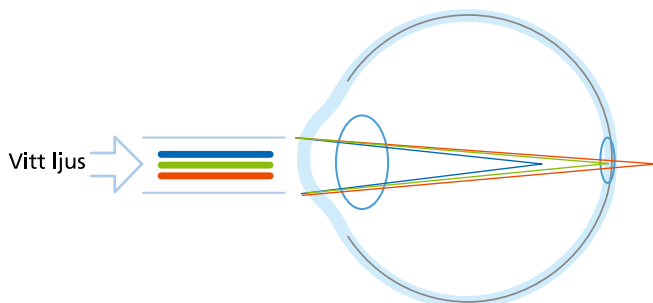
Olika färgkombinationer skapar olika grad av kontrast och läsbarhet, man talar då om olika färgkombinationers gränstydighet. Röd text på vit botten har låg gränstydighet. Som lärare ska man därför undvika att skriva med rött på en whiteboard. Gult har också låg kontrast mot vitt men mycket god kontrast mot svart. Svart text på gul botten har till och med en bättre gränstydighet än svarta tecken mot vit botten. Det handlar alltså inte bara om kontrast i ljushet utan också det enskilda pigmentets påverkan i intensitet. Det är en av anledningarna till att kvällspressens löpsedlar inte är svartvita utan har svart text på gul botten. Vi läser den kombinationen lättare och snabbare, vilket är viktigt för att texten ska nå fram då vi rör oss på gatan eller i matvarubutiken. Färgtemperaturen och färgåtergivningsindex hos det ljus som träffar färgkombinationen påverkar också gränstydigheten och därmed läsbarheten.

Vissa färger kan bli rent obehagliga då de blandas som text och bakgrund. Blått och rött är den minst lämpliga kombinationen och upplevs av flertalet som orolig och svårfokuserad. Skälet till detta är sannolikt att kombinationen blått och rött ljus skiljer sig mest



Figur 40. Svart text mot vit bakgrund har god kontrast och föredras oftast vid läsning av längre texter. Högst gränstydighet och därmed bekvämaste läsbarhet för korta texter har svart text på gul botten. Flertalet upplever raka motsatsen då rött och blått blandas som text och bakgrund.





Figur 41. Notera att de olika färgerna fokuseras på olika avstånd från linsen. Här fokuseras det gröna ljuset på näthinnan medan det blå ljusets fokus hamnar framför och det röda ljusets bakom näthinnan. Denna effekt kallas kromatisk aberration.

från varandra vad gäller våglängden, cirka 400–480 nm respektive 600–780 nm. Eftersom ljus med kortare våglängd bryts kraftigare i ögats optiska medier kommer det blå ljuset att brytas längre fram än det röda i förhållande till näthinnan (Figur 41). Följden blir att ögats lins inte kan fokusera skarpt på de blå och de röda ytorna samtidigt, linsens brytningskraft måste skifta mellan den som behövs för att fokusera det röda respektive det blå området. Detta bidrar sannolikt till att det känns både obehagligt och ansträngande. Blått och rött ska alltså inte blandas som text och bakgrund oavsett vilken av dessa två färger som utgör text respektive bakgrund.

Färgen vit upplever vi då ljuset innehåller liknande andel av alla tre färgerna blått, grönt och rött. Normalt upplever vi detta som bekvämt men under vissa betingelser kan det upplevas som att gula glasögon som filtrerar bort en del av den blå andelen av spektret ger en skarpare bild och bättre kontrast.

### Färgadaptation

Vi anpassar oss inte bara till ljus och mörker. Vi vistas i belysning med starkt skiftande färgtemperaturer, något som tydligt framgår när vi betraktar fotografier från hemmiljöer där ljuset ofta är starkare rödfärgat än vi var medvetna om då fotografiet togs. Detta beror på att vi färgadapterar på samma vis som vi ljusadapterar. Vistas vi i rödfärgat ljus från exempelvis traditionella glödlampor så

minskar känsligheten för rött och gult medan känsligheten för blått ökar. Resultatet av denna färgadaptation blir att vi ganska snabbt upplever de flesta ljustemperaturer som neutrala. Ett vitt papper framstår därför efter en stund som vitt oavsett om ljuset är påtagligt kallt eller varmt.

## **Ögonbesvär kopplade till arbetsobjektets utformning**

Ögontrötthet beror oftast på den visuella ansträngningen i sig men kan även bero på psykosociala faktorer. I synergonomisk forskning används ofta ett ögonbesvärindex där åtta variabler studeras: sveda i ögonen, ögonklåda, gruskänsla, ögonvärk, ljuskänslighet, rödögdhet, tårögdhet och torrhet i ögonen. Därutöver studeras ofta ögontrötthet och huvudvärk, symtom som också kan vara orsakade av bristande synförhållanden.

Undersökaren frågar efter hur kraftiga besvären är och hur ofta besvären uppkommer. Genom att multiplicera besvärsggraden med besvärshfrekvensen får man ett mått på hur allvarliga ögonbesvären är hos individen och inom grupper av olika yrkeskategorier. Då man jämför olika yrken visar det sig att bildskärmsarbete ger ökad andel ögonbesvär, liksom yrken förknippade med stark direkt bländning och kontrastbländning.

## **Besvär vid defekt färgseende**

Defekt färgseende medför påtagliga svårigheter i flera sammanhang. Synuppgifter som för den normaleende är självklara och enkla kan för en person med defekt färgseende vara nästintill omöjliga att lösa.

I skolan används färgade kriterier och pennor vid teckning och målning. Uppgifter som bygger på att avläsa bilder i läroböcker och vid lärarens presentationer kan vara svåra eller omöjliga att lösa om färgerna inte går att skilja. Om färgsinnesdefekten inte är känd av läraren eller inte ens av eleven så kan det leda till att eleven uppfattas som lat, obegåvad eller arrogant. Detta kan självfallet vara traumatiskt för ett barn som inte kan förstå varför färger som för honom eller henne ser likadana ut har olika namn eller varför fröken

blir arg när de målat gräset brunt. Undervisning inom förskole- och lågstadieläro-utbildningarna gällande defekt färgseende skulle sannolikt förbättra situationen för dessa barn som utgör cirka 4 procent av eleverna.

I vuxen ålder är förhoppningsvis färgsinnesdefekten känd för individen. Det ställer likväl till med problem. Exempel på svårigheter i arbetslivet kan vara att skilja på linjer i CAD-ritningar, läsa information och göra val i dataprogram, tyda diagram och bilder. I elsammanhang är det viktigt att kunna skilja på signallampor, elsladdar, motstånd etc.

I privatlivet kan det uppstå svårigheter när det gäller exempelvis mat: Är bananen mogen eller grön? Är köttet stekt? Det är svårt att skilja mellan röd och grön mjölk när texten är liten och förpackningarna står långt nere i kylutrymmet. I Sverige finns över en miljon fritidsbåtar, grovt räknat finns därför över 50 000 båtägare med färgsinnesdefekt som har problem med att skilja på röda och gröna sjömärken och fyrljus och att hitta detaljer på sjökortet och plottern.

### **Hjälpmiddel vid färgsinnesdefekter**

De som har defekt färgsinne kan i viss mån förbättra sin förmåga att skilja mellan rött och grönt genom att använda en svensk uppfinning, *Seekey*. Denna utrustning är enkel men sinnrik och består i huvudsak av ett rött och ett grönt glas (Figur 42). Genom att jämföra gråskalan i ett okänt objekt genom vardera glaset kan man avgöra om objektet är rött eller grönt. Ljuset från ett rött objekt kommer att passera tämligen odämpat genom det röda glaset. Ljuset från ett grönt objekt filtreras bort i ett rött glas och tycks därmed betydligt mörkare. Ett föremål har alltså samma färg som det glas där det ser ljusast ut.



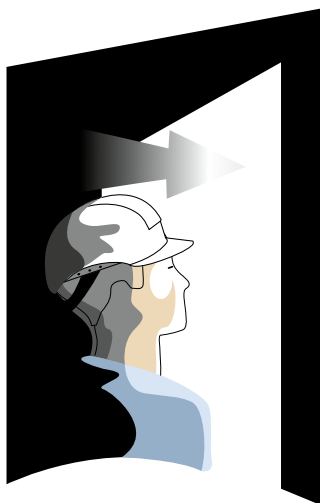
Figur 42. Genom att jämföra hur ljuset från ett föremål filtreras genom ett grönt och ett rött glas kan även en person med nedsatt färgseende bestämma dess färg.

# Synens samspel med den omgivande miljön

## Belysningsrelaterade synergonomiska brister

### Ljusadaptation

Synsinnets förmåga att snabbt anpassa sig till normalt ljus efter vistelse i mörker medan det omvända tar längre tid. Ögats ljusadaptation är en komplicerad process där tre processer medverkar; pupillstorlek, fotoreceptorernas känslighet och nervsystemets känslighet. Pupillens diameter varierar hos yngre individer normalt mellan cirka 3 och 8 millimeter. Det innebär



att ytan skiljer cirka 10 gånger mellan den största och minsta öppningsgraden. I ögats näthinna finns de ljuskänsliga fotoreceptorerna. I dessa receptorer finns en typ av kemisk förening vars ljuskänslighet ökar då belysningsstyrkan minskar. Vid höga belysningsstyrkor minskar känsligheten tursamt nog snabbt, annars skulle bländningen i starkt solsken utomhus vara bestående.

Ögats fotoreceptorer anpassar sig även individuellt till ljus och mörker,

det vill säga adapterar till rådande ljusförhållanden. Detta förklarar också varför man ser en mörk punkt i den del av synfältet där man tidigare haft en starkt lysande punkt, som när man betraktat solen gå ner i horisonten. De receptorer som träffats av det relativt starka ljuset från solen har blivit mer okänsliga för ljus. Om man därefter tittar på en jämnt belyst yta, exempelvis andra delar av kvällshimlen, reagerar inte dessa tillfälligt mindre ljuskänsliga ljusreceptorer i näthinnan lika starkt som de övriga. Man ser då en mörk efterbild med samma form som solen.

Förmågan att samtidigt se skarpt inom ytor som är olika ljusa (skilda luminanser) är väsentligt mindre. Då luminanserna skiljer sig med cirka en faktor 100 mellan högsta och lägsta ljusintensitet får vi svårighet att urskilja detaljer i det ljusaste och de mörkaste områdena i synfältet. Resultatet är en synnedsett kontrastbländning. Ljusadaptationen anpassar sig nämligen automatiskt till ett värde som ligger nära medelluminansen i hela synfältet. Man kan rent synfysiologiskt inte se skarpt, varken i de ljusa eller mörka ytorna (Figur 43).



Figur 43. Här har kameran samma problem som synsystemet, de solbelysta ytorna är så ljusa att text och detaljer är svåra att urskilja. Detsamma gäller i de mörka ytorna, de är så mörka att det mesta av detaljerna försvinner. Genom lämplig solavskärmning hade man här kunnat hindra det direkta solljuset att komma in med full kraft. Utan att utblicken störts hade ljusförhållanden kunnat skapas där ytornas ljushet ligger så nära varandra att detaljer syns tydligt både i mörka och ljusa partier.

I näthinnan finns ytterligare en ljusförstärkande mekanism. Vid höga belysningsstyrkor kopplas varje tappreceptor till en nervbana i synnerven. Under mörka förhållanden kopplas flera fotoreceptorer till samma nervbana. Denna nervbana blir då känsligare för ljusexponering men upplösningen av synfältet blir inte lika exakt, hjärnan kan inte avgöra vilken fotoreceptor som aktiverats. Resultatet blir högre ljuskänslighet men sämre detaljupplösning, något som vi känner igen från tillfällena då vi vistats i mörka utrymmen. Vi ser fortfarande men synintrycket är suddigt, vilket illustreras i Figur 3A.

## Bländning

Då man kommer från en mörk lokal ut i sommarsolen känns det oftast obehagligt, man kisar, vänder ner blicken och ser till en början knappt någonting. Efter några sekunder börjar man vänja sig och tänker snart inte längre på det starkare ljuset. Arbetar man i en lokal med en stark lampa riktad rakt in i blickfånget vänjer man sig däremot inte. Man blir konstant bländad och obehaget och synsvårigheterna går inte över. Detta beror på att utomhus lyser himlen även upp ytor som inte ligger i direkt solljus.

Skillnader i ljusstyrka i den storleksordningen ligger inom ögats anpassningsförmåga. Men det skarpa ljuset från den bländande lampan skiljer sig förmodligen mer än 1 000 gånger från övriga ytor i synfältet. Så stora skillnader i ljushet klarar ögat inte av att balansera. Resultatet är synsvårigheter och ofta även irritation så länge som man ser lampan i synfältet.

Bländning kan också skapa onaturliga arbetsställningar när man försöker vrida undan huvudet eller böja sig lite åt sidan eller framåt för att undvika det skarpa ljuset. Onaturliga ställningar under längre perioder utvecklas lätt till stelhet och smärta i muskler och leder. Man jobbar sämre och riskerar att få kronisk värk om detta pågår under en längre tid. Dessa risker behandlas mer utförligt i avsnittet Samspelet mellan seende och arbetsställningar.



Figur 44. Bilmekaniker tvingas ofta inta komplicerade och statiska kroppsställningar för att kunna se arbetsobjektet.

## Åtgärder

Arbetsgivaren ansvarar för att graden av bländning ska vara så låg som möjligt. Det betyder att ingen ska behöva bli starkt bländad under långa perioder i sitt arbete. Bländningen minskar om armaturerna placeras och riktas så att de belyser arbetsytorna utan att direkt belysa de som utför arbetet. Oftast behövs även avskärningsanordningar och raster på armaturerna. I de nordiska länderna har vi dessutom långa gryningar och skymningar eftersom solen stiger och sjunker långsamt på våra breddgrader. Därför behövs ofta även avbländningsanordningar i form av gardiner, persienner eller liknande för att dämpa direkt och ibland nära nog horisontellt infallande solljus under dessa timmar.

## Synnedstättande bländning och obehagsbländning

Bländning kan vara så kraftig att man inte längre ser alla detaljer skarpt. Det benämns *synnedstättande bländning*. Ibland är den ned-satta synförmågan så självklar och oundviklig, exempelvis vid bilkörning i lågt stående sol, att många tar det som något nödvändigt ont utan att reflektera medvetet. De fäller ner solskyddet och kör vidare i



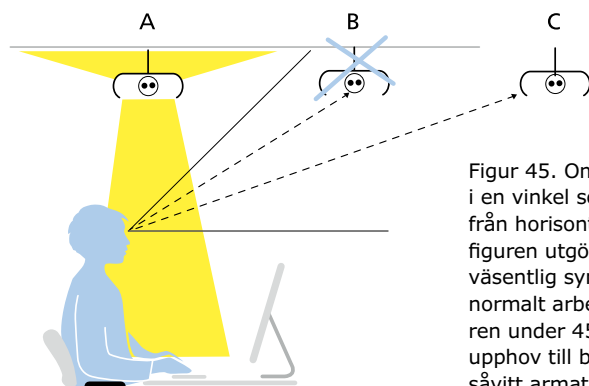
lite lägre hastighet. Andra förare blir mycket störda av detta och har svårt att fortsätta köra. De senare upplever det som benämns obehagsbländning. Den kan uppstå omedelbart vid bländning, men kan också komma smygande så att den bländade blir varse om obehaget först efter en stund. Synnedsättande bländning och *obehagsbländning* kan alltså förekomma var för sig eller samtidigt.

För att åtgärda besvärande bländning kan det vara till nytta att analysera hur bländning uppkommer. Det underlättar val av åtgärder för att komma tillrätta med problemen.

### Direkt bländning

En armatur ska om möjligt placeras så att den befinner sig utanför synfältet. En tumregel är mer än 45° ovanför en vågrät blickriktning men detta kan variera med typen av arbetsuppgift (Figur 45).

Direkt bländning innebär att ljuskällan lyser direkt in i ögonen, exempelvis en felriktad armatur i synfältet eller en mötande bil med helljus på natten. Oftast är detta det första man tänker på när man hör ordet bländning. Även vid direkt bländning blir man lätt ”hemmablind”. För att avgöra om man påverkas negativt av en svag direkt bländning kan man skärma av ljuskällorna i taket med handen eller en keps (ofta kallat kepstestet) och notera i vilken grad seendet förbättras (Figur 46).



Figur 45. Om en armatur finns i en vinkel som överstiger 45° från horisontallinjen enligt figuren utgör den inte någon väsentlig synstörning under normalt arbete. Ligger armaturen under 45°-linjen kan den ge upphov till bländning som i (B) såvitt armaturens ljuskälla inte är väl avskärmad som i (C).



Figur 46. Om seendet förbättras markant då man skärmar av ljuset finns en synnedsättande bländningseffekt. Om så är fallet bör armaturen skämmas av, vinklas om eller flyttas. Om detta inte är praktiskt möjligt finns alternativet huvudbonad med skärm.

### Indirekt bländning

Bländning kan också uppstå när en yta speglar ljuskällan indirekt. Exempel är speglingar i en blank plåt eller i glasytor som fönster och bildskärmar. Utomhus kan kraftig indirekt bländning uppstå då man tvingas se i motljus mot vattenytor, nysnö, ett blankt plåttak eller en fönstervägg i ett intilliggande hus.

Indirekt bländning kan minskas genom att flytta, vinkla om eller matta ner de reflekterande ytor som orsakar bländningen. Utomhus är oftast enda möjligheten att skärma av ljuset med huvudbonad eller solglasögon. Polariseringssolglasögon kan ibland minska bländningen ytterligare, se avsnittet Synhjälpmedel. För att få en uppfattning om indirekt bländning från bildskärmar kan man göra ett prov som påminner om kepstestet. Skillnaden är att man täcker över ovarsidan på datorskärmen istället. Om bildkvaliteten då blir påfallande bättre kan man sannolikt lätt identifiera någon form av störande belysning som träffar bildskärmsytan och reflekteras mot arbetstagaren.

För att upptäcka ljuskällor som kan ge upphov till blänk eller sänkt kontrast kan en spegel användas. Denna läggs med samma lutning som arbetsmaterial och på platser där blicken ofta är fäst, till exempel skrivet material, tangentbord, uppslagna pärmar etc. Om starka ljuskällor reflekteras i spegeln vid betraktande från arbetspositionen finns risk för reflexbländning och kontrastreduktion, särskilt om ytorna i arbetsmaterial är lite glansiga.

### Arbete i starkt växlande belysning

Den bländning som uppstår när man förflyttar sig mellan områden med starkt skiftande ljusförhållanden, exempelvis från en mörk plats inomhus ut i solljuset eller tvärtom, kallas temporalbländning. Den har sitt ursprung i att ögat inte kan ljusadaptera omedelbart, främst tar det tid att anpassa ögonen till mörker.

Serveringspersonal i restauranger vistas ofta i mycket varierande belysningsstyrkor.

Först hämtar de maten i ett, av praktiska skäl, starkt upplyst kök, för att sedan servera den till matgästerna i en lokal som ofta har dämpad belysning. Om maten kan hämtas i någon form av ljussluss och inte inne i köket slipper serveringspersonalen en stor del av dessa starka ljusväxlingar.

Fordonsförare utsätts för liknande snabba omställningar då de kör in i vägtunnlar. Här mildras omställningen genom att det finns tätt sittande armaturer i början och slutet av tunneln medan armaturerna i tunnelns mitt ofta sitter glesare. Truckförare är en annan



Fig 47. Vid truckkörning omväxlande inomhus och utomhus uppstår en hastigt övergående lätt bländning när man kör ut och mer långvariga svårigheter att se när man kör tillbaka in i mörkret. Denna marsdag vid lunchtid var belysningsstyrkan utomhus ca 45 000 lx medan den några meter in i gången var ca 200 lx. Att öka belysningsstyrkan inomhus minskar riskerna för temporalbländning, men även föraren kan mildra problemen genom att använda solglasögon med lämplig dämpningsgrad vid körning utomhus.

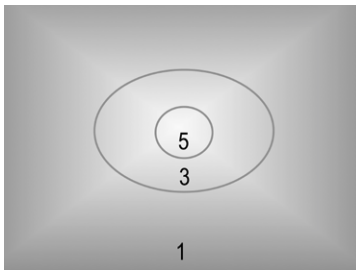
yrkesgrupp som ibland utsätts för kraftig temporalbländning då de kör in och ut mellan relativt mörka industrilokaler och starkt solljus utomhus. Att ljusadaptera tillräckligt då man kommer ut i solljuset tar bara några sekunder, men att mörkeradaptera då man kör in igen tar väsentligt längre tid, i extrema fall flera minuter.

Under stress kan det vara frestande att köra vidare inomhus innan man ser tillräckligt bra igen, och då ökar risken att krocka med föremål, personer eller andra fordon. Truckrelaterade skador är vanliga och en del av dessa kan sannolikt kopplas till bristande tid för mörkeradaptation efter att ha kört i starkt solljus. Vid risk för temporalbländning bör man om möjligt minska tillfälliga skillnader i luminans, exempelvis genom att använda solglasögon i de starkast upplysta områdena.

### Kontrastbländning

Denna typ av bländning uppstår då två närliggande ytor samtidigt har stora olikheter i ljushet. En lämplig fördelning mellan luminanser i det centrala synfältet, närliggande områden och de mest perifera delarna är 5:3:1 (Figur 48). Av Figur 65 framgår att det i arbetslivet finns förhållanden som skiljer sig kraftigt från detta ideal.

Kontrastbländning uppstår då två närliggande ytors luminans skiljer sig för mycket, men ytornas inbördes placering, färg och storlek har också betydelse. Det är också individuellt hur kraftigt obehag som kan uppstå. Även åldern spelar stor roll liksom genetiska faktorer, vilket gör att en störande ljusspridning med tiden kan uppkomma på grund av ökad grumling i linsen. Detta minskar förmågan att anpassa sig till ljus som tenderar att blända. Graden av



Figur 48. Detta ungefärliga förhållande mellan luminanser i det centrala synfältet, närliggande områden och de mest perifera delarna av synfältet är en vanligt förekommande rekommendation.

förväntad bländning går att beräkna grovt, men den som bäst kan avgöra bländningens intensitet är naturligtvis den som arbetar på den aktuella platsen. En metod för att avgöra bländningsgraden är att tillfälligt täcka över ljuskällor som misstänks blända. Upplever arbetstagaren att ljuset är bländande så är det så. Då ska åtgärder vidtas om det kan ske inom rimliga gränser, vilket oftast är fallet om man räknar in den sänkta kvalitet och lägre produktivitet som bländning kan medföra.

### **Kontrastbländning orsakad av infällda armaturer**

LED-armaturer infällda i undertak har blivit mycket vanliga, delvis därför att de bedömts medföra lägre inköps- och installationskostnader, lägre energiförbrukning samt ökad möjlighet till mer flexibelt utnyttjande av lokalerna. Ofta har denna typ av belysning dock medfört påtagliga synergonomiska brister. Med pendlade armaturer kan en andel av ljuset riktas upp mot taket för att bidra till en reflekterad indirekt allmänbelysning. Om LED-armaturerna monteras infällda i taket skapas inget sådant uppåtriktat ljus och övriga takytor blir därför väsentligt mörkare, särskilt vid låga reflektanser från mörka golv. Kontrasten mellan den lysande LED-plattan och det mörka



Figur 49. Luminansen hos de infällda LED-armaturerna var här cirka 3 400 cd/m<sup>2</sup> medan det väsentligt mörkare omgivande innertakets luminans var cirka 50 cd/m<sup>2</sup>. Den höga luminanskvoten 70:1 medförde i denna lokal påtagligt besvärande kontrastbländning.

omgivande taket kan upplevas som besvärande på grund av kontrastbländning (se Figur 49).

I öppna större kontorslösningar kommer infällda LED-armaturer längre fram i lokalen att befinna sig i arbetstagarens synfält. Dessutom saknar infällda LED-armaturer ibland den avskärmning som krävs för att minska eller eliminera bländning i sidled.

Kontrastvärdet mellan olika luminanser i taket, till exempel mellan mörkt innertak och en LED-armatur, bör inte skilja mer än ungefär 10 gånger om takluminansen är cirka 500 cd/m<sup>2</sup>. Vid lägre takluminanser bör skillnader vara än mindre och vid takluminanser runt 100 cd/m<sup>2</sup> ska skillnaden vara marginell, det vill säga nära 1/1, detta enligt tidigare rekommendationer av belysningsnestorn Lars Starby. Generellt gäller att ju lägre skillnad desto bättre. Arbetstagarna kan dock dessvärre uppleva en väsentligt större skillnad beroende på fabrikat, placering och brist på avskärmning.

I Arbetsmiljöverkets föreskrifter om utformning av arbetsplatser, 5 kap. Klimat och installationer, 24 § ställs krav på att alla former av armaturer, det vill säga även LED-armaturer, ska placeras så att de medger bländfrihet. Detta krav ställs för att medge goda arbetsförhållanden vilket långsiktigt gynnar både arbetstagare och arbetsgivare.

### **Alternativ för att undvika och åtgärda bristerna**

Genom att välja lämpliga armaturer och placering av dessa vid projektering kan belysningen utformas så att bländning inte uppstår. Ljusplanerare och belysningsdesigners kan vara till stor hjälp i detta arbete. Om redan installerade infällda LED-armaturer skapar bländningsbesvär kan dessa minskas med hjälp av infällnadsramar och, förutsatt att dessa får plats, genom att höja upp plattorna i undertaket. Besvären kan också minskas genom att placera andra former av fysiska avskärmningar runt plattorna.

## Beräkning av risk för bländning

Graden av förväntad bländning kan uppskattas genom att beräkna bländtalet, ofta angivet som UGR (*Unified Glare Rating*). Hur bländad en person blir är individuellt och ett lågt bländtal är ingen garanti för att en person ska slippa uppleva bländning. I Ljuskulturs Ljus & Rum, planeringsguide för belysning inomhus, refereras till det maximalt högsta bländtalet som kan accepteras vid olika arbetsuppgifter från den svenska standarden SS-EN 12464-1. Ett lågt bländtal innebär låg risk för bländning, ett högt bländtal innebär således hög risk. Men risken för bländning beror även på hur man riktar blicken och vilken position man har i rummet. Att beräkna UGR är relativt komplicerat och läsaren hänvisas till standarden ovan, Ljus & Rum eller facklitteratur för anvisningar.

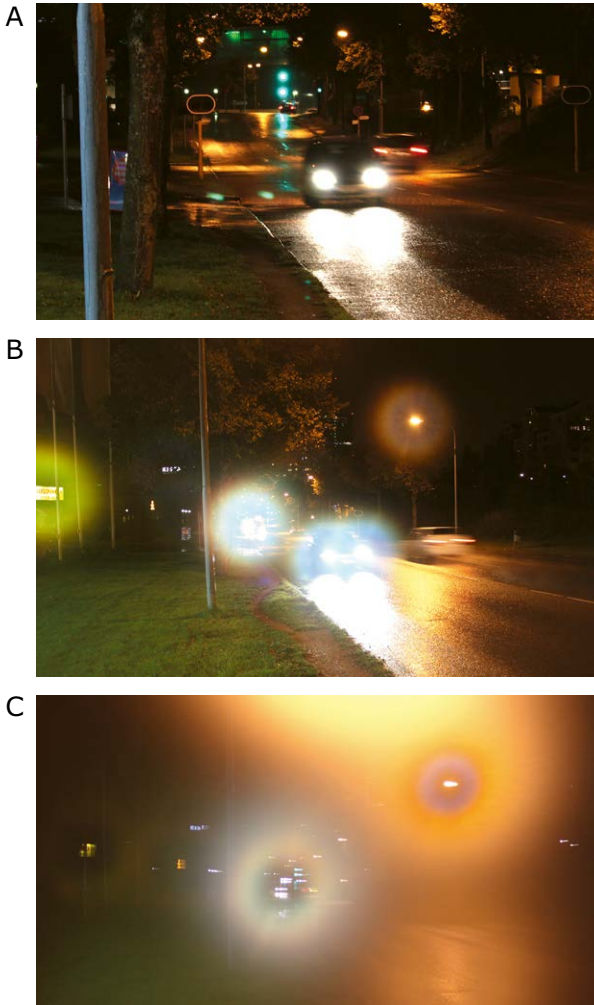
## Exempel på bländningssituationer och lämpliga åtgärder

På byggarbetsplatser uppkommer ibland kontrastbländning på grund av mörka betongytor, låga belysningsstyrkor i kombination med oskärmade bygglampor och höga luminanser i öppningar i fasaden. Det medför bland annat ökad risk för fallskador, till exempel om man snubblar på de golvskenor för väggreglar som syns på fotot (Figur 50).



Figur 50. Byggarbetsplats med alltför låg belysningsstyrka.

Besvären som uppstår vid möten under körning i mörker är en kombination av kontrastbländning och temporalbländning och besvären ökar med stigande ålder. Pupillen öppnar för att släppa in så mycket ljus som möjligt i mörker och ljuset passerar då en större del av linsen. Den ökade partikelinlagringen i linsen medför ökad ljus-spridning, bländning och ett alltmer oskarpt seende vilket illustreras i foto A–C i Figur 51. Här finns ingen annan långsiktig lösning på problemen än en starroperation.



Figur 51. Olika grader av bländning motsvarande de som uppkommer vid grå starr.



## Bländning vid arbetsresor med cykel

Arbetslivet innefattar även arbetsresor och andelen som cyklar till jobbet har ökat. Det innebär för många att man vissa perioder cyklar under den mörka delen av dygnet. En stor förändring de senaste åren är den snabba utvecklingen av ljusstarka cykelbelysningar. I början av 1990-talet hade en cykelbelysning med glödlampa en luminans på ca 250 cd/m<sup>2</sup>, vilket inte medförde bländningsbesvär för mötande cyklister. De starka LED-baserade cykelbelysningar som finns idag kan ha luminanser på över 200 000 cd/m<sup>2</sup>, det vill säga cirka tusen gånger starkare.



Figur 52. Exempel på bländning orsakad av cykelbelysningar utan vägbelysning (till vänster) och cykelbana med vägbelysning (höger).

Elddrivna cyklar och kickbikes har dessutom batterikapacitet för ännu kraftigare ljuskällor. Detta har lett till en kraftig ökning av antalet bländningstillfällen vid möte mellan cyklister. Upplevelsen för framför allt äldre cyklister är snarlik eller till och med värre än den situation som illustreras i Figur 51C, eftersom cykelbelysningar

idag inte kan bländas av. Lamporna är dessutom ibland felriktade uppåt, kanske på grund av att cyklisten vill maximera sin synbarhet för andra trafikanter. Den kraftiga bländning som uppstår, förutom irritation och stresspåslag, medför en ökad risk för kollisioner eftersom sikten för den mötande är begränsad under ett antal sekunder. Utan vägbelysning är sikten i det närmaste obefintlig (Figur 52). Med tanke på att cykelkollisioner ofta medför svåra personskador finns anledning att införa krav på att starka cykelbelysningar snabbt kan bländas av vid möte, på motsvarande sätt som halvljus för bilar.

### **Besvär som uppkommer vid synligt och icke-synligt flimmar**

Flimrande ljus kan vara mycket påtagligt. Hastiga ljusförändringar har ett högt informationsvärde – något förändras akut i vår omgivning. I vissa fall innebär ljusförändringen en akut risksituation, exempelvis att ett föremål faller mot oss eller håller på att välta eller falla i golvet. Det är då av stor vikt att vi reagerar snabbt, vakenhetsgraden ökar omedelbart. Än viktigare var denna reaktion för den forntida människan. Då kunde ljusförändringen vara det första tecknet på att ett bytesdjur, ett rovdjur eller en mänsklig fiende närmade sig. Den kampberedskap som då omedelbart skapades inom individen hade ett överlevnadsvärde. Idag ger resterna av denna instinkt ofta upphov till olika grader av stress vid exponering för flimrande ljus, vilket i de allra flesta fall upplevs som obehagligt.

Icke-visuellt flimmar kan vara irriterande utan att den som exponeras inser orsaken. Det kan dessutom orsaka huvudvärk och migrän. Hos vissa individer kan flimmar i intervallet 5–30 Hz utlösa epileptiska anfall. Ljusvariationer som är så snabba att de inte uppfattas på medveten nivå kan trots detta ha en negativ inverkan på vissa individer. I en studie av patienter som ansåg sig vara överkänsliga för elektriska fält, upplevde en majoritet att deras besvär var betydligt kraftigare då de exponerades för ljus från lysrör drivna med 50 Hz växelström från magnetdonsarmaturer. Ljuset från identiska lysrör monterade i HF-armaturer (>25 000 Hz drivspänning) gav inte upphov till dessa besvär, inte heller till de förändringar



Figur 53. I denna korridor finns lampetter som är avsedda för traditionella glödlampor. Man har dock ersatt glödlamporna med lågenergilampor som är några centimeter längre. Följden blir att de bländskydd som skärmade av glödlampans direkta sken mot den som passerar i korridoren nu sitter fel, lågenergilampornas lysande del sticker ut nedanför bländskyddet (se även Figur 32) och ger en kraftig bländning. Att bygga om armaturerna är inte tillåtet om det innebär att CE-märkningen inte längre gäller.

i EEG (registrering av hjärnaktiviteten) som noterades vid exponering från magnetdonsarmaturer. Ingen av patienterna uppgav att något av ljusen flimrade. De kunde rent visuellt inte se någon skillnad mellan de två ljusstyperna. Resultatet tyder på att majoriteten av dessa patienter påverkades negativt av snabba, icke visuella ljusvariationer. Idag introduceras en andel undermåliga ljuskällor, bland annat vissa LED-baserade, som medför ett lågfrekvent flimmer med hög modulation. Detta uppkommer främst då dessa ljuskällor ska dimras ned till lägre belysningsstyrka. Detta sker genom att ljuset tänds och släcks med så hög frekvens att den som vistas i rummet inte uppfattar detta visuellt. Det finns dock ett flertal studier som visar att icke-stabilt ljusflöde hos hos en viss, om än liten, andel av befolkningen kan medföra kraftiga reaktioner i form av migrän, allmänt obehag och i värsta fall epileptiska anfall. För att undvika sådana besvär hos flertalet individer rekommenderar expertis inom området en modulationsfrekvens på minst 1 200 Hz vid 100 procent modulation och för att eliminera risken helt en frekvens på minst 3 000 Hz. Det ska noteras att alla ljuskällor kan dimras utan att ljuset moduleras.

## Alltför låga belysningsstyrkor

Det finns flera nackdelar med belysningsstyrkor som är för låga för arbetsuppgiften. Ett föremål som är för svagt belyst upplevs som oskarpt. Man lutar sig då oftast automatiskt framåt för att se bättre och får därmed en felaktig arbetsställning. Det tar också längre tid att utföra arbetsuppgiften, vilket kan ge upphov till stress och sämre arbetsprestation. Dessutom ökar den statiska muskelaktiviteten i nacke och skuldra då ett föremål upplevs som oskarpt, vilket kan ge obehag och med tiden utvecklas till belastningsbesvär (se även avsnittet om kantskärpa ovan).

Vid låga belysningsstyrkor ökar risken för skadehändelser. På exempelvis byggarbetsplatser och i tillfälliga arbetslokaler kan föremål utgöra en skaderisk om de inte upptäcks i tid på grund av att belysningsstyrkan är för låg. Man riskerar att snubbla på föremål på golvet eller skada sig på utstickande detaljer. Det har också inträffat dödsfall där den omkomna personen inte har upptäckt hål och nivåskillnader mellan våningsplanen. I ett fall där en lokförare blev överkörd av ett tågset antogs han ha fallit ner på spåret efter att ha snubblat på grov makadambeläggning på en bangård. Denna beläggning hade tidigare fått anmärkning på grund av alltför svag belysning.

I standarden SS-EN 12464-2 (Ljus och belysning – Belysning av arbetsplatser – Del 2: Arbetsplatser utomhus) finns rekommenderade belysningsstyrkor för arbete i olika former av utomhusmiljöer. Det kan tyckas självklart att både arbetsgivare och arbetstagare tjänar på att belysningsstyrkan är tillräcklig, men trots det förekommer förvånansvärt ofta för låga artificiella belysningsstyrkor utomhus under den mörka delen av dygnet.

Ovan har beskrivits att det finns en rent fysiologisk förklaring till att ett föremål som är otillräckligt upplyst upplevs som oskarpt. Detta upplevs knappast som ett problem då kraven på detaljrikedom i arbetssituationen är låga, som till exempel vid betonggjutning och montage av grova metallkonstruktioner. Man kan då fråga sig varför man inte kräver en stor mängd ljus vid alla typer av arbetsuppgifter. Svaret är sund kostnadsoptimering men även att höga belysningsstyrkor också kan ge upphov till besvär, särskilt i arbeten där man

rör sig mycket i lokalen och armaturerna då riskerar att blända i någon riktning.

I ovan nämnda standard för inomhusbelysning SS-EN 12464-1, som även återfinns i planeringsguiden Ljus & Rum, finns rekommenderade belysningsstyrkor för ett stort antal yrkes- och lokaltyper.

## **Synavstånd**

Avståndet mellan betraktarens ögon och arbetsobjektet kallas synavstånd. För den som jobbar med händerna blir detta avstånd sällan längre än 60 centimeter, oftast kortare. Synavståndet vid läsning av tryckt text brukar vara cirka 30 centimeter, medan avståndet vid läsning på bildskärm normalt ligger runt 70–100 centimeter. Ju längre avståndet till arbetsobjektet är, desto mindre del av synfältet upptar en detalj med bestämd storlek. Lämplig storlek på bildskärmstecken har beskrivits i avsnittet om teckenstorlek. Lämpligt synavstånd styrs av fler faktorer än teckenstorleken, såsom behov av detaljseende eller bekväm överblick över flera arbetsobjekt samtidigt.

Det kan även finnas andra orsaker till att man instinktivt försöker hålla ett visst avstånd till arbetsobjektet. Det kan bero på avdunstning av kemiska substanser, flygande metallspånor eller risk att skada sig själv eller ett känsligt arbetsobjekt. I dessa fall ska man istället förändra arbetssättet och använda lämplig skyddsutrustning.

### **Synavstånd vid bildskärmsarbete**

Lämpligt synavstånd till bildskärm beror på flera faktorer. Stora bildskärmar kräver längre synavstånd. Det kräver i sin tur att storleken på de bokstäver, symboler och annan information som visas på skärmen anpassas. Arbetsuppgiften på skärmen spelar också in. Om arbetet innebär att man oavbrutet sitter och betraktar små detaljer på en skärm är ett väl anpassat synavstånd väsentligt viktigare än om man arbetar i kassan i en klädbutik och använder skärmen för att läsa av enstaka uppgifter då och då.

De synavstånd som anges i litteraturen som lämpliga vid olika bildskärmsstorlekar varierar, och det finns inga samstämmiga rekommendationer. De uppgifter som finns ligger oftast i intervallet

55–90 centimeter eller en armlängds avstånd till skärmar i storlekarna 17–20 tum. Vid arbete vid större skärmar eller flera skärmar bredvid varandra föreslås längre synavstånd. Detta för att undvika upprepade horisontella huvudvridningar som hos en tennispublik, vilket i längden utgör en påfrestning för nacken. Ett konkret mått som nämnts som maximalt för att bekvämt avläsa en display är att monitorn upptar högst 15 grader av synfältet åt vardera höger och vänster. Denna relativt enkla 30-gradersmetod kan användas som grov tumregel (Tabell 7).

En platt bildskärm måste oftast placeras så att bildytan är minst 10 centimeter framför borte bordskanten. Vid ett synavstånd på 83 centimeter rekommenderas alltså ett bordsdjup på minst 93 centimeter. Den här aspekten utvecklas vidare i avsnittet För kort bord.

Vid omväxlande sittande och stående arbete förkortas ofta synavståndet något när arbetstagaren arbetar stående och då ofta lutar sig något framåt. För att anpassa till ett lämpligt synavstånd bör bildskärmen vara lätt att flytta något längre bort på skrivbordet vilket kräver tillräckligt utrymme i djupled.

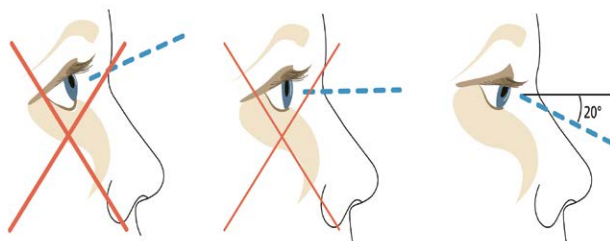
Skärm (tum)	Synavstånd (cm)
15	52
17	59
20	69
22	76
24	83
26	90

Tabell 7. De avstånd som 30-gradersmetoden innebär kan användas som grov tumregel för beräkning av ungefärligt synavstånd beroende på bildskärmsstorlek.

## Blickriktning

Vid allt arbete där båda ögonen förflyttas i horisontell och vertikal riktning krävs att ögonens avståndsställning (ackommodation) och inbördes blickriktning (konvergens) anpassas exakt till varandra. Det är nödvändigt för att de två bilderna från respektive öga ska smälta samman till en gemensam bild, annars uppkommer dubbel-

Figur 54. En nedåtriktad blickriktning är att föredra av flera skäl.



seende. Detta komplicerade förlopp sköts per automatik, vi behöver inte tänka aktivt själva för att se skarpt. Samspelet fungerar bäst vid en nedåtriktad blick på cirka 20 grader (Figur 54), jämfört med då man tittar rakt framåt.

Den angivna vinkeln bör eftersträvas där så är möjligt, exempelvis vid bildskärmsarbete. Vid läsning av tryckt text på papper sänker vi ofta händerna något för att slippa hålla boken eller tidningen så högt upp. Ögonens orientering i kraniet hamnar då nära 20 grader per automatik om vi kan välja själva. Är bildskärmen för högt placerad riktas också blicken högre upp. Om man iakttar hur människor ser på tv så kan man ofta se att de gärna lutar huvudet bakåt, sannolikt delvis för att omedvetet uppnå en lägre blickvinkel. Det är lätt att inse att även högt placerade ljuskällor ofta hamnar i det centrala synfältet vid uppåtriktad blickriktning.

Är bildskärmen högt placerad måste ögonlocken höjas. Det ökar avdunstningen och därmed behovet att blinka för att återfukta hornhinnan. Trots detta har det visat sig att blinkfrekvensen oftast minskar kraftigt vid bildskärmsarbete, sannolikt på grund av det synkrävande arbetet.

Ett högt placerat arbetsobjekt ökar dessutom påfrestningarna i nacke och rygg. Dessa problem avtar när man tittar rakt fram och en något nedåtriktad blickriktning minskar problemen ytterligare.

## Arbete med två eller flera bildskärmar

Dubbla bildskärmar har blivit allt vanligare men forskning gällande eventuella relaterade ögon- och belastningsbesvär saknas. Enskilda individer rapporterar dock besvär i nacke och skuldror som de delvis relaterar till arbetet med de dubbla skärmarna.

Synergonomiskt innebär flera skärmar väsentliga skillnader jämfört med arbete mot en skärm. Det uppstår med nödvändighet en skarv mellan de två skärmarna. Även om plastramen runt skärmarna är ljus, vilket är att föredra, så finns ofta en mörk sorgkant ytterst på bildskärmsytan som kan medföra besvärande kontrast mot den ljusa aktiva delen av bildytan. Med två skärmar kommer två sorgkanter tätt intill varandra vilket höjer inverkan av kontrasten ytterligare.

Ögonens motorik och samsyn fungerar bäst då synobjektet ligger centralt i synfältet och när ögonens position i ögonhålorna är centrerad i sidled. Att läsa text som ligger perifert utan att vrida huvudet är tröttande och tar längre tid, särskilt om användaren har glasögon vilka har sämre optiska egenskaper i periferin. Att jobba mot flera skärmar medför därför en oftast omedveten horisontell vridning av huvudet som den hos en tennispublik. För att minska behovet av repetitiva horisontella ögonrörelser, men även belastningen och slitaget på nackpelarens kotor, är det en fördel om överkroppen eller hela kroppen kan vridas vid byte av betraktad bildskärm. En väl utformad kontorsstol som medger bekväm vridning i stolen och att hela stolen kan roteras i sidled utan ansträngning underlättar. Om möjligt bör alla programvaror som används integreras så att all information kan visas på en och samma skärm.

## Fysisk placering av flera skärmar

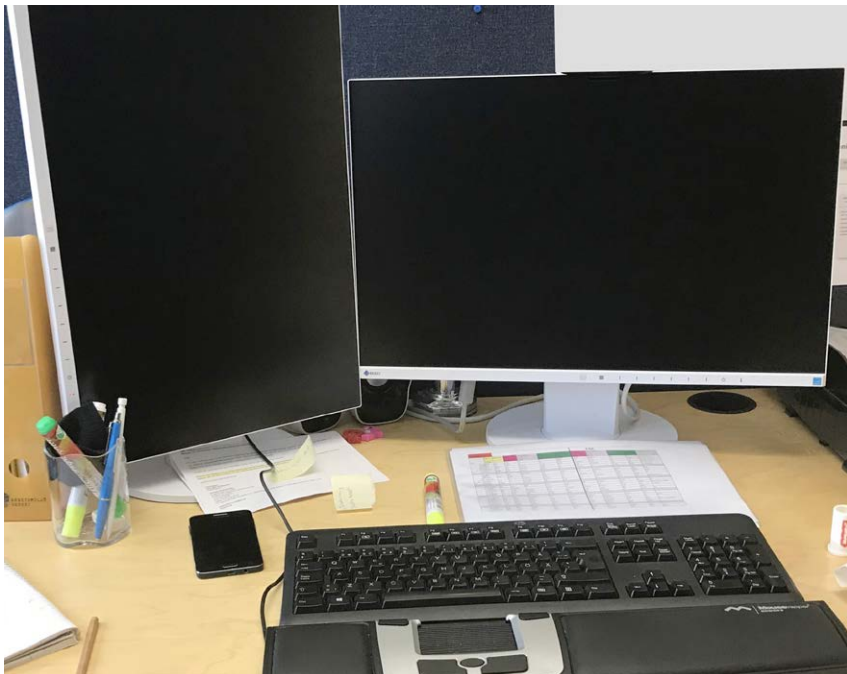
Om två eller flera skärmar används samtidigt kan den bildskärm som används mest placeras mer centralt. Byte av program och byte till delar inom samma program ska då kunna utföras på enklast möjliga vis. Den skärm som står mer perifert kan användas som en form av lagerhylla för de funktioner som inte används för tillfället och flyttas in till huvudskärmen med kortkommando eller med så kallad ”drag



and drop”. För att undvika ensidiga rörelser kan den perifera skärmen omväxlande placeras till höger eller vänster om den centrala skärmen med regelbundna intervall, till exempel varje vecka.

Två skärmar kan komplettera varandra genom att en av skärmarna placeras i stående orientering (se Figur 55). Det medger läsning av längre dokument utan att scrolla lika frekvent.

I kontrollrum används ofta flera skärmar både i sidled och i höjddled samt på olika avstånd där skärmarna på väggen framför användaren kan sitta på ett stort antal meters avstånd. Här måste eventuella synhjälpmedel vara väl anpassade, till exempel i form av bifokala eller progressiva glasögon. Problem som kan uppkomma i samband med användning av progressiva glasögon beskrivs närmare i avsnittet om synhjälpmedel.



Figur 55. Med en skärm ställd på högkant kan längre dokument läsas utan att scrolla lika frekvent.

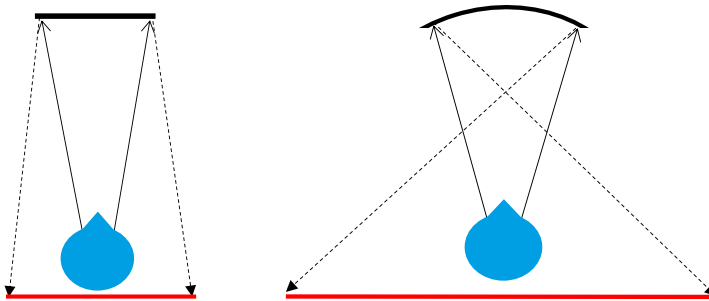
## Stora bildskärmar

Ett alternativ till att arbeta med två skärmar är arbete med en riktigt stor skärm. En fördel är ett bättre utnyttjande av det centrala synfältet eftersom man då slipper det outnyttjade och även besvärande mörka parti som utgörs av de två skärmarnas angränsande plastramar. Den aktiva bildytan placeras därmed mer centralt vilket minskar behovet av huvudvridningar till extremlägena i ytterkanterna jämfört arbete med två separata skärmar.

## Välvd bildskärmar

Moderna bildskärmar är ibland svagt böjda i horisontalplanet vilket innebär både för- och nackdelar. Välvda skärmar uppges ge en ökad känsla av djupseende, en form av 3D-känsla. Skärpan i skärmens ytterkanter i horisontalplanet ökar eftersom blickriktningen träffar skärmytan mer vinkelrätt. Vålvningen gör även att läsavståndet till de olika delarna av skärmytan varierar mindre vilket minskar ackommodationsbehovet vid avläsning.

En nackdel är att vålvningen innebär att bildskärmen kan komma att ta upp reflexer från ett betydligt större område i arbetslokalen, (se Figur 56).



Figur 56. Schematisk bild över ökningen av det område som reflekteras från en platt respektive en välvd bildskärm. Till vänster utbredningen på det område (rött) som en användare kan se reflekterat från en platt bildskärm. Till höger det betydligt större område som kan komma att ses reflekterat från en välvd bildskärm.

## Distansarbete

Den pandemi som bröt ut år 2020 medförde en hastig och oförberedd ökning av andelen distansarbete, ofta i hemmet. Arbetet fick då ibland utföras på en laptop i skenet från en pendlad köksbordslampa som ofta är lågt placerad en bit in över bordet, eller i en svag varmvit mysbelysning i vardagsrummet. Dessa belysningar motsvarar sällan kraven på god arbetsbelysning. Tillgången på dagsljus och utblick kunde vara noll på improviserade arbetsplatser i till exempel klädkammare och källarförråd. Stolar, bord och soffor i hemmet är utformade för att sitta och äta en stund eller se på tv, inte för att arbeta syn- och belastningsergonomiskt korrekt.

Arbetsmiljöverkets krav gäller allt arbete oavsett var det bedrivs. Arbetsgivaren ska kompensera för eventuella brister genom att i rimlig omfattning tillhandahålla belysning, kringutrustning till datorerna såsom extern bildskärm och styrdon samt, vid motiverade individuella behov, även arbetsbord och kontorsstol. En förutsättning för att komma fram till vilka åtgärder som behövs är en nära dialog mellan arbetsgivare och arbetstagare. Det finns även estetiska aspekter när det gäller vilka åtgärder som en arbetstagare accepterar i sitt hem. En skrymmande kontorsstol och en armatur för arbetsbelysning kan utgöra ett förfulande inslag i ett hem för arbetstagaren och den övriga familjen.

Det är sannolikt att andelen distansarbete kommer att öka och bland annat utföras i hemmet, även när det inte är pandemi. Flera arbetsgivare erbjuder redan nu arbetstagarna att regelbundet arbeta på distans en eller flera dagar i veckan. Detta ställer ökade krav på goda förhållanden vad gäller syn och belysning, faktorer som indirekt påverkar även belastningsergonomin. Med erfarenheter från den pandemi som startade år 2020 finns all anledning att förbereda för att framtida pandemier kan komma att kräva omfattande eller permanent distansarbete under långa perioder. När dessa inträffar bör arbetsgivarna snabbt kunna tillhandahålla lämplig arbetsutrustning och ange hur arbetet ska organiseras för att undvika besvär och störningar vad gäller hälsopåverkan och arbetsprestationer.

## **Digitala möten**

I samband med att andelen distansarbete ökade under ovan nämnda pandemi ökade även antalet digitala möten. Att delta i ett digitalt möte innebär en ökad synergonomisk belastning jämfört med traditionella fysiska möten och traditionellt datorarbete. Synavståndet mot skärmen är hela tiden detsamma som vid traditionellt bildskärmsarbete men för att följa mötet krävs oftast konstant uppmärksamhet. Möjligheterna till spontana pauser och att vila blicken på ett längre avstånd annat än mycket kort tid minskar väsentligt. Avbildningen av deltagarna och texten i presentationer på skärmen blir ibland oskarp på grund av otillräcklig överföringskapacitet i mötesplattformarna, digitala nätverk och routrar. Ögat söker en skärpa som inte finns vilket anstränger linsmuskulaturen konstant och i förlängningen även övre rygg, nacke och skuldror. Om textfonten i de presentationer som delas mellan mötesdeltagare är för liten, eller om det saknas skärpa, tenderar man att vilja luta sig framåt. Då ökar belastningen på rygg, skuldror och nacke. Om användaren dessutom endast har tillgång till en laptop är den begränsade skärmstorleken en faktor som sannolikt ökar besvären.

## **Arbete med bärbara datorer, handdatorer och mobiltelefoner**

Bärbara datorer används oftast på tillfälliga arbetsplatser, under föreläsningar och möten. De är små och kompakta för att ta litet utrymme vid resor. En synergonomisk nackdel är att tangentbord och bildskärm sitter ihop. Synavståndet blir därmed i kortaste laget beroende på att armlängden begränsar. Dessutom är skärmen relativt liten vilket medför att datorprogrammen ofta presenterar små tecken för att mängden information på skärmen ska motsvara en normalstor skärm.

Följden blir ofta en ihopsjunken arbetsställning med framåtböjt huvud för att kunna läsa de små tecknen. Detta kan accepteras under kortare perioder men om arbetsställningen blir långvarig leder den sannolikt till belastningsbesvär. Bärbara datorer ska därför kompletteras med separat bildskärm och tangentbord om de används som permanenta arbetsstationer.

## Ljusets betydelse för annat än synen

### Dagsljus

Kunskaperna om vilka positiva effekter som en god tillgång till dagsljus och utblick har på människors hälsa och välbefinnande har ökat på senare år. Detta har slagit igenom i form av striktare dagsljuskrav och rekommendationer i belysningsstandarder som SS-EN 12464-1. Stödet har ökat i Arbetsmiljöverkets föreskriftskrav gällande tillgång till både dagsljus och utblick vid arbetsplatser där man vistas mer än tillfälligt. Dagsljuset skiljer sig från artificiella ljuskällor genom de kontinuerliga förändringarna i belysningsstyrka, färgtemperatur och infallsvinkel; förändringar som informerar oss om hur dagen förflyter. Dessa förändringar synkroniserar också vår dygnsrytm. Därför är det lätt att inse att begreppet ”dagsljuslysrör” är starkt missledande. Möjligen kan man tala om ett dagsljusliknande spektrum, men sådana lysrör kan på intet sätt ersätta exempelvis Arbetsmiljöverkets krav på dagsljus.

Kravet på utblick grundas på människans grundläggande behov av visuell kontakt med sin omgivning. Utan utblick känner man sig lätt instängd, vilket innebär en varierande grad av mental belastning beroende på individ.

Alla levande organismer pendlar mellan aktivitet och vila. På cellnivå finns biologiska processer som alternerar i aktivitetsgrad med hjälp av tidsberoende funktioner styrda genom avkodning av gener och enzymatiska processer. Dessa fynd belönades med nobelpriset i medicin och fysiologi år 2017. På individnivå styrs dygnsrytmen i hög grad av växlingar mellan ljus och mörker, men även av årstider. Dygnsrytmen styrs till stor del av dagsljuset som aktiverar ögats näthinna. I näthinnan finns utöver tappar och stavar ytterligare en typ av ljusreceptorer, melanopsinreceptorer. Dessa kopplar i flera steg vidare till tallkottskörteln som i sin tur minskar produktionen av sömnhormonet melatonin. I dagsljus sjunker alltså koncentrationen av sömnhormon och vi blir piggare. Denna effekt anses också bidra till att vi sover lite mindre på sommaren. Patientgrupper som vårdas på intensivvårdsavdelningar där ljuset ständigt är fullt

upptänt riskerar störd dygnsrytm. Patientgrupper med tillgång till dagsljus och utblick behöver enligt flera studier kortare vårdtider. På intensivvårdsavdelningar har normala variationer i dagsljuset över dygnet till och med påvisats medföra något lägre dödlighet jämfört med intensivvårdspatienter som vårdas i ett ljus som inte följer dagsljusets normala variationer.

### **Dagsljusets betydelse vid årstidsbunden depression**

Risken att drabbas av årstidsbunden depression tycks öka ju längre från ekvatorn man lever, enligt studier från både norra och södra halvklotet. Individer som lever på nordliga eller sydliga breddgrader, exempelvis i Sverige, Norge, Kanada och Sibirien respektive i södra Australien och Nya Zeeland, tenderar i något högre grad att drabbas av nedstämdhet, ökat sömnbehov och sug efter sötsaker. Det kan gälla så mycket som 10 procent av kvinnorna och 5 procent av männen. Symtomen tros allmänt ha ett samband med den lägre tillgången på dagsljus vintertid men också på de snabba växlingarna från långa ljusa dagar sommartid till korta mörka dagar på vintern och vice versa. Folkgrupper som sedan urminnes tider levt i dessa områden, som till exempel islänningar, samer och inuiter, drabbas mer sällan av dessa symtom och besvär.

På flera sjukhus i landet behandlas personer med årstidsbundna depressioner med starkt ljus. Det anses då väsentligt att de ljusa ytorna finns i hela synfältet för att undvika besvärande bländning. Ljusterapilampor som saluförs till privatpersoner och företag kan inbjuda till att egenhändigt laborera med ljusterapi. Dessa lampor är ofta avsedda att användas i samband med arbete och eftersom de bara täcker en begränsad del av synfältet kan de orsaka kraftig bländning. Den som känner sig nedstämd i sådan grad att det är ett problem har anledning att istället kontakta sjukvården. Att på egen hand experimentera med ljusterapilampor i samband med depressioner riskerar att fördröja tiden fram till professionell behandling, en försening som kan bidra till att symtomen förvärras.

## Dagsljusets kvalitet

Dagsljus har kvaliteter som ännu inte kan återskapas av artificiella ljuskällor. Det innehåller alla våglängder som våra ögon kan uppfatta, och nästan undantagslöst högre andel blått ljus än artificiell belysning. De blå våglängderna medför en effektivare sänkning av halten sömnhormon. Många av oss upplever ofta hur pigg man känner sig av att komma ut. Vi har uppfostrats att tala om att det är den friska luften som gör oss piggare, men det är sannolikt dagsljuset som står bakom en stor del av den uppiggande effekten. Eftersom syrehalten inte skiljer sig mellan utom- och inomhus finns det skäl att istället börja tala om att man ska gå ut och ta en nypa friskt ljus om det sker under dagen.

Det traditionella artificiella ljuset lyser med konstant belysningsstyrka under hela arbetsdagen, i samma vinkel och med samma färgtemperatur och färgåtergivning. Det ger ingen information om hur dagen framskrider. Dagsljuset förändras däremot hela tiden och ger både medvetna och omedvetna intryck om att tiden förflyter. Detta påverkar inte minst de periodiskt varierande koncentrationerna av sömnhormonet melatonin i kroppen. Ett steg mot att i någon mån efterlikna dagsljus är ”tunable white”. Med denna teknik kan ljusets färgtemperatur och belysningsstyrka varieras i tiden genom att ljuskällan innehåller två ljuskällor med olika färgtemperatur. Genom att kontinuerligt styra hur hög intensitet den kalla respektive den varma ljuskällan ska ha kan färgtemperaturen och belysningsstyrkan varieras över dagen. Vanligtvis sker det genom att låta balansen mellan de två gå mot kallt starkare ljus på förmiddagen alternativt mitt på dagen och ett varmare svagare ljus senare på eftermiddagen för att efterlikna dagsljusets förändringar över dygnet. Då ljuskällan är fixt placerad i lokalen så erhålls dock inte dagsljusets kontinuerliga förändringar i vertikal och horisontell infallsvinkel.

Dagsljuset har många fördelar och det bör därför användas så långt det är möjligt. Vid direkt solljusinfall sommartid kan dock värmeinstrålningen bli besvärande. Det finns flera sätt att minska den, exempelvis markiser, persienner, gardiner, rullgardiner och

solfilm som applicerats permanent eller i form av rullgardiner. En intressant utvecklingsgren är elektrokromatiska fönster där ljusinfall och värmeinstrålning genom fönsterglasets kan ändras steglöst av användaren efter behov eller per automatik.

En minskning av värmeinstrålningen minskar behovet av luftkonditionering, vilket skulle spara stora mängder energi världen över.

Att använda dagsljus sparar energi och har hälsofördelar, vilket har ökat intresset för att leda in mer dagsljus i arbetslokaler. Här finns flera metoder kommersiellt tillgängliga. Spegelarrangemang eller prismor i övre delen av befintliga fönster medför ett enkelt sätt att leda dagsljuset längre in i lokalen, vilket även minskar värmeinstrålningen nära fönstret. Dagsljuset kan även ledas in via ljusuppsamlade anordningar på taket och sedan "samlas in" via fiberoptiska kablar till armaturer i rum med otillräckligt eller inget dagsljus (Figur 57). Metoden i dess nuvarande form uppfyller dock inte kravet på dagsljus och utblick i rum där man arbetar stadigvarande.



Figur 57. Dagsljuset fångas upp av solfångare utomhus och leds in i byggnaden via fiberoptik till lokaler i behov av dagsljus.



## Bedömningar av mängden dagsljus

Hur mycket dagsljus som kommer in i en arbetslokal spelar självfallet stor roll. För att beräkna mängden dagsljus finns två vanligt förekommande metoder, dagsljusfaktorn och fönsterarea. Vid beräkning av dagsljusfaktorn mäts belysningsstyrkan utomhus en molnig dag på en öppen plats utan skuggande byggnader och växtlighet. Så nära i tiden som möjligt mäts också belysningsstyrkan på arbetstagarens arbetsyta och kvoten mellan belysningsstyrkan inne och utomhus beräknas. Ett riktvärde i Sverige för tillräckligt dagsljus är att kvoten är minst 1 procent, i Danmark finns ett lagkrav på minst 2 procent.

Ett grovt alternativ som inte kräver mätning av belysningsstyrkan är att mäta upp den fönsterarea som vetter mot dagsljus och beräkna kvoten av denna area och lokalens golvyta. Ett riktvärde är att fönsterarean bör vara minst 10 procent av golvytan för väggfönster och minst 7 procent för takfönster. Om dagsljusinflödet begränsas av byggnader eller växtlighet utanför lokalen behövs självfallet större fönsterarea, lämpligen beräknas då dagsljusfaktorn istället. År 2018 presenterades en internationell standard gällande dagsljus i arbetslokaler (SS-EN 17037:2018). Här presenteras mätmetodik för att utvärdera dagsljusförhållanden samt principer för beräkningar av hur lång tid en arbetstagare behöver exponeras för dagsljus. Tillräckligt dagsljus definieras i standarden som 300 lx på 50 procent av rumsytan under 50 procent av den ljusa tiden av dygnet under ett år. För orter på samma breddgrad som Stockholm är årsmedelvärdet utomhus cirka 12 000 lx. För att uppnå 300 lx krävs således en dagsljusfaktor på 2,5 ( $0,025 \cdot 12\,000 = 300$  lx). Men detta krav gäller bara 50 procent av lokalen. För att uppnå en viss del dagsljus även i den mörkare hälften av lokalen ska 95 procent av hela lokalen ha >100 lx, det vill säga en genomsnittlig dagsljusfaktor på 0,8. Standardens utformning har kritiserats på grund av att den baseras på den horisontella belysningsstyrkan som inte till fullo är kopplad till den faktiska exponeringen av näthinnan. Den senare är starkt beroende av i vilken vinkel det direkta ljuset från ljuskällorna kommer in i ögat samt reflektionsfaktorerna i arbetsytan och arbetsobjekten, något som inte inkluderas i standardens mätmetodik.

Light Research Center i USA har utvecklat metoder för att beräkna den faktiska ljusexponeringen av näthinnan. Dessa kräver dock specialinstrument, alternativt detaljkännedom om alla ljuskällor i lokalen vad gäller bland annat spektrala egenskaper, exponeringstider och infallsvinklar mot näthinnan.

Folkhälsomyndigheten har sammanställt en kunskapsöversikt om behovet av dagsljus för hela befolkningen. Arbetsmiljöverket har senare kompletterat denna vad gäller behovet av dagsljus i arbetslivet (se referenser).

## Samspelet mellan seende och arbetsställningar

Synergonomi handlar om ett samspel mellan människans seende och det arbete som ska utföras. Eftersom vi är så beroende av synen i våra aktiviteter styr synbehovet mycket av kroppsställningen. Vi kan inta mycket ansträngande kroppsställningar under långa perioder för att se bra. Det sker ofta omedvetet – människan är på gott och ont mycket anpassningsbar. Vi försöker se så gott det går även om förutsättningarna har brister som exempelvis reflexer, bländning och skuggade arbetsobjekt.



Figur 58. Höftvinkeln är öppen om den överstiger 90 grader som i illustrationen till vänster. Mannen till höger har intagit en position med en alltför liten höftvinkel i sina försök att se bättre.

Sakkunnig hjälp behöver därför många gånger anlitas för att göra rätt analys av varför vi exempelvis spänner oss eller blir trötta i ögonen. Det kan gälla så enkla fall som att bildskärmen placerats mitt framför ett fönster utan möjlighet att avskärma solljuset. Synergonomi är ett samspel mellan flera påverkande faktorer som synförutsättningar, synobjekt, ljus/belysning, omgivning och arbetsställningar, vilka ska anpassas till varandra så att resultatet blir så bra som möjligt. Vid datorarbete är det en fördel att variera mellan sittande och stående arbete. Det varierar självfallet kroppsställningen men också seendet vad gäller till exempel synavstånd och blickvinkel. Vid sittande arbete kan en stol med gungfunktion inspirera till varierat sittande. Det klassiska svaret på frågan om vilken som är den bästa sittställningen är att den bästa ställningen är att variera sig.

## Våra sinnen

Kunskap om våra sinnesfunktioner är en förutsättning för att förstå sambandet mellan seende och arbetsställningar. Kontroll av ögonrörelser och kroppshållning sker genom ett komplext samspel och informationsutbyte mellan flera olika sinnestyper. Balanssinnet och muskelledsinnet ger oss information om olika kroppsdelars läge, position och belastning. Synen informerar visuellt om vår position och lägesförändringar i rummet. Om informationen från synen är av god kvalitet har synen störst betydelse för hur vi uppfattar läge och rörelser. Motstridig information från olika sinnen brukar medföra obehag. Åksjuka uppstår oftare om man läser utan att titta ut när man åker bil, tåg eller båt i ryckiga rörelser. Synintrycken säger oss att vi står stilla medan balanssinnet signalerar att vi rör oss.



Figur 59. Ett test på synens betydelse för att hålla balansen är att försöka gå balansgång eller stå på ett ben samtidigt som man blundar.



Figur 60. Här böjer personerna överkroppen framåt, förmodligen för att se bättre. Kroppsställningen är inte naturlig, de har inget stöd för underarmarna och måste därför hålla upp huvudet och överkroppen med nack- och ryggmuskulaturen.

## Onaturliga arbetsställningar

Onaturliga arbetsställningar bidrar till att ge besvär som smärta och obehag från muskler och leder i rygg, nacke, axlar och armar samt i ögonen. Dessa symtom uppstår ofta vid statiskt arbete, när muskler och leder hålls i ungefär samma lägen under längre tidsperioder. Särskilt problematiskt är arbete i ledernas ytterlägen.

Om vi arbetar i sådana ytterlägen och belastas ytterligare fysiskt eller psykiskt ökar skaderisken än mer. Belastningsproblem är en vanlig följd av dåligt ljus och belysning. Nacken är särskilt utsatt när vi försöker se så bra som möjligt då ett arbete ska utföras.

## För kort bord

Under de senaste årtiondena har öppna kontorslandskap blivit vanligare. Antalet kvadratmeter per anställd har minskat beroende på ökade hyreskostnader och behov av kostnadsminskning för att behålla konkurrenskraft. Följden av denna förtätning har bland annat blivit att kontorsbordens djup tenderar att minska. Idag diskuteras 80 centimeter som ett normaldjup för skrivbord avsedda för datorarbete. Detta medför att den som ska arbeta vid datorn kommer att ha bildskärmen cirka 70 centimeter från skrivbordskanten. För att få ett gott stöd för underarmarna behöver ögonen befinna sig



Figur 61. I (A) är bordsdjupet för kort, underarmarna får inget stöd. I (B) har situationen förbättrats med ett extra underarmstöd vilket till en del kompenserar för det alltför grunda bordet.

nära nog lodrätt över skrivbordkanten. Man ska även få plats med ett tangentbord framför skärmen. Det framgår av (A) i Figur 61 att detta kan vara svårt att uppnå. Även synavståndet blir med nödvändighet oftast alltför kort, se avsnitt om synavstånd ovan.

### **Samspelet mellan ögon, nacke och skuldra**

I många studier har man noterat att personer med besvär från nacken ofta även har besvär med ögonen. Detaljseendet har begränsningar och vi ser skarpt endast inom ett mycket litet område. Det kräver ögonrörelser och större eller mindre kroppsrörelser i stort sett hela tiden. Vårt omgivningsseende, det perifera seendet, är visserligen stort men där ser vi inte lika skarpt. För att det här samspelet ska fungera behöver kroppen ständigt vara alert och anpassa arbetsställningar och arbetsrörelser för att underlätta och optimera seendet. Att synavståndet påverkar arbetsställningen är uppenbart. Men arbetsställningen påverkas även av exempelvis belysningsstyrkan. Minskar den så böjs ofta nacken mer framåt.

## Synrelaterade besvär

### Gamnacke

De översta halskotorna är ett utsatt område och påfrestningar här är en vanlig orsak till smärta i nackregionen. En vanlig felställning vid bland annat bildskärmsarbete är så kallad gamnacke, som kan uppkomma när personer som bär vanliga progressiva glasögon böjer huvudet bakåt för att se detaljer på bildskärmen skarpt i nedre delen av glasögonen.

Om teckenstorleken inte är tillräckligt stor tvingas personen även att luta sig framåt för att kunna läsa texten. Resultatet blir den framåtlutade ställning med nacken bakåtböjd som visas i Figur 62. Ställningen är påfrestande för muskler och leder i nackregionen. Felställningen kan åtgärdas genom att använda en typ av progressiva glasögon där bildskärmen kan ses skarpt i mitten av glasögonen, så kallade närprogressiva eller arbetsprogressiva glasögon. Vidare ska tecknen på skärmen vara så stora att personen inte behöver luta sig framåt för att bekvämt kunna läsa texten.

Gamnacke kan även bero på dålig muskulatur i bålregionen. Dålig stabilitet här gör att överkroppen inte kan hållas rak och därför lutas framåt. Vid misstanke om denna mekanism är det lämpligt att ta kontakt med företagshälsovården.



Figur 62. En typisk gamnacke med framåtlutad överkropp och bakåtböjd nacke.

### Synstress

När ögonmusklerna ansträngs en längre period vid seende på nära håll kan något som kallas synstress uppstå, vilket medför svårigheter med att fokusera blicken på bildskärmen. Mekanismerna bakom detta fenomen är oklara men det finns ett samband med en samtidig anspänning av vissa muskler i nacke och axlar. Långvariga muskelspänningar i nacke och skuldra kan i sin tur ge upphov till att man upplever smärta även i pannan och ögonregionen. Samspelet är komplicerat och långt ifrån klarlagt.

## **Blickvila**

För att avlasta denna typ av ögonbesvär kan man blunda en stund eller fästa blicken på ett mer avlägset föremål, gärna fem meter bort eller längre. Blickvila har påvisats vara ett bra inslag i statiska arbeten med krav på detaljseende som oftast utförs på nära håll och under en längre tid, exempelvis bildskärmsarbete. I en studie om blickvila som pågick under fyra veckor blundade försökspersonerna i några minuter fyra gånger om dagen. Resultatet var påtaglig minskning av upplevda besvär.

## **Belastningsskador, ljus och seende**

Ljus och seende har en tydlig koppling till det muskuloskeletala systemet. Så mycket som en tredjedel av alla belastningsskador är förlagda till nacke och skuldror och en femtedel till ryggen. Skaderisken ökar både på grund av trötthet och att vi helt enkelt inte inser problemet i tid. Ögonbesvär och nackbesvär samvarierar och den primära orsaken är inte alltid uppenbar.

## **Strategier för god synergonomi, kroppshållning och rörelser**

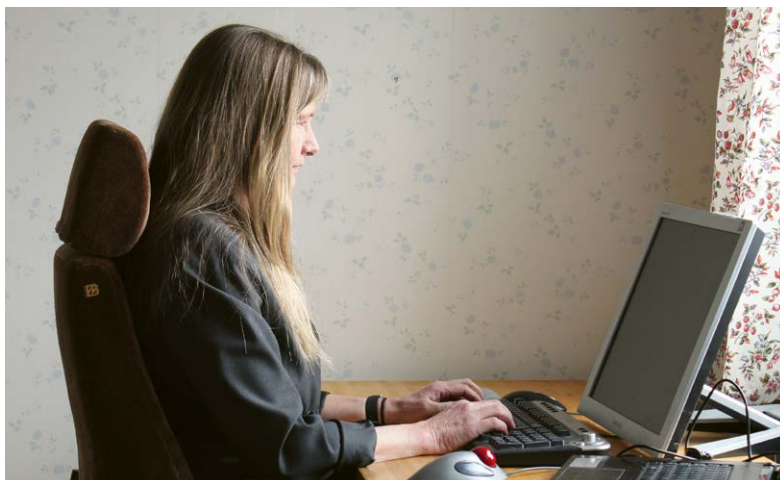
För att komma fram till vad som är en bra belysning eller ett bra ljus måste det sättas i relation till människan och det arbete som ska utföras med naturliga arbetsställningar och arbetsrörelser. Dessa analyser görs lämpligen av yrkesgrupper som har kunskap om god synergonomi. Arbetsuppgifter som varken ger fysisk eller psykisk variation behöver organiseras om för att skapa goda arbetsförhållanden.

## **Finns den rätta arbetsställningen?**

Det finns inte en arbetsställning eller en blickriktning som är den enda rätta. Däremot finns det riktlinjer för hur man ska tänka och i vilken ordning åtgärder ska utföras. Att variera arbetsställning är grundläggande för att undvika statisk belastning, men variationen bör innebära mer än att bara växla mellan att stå och sitta. Det finns många mått att ta hänsyn till för att skapa en bra blickriktning och en bra hållning vid sittande och stående arbete.



A



B



C



Figur 63. Exempel på god arbetsställning vid sittande (A), ståsittande ställning med specialstol (B) och stående arbete (C).

# Övrigt

## Lagstiftning

Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS) innehåller flera föreskrifter med minimikrav på synergonomi och belysningsförhållanden. I föreskrifterna om användning av bildskärmar anges bindande krav på att synergonomiska förhållanden ska vara tillfredsställande vad gäller bland annat läsbarhet, flimmer, reflexer och belysningsförhållanden. Det poängteras att syn- och belysningsförhållanden inte ska medföra olämpliga arbetsställningar.

Den som normalt arbetar sammantaget mer än en timme om dagen vid bildskärm ska med regelbundna intervall genomgå synundersökning. Vart tredje år eller vid besvär brukar anges som en tumregel. Medelålders personer kan behöva undersökas oftare eftersom åldersseendet förändras som snabbast i denna fas av livet. Om synundersökningen visar att arbetstagaren behöver glasögon för att arbeta vid bildskärmen ska arbetsgivaren stå för kostnaden för dessa.

Föreskrifterna om belastningsergonomi anger att om arbetet kräver arbetsglasögon som den anställda inte har behov av privat, ska arbetsgivaren bekosta sådana fullt ut utan kostnad för arbetstagaren.

I Arbetsmiljöverkets föreskrifter *Utformningen av arbetsplatser* anges flera belysningskrav. Det ska vid arbetsplatser där man jobbar stadigvarande, det vill säga mer än halva arbetstiden, normalt fin-

nas dagsljus och möjlighet till utblick. Undantagna är bland annat gruvor, fotografiska laboratorier samt frys- och kylrum. Belysningen ska förebygga ohälsa och skador och vara anpassad till varje individs behov. Kraven gällande bländning och flimmer är otvetydiga – förekomsten av dessa besvärsmoment ska undanröjas så långt det är möjligt. Färgåtergivning ska vara anpassad till verksamheten, bland annat för möjligheterna att hitta nödstopp och kunna läsa varningsskyltar. Likaså ska det för en säker utrymning finnas nödbelysning i alla utrymningsvägar som kräver belysning. Kraven gäller även vid strömavbrott.

Belysningskrav vid arbete med maskiner anges i föreskrifterna om användning av arbetsutrustning och om maskiner.

Gränsvärden för direkt synskadande exponering för starkt ljus i form av intensiv belysning eller laser finns i föreskrifterna om artificiell optisk strålning. Här anges även krav på riskbedömning av alla optiska strålkällor som förekommer på arbetsplatsen. Om endast svaga optiska strålkällor förekommer, kan man referera till den guide som EU-kommissionen gett ut för att förenkla tolkningen av det centrala EU-direktiv som ligger till grund för de nationella föreskrifterna. Här klassas exempelvis avskärmade lysrör och kopieringsmaskiner som triviala (ofarliga) strålkällor vid normal användning. Riskbedömningen kan då med referens till guiden begränsas till att ange att det på arbetsplatsen endast finns triviala strålkällor.

Arbetstagare är enligt föreskrifterna om användning av personlig skyddsutrustning skyldiga att följa givna instruktioner vid användning av den personliga skyddsutrustningen. Detta gäller exempelvis om arbetsgivaren kräver att skyddsglasögon används vid riskabla arbetsmoment. Skyldigheten att följa skyddsinstruktioner och använda anvisade skyddsanordningar anges också i arbetsmiljölagen 3 kap. 4 §.

## Vem betalar synhjälpmedlen?

Vem som har ansvaret för att arbetstagaren har lämpliga glasögon eller linser för att kunna utföra sitt synarbete beror på vilken typ av synfel arbetstagaren har och vilken arbetsuppgift som ska utföras. Glasögon eller linser som den anställda behöver för att utföra synuppgifter både i sitt privatliv och på sitt arbete ska arbetstagaren själv stå för. Ett exempel på detta är läsglasögon som anställda ska betala själva och ta med till sitt arbete vid behov. Glasögon som behövs för synavstånd och andra synkrav som den anställda uppenbart inte använder i sitt privatliv ska betalas fullt ut av arbetsgivaren.

Bildskärmsarbete kräver ett synavstånd på mellan cirka 60 och 100 centimeter. När EU:s och Arbetsmiljöverkets regler för bildskärmsarbete skrevs 1998 var datorer inte en lika självklar del i hemmen som de är idag. Det skrevs därför in i reglerna att arbetsgivaren fullt ut ska bekosta den billigaste godtagbara varianten av arbetsglasögon för dem som arbetar vid bildskärm och som har behov av glasögon för detta arbete.

Arbetsglasögonen tillhör formellt arbetsgivaren, men praxis är att arbetstagaren tar med sig sina arbetsglasögon till nästa arbetsgivare då man byter jobb. Arbetsgivaren har ingen nytta av någon annans individuellt utprovade arbetsglasögon och nyanställda har, om praxisen tillämpas, med sig arbetsglasögon från den tidigare arbetsgivaren. Arbetstagaren kan komma överens med sin arbetsgivare om att själv stå för extra kostnader för att få exempelvis snyggare båge. Det är viktigt att man då även kommer överens om vem som betalar reparation av bågen om den går sönder.

Det kan vara svårt för både arbetsgivare och arbetstagare att avgöra om arbetsglasögon behövs eller inte. Den som bäst kan avgöra detta är en optiker, gärna en som har genomgått den påbyggnadskurs i synergonomi (tidigare benämnd arbetsmedicin) som alltfler optiker idag har genomgått. Denna kurs innehåller bland annat omfattande utbildning i arbetsrelaterade synfrågor. En stor andel av de optiker som gått denna kurs finns sökbara på Optikerförbundets hemsida.

## **Rekvision arbetsglas**

När arbetsgivaren rekviderar arbetsglas eller synundersökning är det centralt att optikerna får de uppgifter som behövs för att leverera en optimal produkt. Svensk förening för företagsoptiker (SFF) har utarbetat ett formulär där dessa uppgifter kan fyllas i. Där anges olika arbetsavstånd och synavstånd, vilken eller vilka arbetsuppgifter som avses med mera (Bilaga 1).

## **Ögonskador**

### **Ögonskador orsakade av ljus**

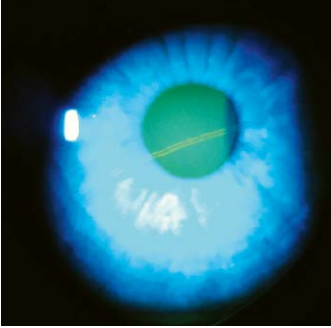
Ögats funktion och anatomi är anpassade för att föra in ljus till näthinnan så ostört som möjligt för att uppnå maximal synskärpa. Men detta har också nackdelar eftersom även ljus i alltför höga intensiteter kan träffa näthinnan relativt obehindrat och skada denna genom uppvärmning eller fotokemiska reaktioner.

Om strålningen finns i den synliga delen av spektrumet så kommer blinkreflexen att utlösas per automatik så huvudet direkt vrids undan, vilket ger mycket gott skydd. Strålning i det ultravioletta och infraröda området uppfattas däremot inte av näthinnan och därmed utlöses inte blinkreflexen som skydd. Dessutom kan strålningen vara så stark att den kan skada näthinnan på så kort tid att blinkreflexen inte hinner skydda ögat. Detta är fallet med många starka lasrar, där en skada på näthinnan kan uppkomma på betydligt kortare tid än det tar att blinka.

För att undvika skador ska kända starka strålkällor i möjligaste mån skärmas av så att ingen arbetstagare kan utsättas för strålningen. På platser där detta inte kan garanteras ska arbetstagaren bära skyddsglasögon som skyddar mot de strålningsvåglängder och de intensiteter som förekommer på arbetsplatsen i fråga. Skyddseffekten framgår av skyddsglasögonens märkning, vilken beskrivs i standarden SS-EN 166.

### **Mekaniska ögonskador**

Varje år inträffar en mängd mekaniska ögonskador i arbetslivet. Huvuddelen orsakas av att främmande föremål träffar ögat, rispar



Figur 64. Den ljusgröna linjen i pupillen orsakades av ett vasst föremål som repade hornhinnan. Med skyddsglasögon hade denna mycket smärtsamma skada inte uppstått. Den gröna färgen beror på infärgning i samband med undersökningen.

hornhinnan (Figur 64) eller tränger in i ögat. Skadorna kan vara övergående men risken är uppenbar för bestående synnedsättning eller blindhet.

## Ögonskydd

### Skyddsglasögon och skyddsvisir

I exempelvis många industriarbeten finns behov av att skydda ögonen med glasögon eller visir mot kemikalier, strålning, laserljus, värme, damm eller större partiklar som riskerar att tränga in i ögat. Alla skyddsglasögon ska vara CE-märkta och skyddsegenskaperna och eventuell klassning ska anges. Ibland kan skyddsglas placeras utanpå de glasögon som bärs för att korrigeras synskärpan. Elektro-optiska svetsvisir beskrivs i avsnittet Svetsare.

### Mätteknik och mänskligt omdöme

En vanlig invändning mot att använda tekniska mätare som luxmeter för att mäta upp belysningen är ”Varför ska jag låta en mätare avgöra om jag ser bra, det ser jag bäst själv.” Det låter till en början förnuftigt, men resonemanget tar inte hänsyn till ett antal viktiga faktorer i sammanhanget. Människan har, som art betraktat, en unik förmåga att anpassa sig till olika förhållanden och dessutom trivas. Många av oss blir snabbt det vi i dagligt tal kallar för hemma-blinda i miljöer med bristande förhållanden.

Ett exempel är när man hos optikern får prova ett par glasögon med rätt styrka och förvånat utropar: ”Men vad bra jag ser, att man

kan se så här bra det hade jag glömt.” Det är ibland på samma vis vad gäller belysning. En person märker ofta inte hur mycket en ljuskälla bländat förrän någon släcker eller täcker över den. ”Oj vad skönt det var att slippa den, att jag inte tänkt på hur den bländar tidigare.”

Många arbetstagare har begränsade kunskaper om belysning, de inser ofta inte fullt ut hur mycket en befintlig belysning kan förbättras. Dessutom är sambandet med besvär som helt eller delvis orsakas av brister i syn- och belysningsförhållanden inte alltid uppenbart. Att smärta i nacken kan uppkomma till följd av felanvändning av progressiva glasögon vid datorarbete är många anställda som drabbats av så kallad gammacke omedvetna om.

Ett annat skäl är att man som ung har större möjligheter att kompensera för brister i syn och belysning. Muskler och leder tål då något högre grad av felbelastningar, ögonen klarar ett läsarbete i lägre belysningsstyrkor samt text och symboler med lägre kontraster mot bakgrunden. Tack vare den högre synskärpan klarar man också av att tolka snabbare förlopp. Med stigande ålder ökar svårigheterna i synarbetet helt naturligt men det kan vara svårt att erkänna att man blivit äldre. Ofta förnekar man problemen eller söker andra förklaringar till synsvårigheterna.

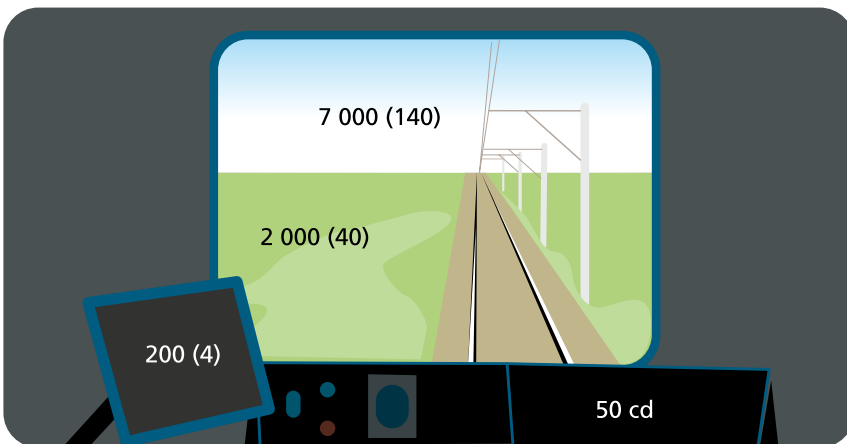
Sammanfattningsvis kan vi konstatera att upplevelsen av att se tillräckligt bra inte utesluter att syn- och belysningsförhållandena ändå kan förbättras väsentligt. Här kan objektiva mätningar ge god vägledning om hur stor förbättringspotentialen är men de kan inte ersätta, endast komplettera, kvalificerade subjektiva visuella bedömningar.

I standarden för inomhusbelysning, SS-EN 12464-1, anges rekommenderade belysningsstyrkor för ett stort antal typer av arbetsplatser och arbetsuppgifter exempelvis inom industri, sjukvård, kontor och undervisning. Men belysningsstyrkan säger i själva verket ganska lite om det ljus som faktiskt påverkar arbetstagarens synförmåga. Antalet lux anger visserligen hur mycket ljus som träffar arbetsobjektet men det säger mycket lite om hur mycket som reflekteras från objektet och in i betraktarens ögon. En spegelyta reflekterar nästan allt ljus tillbaka, medan en mattsvart yta endast

reflekterar marginella delar av samma mängd infallande ljus. Mörka arbetsobjekt behöver därför betydligt högre belysningsstyrkor.

Det är uppenbart att mängden ljus som reflekteras från arbetsobjektet, luminansen, är av större intresse än det infallande ljuset, belysningsstyrkan. Luminansen mäts med en luminansmeter. SS-EN 13032-1 anger hur mätningar av belysningsstyrkor och luminanser ska genomföras. Vanligen anges detta även i den manual som medföljer alla mätare från seriösa tillverkare.

I standarden SS-EN 12464-1 gällande belysning på arbetsplatser inomhus finns inga rekommendationer för luminansvärden motsvarande de som anges för belysningsstyrkor. Ögats förmåga att adaptera till olika ljusförhållanden är som nämnts ovan mycket stor. Lämpliga luminansvärden avgörs därför i hög grad av luminanser hos övriga ytor i synfältet. I SS-EN 12464-1 anges rekommendationer om ett förhållande i belysningsstyrkor mellan arbetsområdet och den omedelbara omgivningen som överensstämmer med det ideala förhållandet 5:3:1 som nämns ovan i avsnittet om kontrastbländning. Avvikelserna från dessa inbördes rekommenderade luminansförhållanden kan vara mycket stora (Figur 65).



Figur 65. Luminanser angivna i  $\text{cd}/\text{m}^2$ . Värden inom parentes anger kvoten av angivet värde dividerat med värdet 50 på instrumentbrädan. I vissa lok kan föraren utsättas för mycket kraftig kontrastbländning. Luminansen från himlen kan vara långt mer än hundra gånger högre än luminansen på instrumentbrädan, långt från det rekommenderade luminansförhållandet 5:3:1 i synfältet.



## Metodik vid inventering och analys av syn- och belysningsförhållanden

Som framgått av texten ovan beror synförhållanden på en arbetsplats på en mängd faktorer som kan delas in i syn, belysning, arbetsobjekt, det omgivande rummet och samverkan med kroppsställningar och kropps rörelser. För att få en helhetsbild måste man även betänka att alla dessa faktorer dessutom samverkar med varandra på olika sätt. Vid inventering av en arbetsplats finns därför goda skäl att följa en strukturerad undersökningsmetodik, eftersom en mängd parametrar behöver mätas upp och dokumenteras för en senare analys av förhållandena.

Valet av metodik beror självfallet på vilken typ av verksamhet som bedrivs. En praktisk synergonomisk inventering på ett företag bör planeras noggrant före genomförandet. Vad gäller belysningen ska följande noteras:

- Finns det tillgång till dagsljus och utblick?
- Är belysningsstyrkan tillräcklig i alla delar eller förekommer stora variationer mellan olika delar av arbetsplatsen?
- Är kontrasterna starka nog för god läsbarhet utan att ge upphov till kontrastbländning?
- Uppkommer någon annan form av bländning, reflexer eller skuggbildning?
- Är färgåtergivningen anpassad till verksamheten?
- Finns flimmer eller icke-visuell ljusmodulation?
- Är armaturerna rena, åtkomliga och skyddade mot oavsiktlig mekanisk påverkan?
- Är ljuskällorna i gott skick?
- Är arbetet synkrävande vad gäller synobjektens storlek, arbets- och synavstånd, egen eller delad arbetsplats, arbetsställningar, blickriktningar och arbetets tid över dagen?
- Hur frekvent förekommer behov av förändrad ljusadaptation, olika synavstånd, ögonrörelser och krav på färgseendet? Använder individen synhjälpmedel och finns behov av skyddsglasögon?

I Bilaga 2 finns en enkel checklista som kan användas av icke-specialister för inventering av synergonomi och belysning på arbetsplatsen. Det mer detaljerade protokollet i Bilaga 3 är i första hand avsett för ergonomer, arbetsmiljöingenjörer och andra specialister och det förutsätter tillgång till mätare för belysningsstyrka och luminans. I Bilaga 4 listas ett antal punkter för beställare av nya eller ändrade belysningsanläggningar att tänka på inför diskussioner med konsulter eller leverantörer.

## **Synergonomiska besvär i ett antal yrken**

### **Byggnadsarbetare**

På byggarbetsplatser finns en mängd synergonomiska problem såsom låga belysningsstyrkor, bländande arbetsljus från andra hantverkares arbetslampor, bländande dagsljus på långt håll, mörka omålade partier, dammiga miljöer, skiftande blickriktning vid arbete på olika höjder och läsning av ritningar med låg kontrast. Det förekommer även skaderisker vid snubbling och fall genom otäckta, dåligt markerade hål i golv.

### **Brevbärare**

Brevbärare har ofta två huvudsysselsättningar i sitt arbete, att sortera post och att dela ut densamma till adressaterna. Sorteringsarbetet görs normalt stående vid hyllor placerade ovanför varandra. Varje hylla har ett stort antal stående fack, ett för varje hushåll. Facket är märkt med hushållets eller företagets namn. Texten på adressaterna är med nödvändighet liten för att hålla hyllorna så samlade som möjligt. Dessutom förekommer ofta otydliga handskrivna adresser. Detta gör att brevbäraren ofta stannar upp i en statisk position för att läsa adressen. Det är svårt att skapa en jämn belysning på alla hyllor. Arbetet innebär ett antal olika synavstånd beroende på vilken hylla som brevbäraren betraktar och var på hyllan den aktuella adressaten finns placerad. I Figur 66 visas ett exempel på en väsentligt förbättrad belysning av postsorteringsfack.

Vid utdelning av försändelserna i framför allt trapphus inverkar flera synstörande faktorer såsom låg belysningsstyrka, trasiga



A

B

Figur 66. Postsorteringshyllor före (A) och efter (B) montering av asymmetrisk belysning.

lampor, handskrivna namnskyltar, sökande efter namn på dörrar, slarvigt skrivna adresser på försändelser, lågt placerade brevinkast och namnskyltar.

### Elektriker

Installationselektriker har arbetsförhållanden som liknar byggnadsarbetarnas. De har dock högre krav på färgseende vid arbete med färgade kablar och måste ofta läsa finstilt text på kablar, i kopplingskåp och på ritningar. Vid elinstallationer i tak krävs uppåtriktad blick, vilket medför starkt bakåtböjd nacke om det inte finns glasögon med optik för nära avstånd även i den övre delen av glasen. Detta hjälpmedel används även av exempelvis piloter och bilbesiktare.

### Svetsare

Svetsning är ett starkt synkrävande arbete. Svetslågan eller ljusbågen skapar höga luminanser som kräver hög dämpning. Då svetslågan eller ljusbågen inte är aktiverad sjunker luminansen omedelbart till en bråkdel. Detta synergonomiska dilemma löstes under många år med svärtade glasögon eller svetsvisir med mörkt



Figur 67. Den bild svetsaren ser genom ett elektrooptiskt visir innan ljusbågen tänds. När svetsningen börjar mörknar glaset omedelbart till en lagom nivå så att svetsaren kan se hur svetsarbetet fortlöper. Då svetsningen upphör blir glaset omedelbart ljus igen.

glas. En stor nackdel var att det mörka glaset måste föras in framför ögonen samtidigt som svetsaren behöll rätt position med svets-elektroden eller gaslågan.

En vanlig metod var att göra allt klart och sedan fälla ned det uppfällda visiret med en kraftig knyck framåt med huvudet. Att utföra denna knyck ett stort antal gånger per dag under flera års tid gav ibland upphov till besvär i nacke och skuldra, ibland kallat svetsar-whiplash.

Numera används allt oftare visir med ett inbyggt elektrooptiskt filter som aktiveras av att svetslågan eller ljusbågen tänds. Svetsaren ser då genom en näst intill glasklar ruta fram till att han börjar svetsa, då glaset på någon tusendels sekund antar en lagom mörk ton för att svetsaren ska kunna följa sitt svetsarbete. Hur mörkt glaset ska bli ställer svetsaren in själv med ett enkelt reglage i visiret. Denna svenska uppfinning har inneburit en stor synergonomisk förbättring för svetsarkåren världen över.

## Målare

Arbetet liknar delvis det som utförs av byggnadsarbetare och elektriker, men kräver mer exakt motorik med långsamma rörelser samt hög koordination mellan synarbete och motorik. Det är lätt hänt att skugga arbetsytan eftersom man arbetar över stora ytor och behöver

flytta ljuskällan ofta. Det finns hög risk för dåliga kontraster i skuggade partier medan kontrastblandning kan uppkomma mellan nyss målade och ännu omålade ytor.

### Tandläkare

Tandläkare har ett starkt behov av att se arbetsområdet, patientens mun och tänder. Detta synarbete kan vara besvärligt och kan kräva att tandläkaren ändrar kroppsställning flera gånger för att kunna se rätt område i munhålan. Arbetet kräver höga luminanser på grund av de svaga kontrasterna vid borrar och slipning i emaljen och vid bearbetning av kompositmaterial och emalj. Oftast behöver man se mycket små detaljer. Utan synhjälpmedel tvingas en tandläkare oftast arbeta med starkt nedböjt huvud. Ett praktiskt synhjälpmedel för att minska nackvinkeln påtagligt har beskrivits i avsnittet Synhjälpmedel.

### Kirurger

Vid medicinska operationer används starka ljuskällor för att kirurgen ska se alla detaljer skarpt. Allmänbelysningen är normalstark, cirka 500–1 000 lx, medan punktbelysningen i arbetsområdet kan ligga runt 100 000 lx (Figur 68).

Luminanserna påverkas i samma riktning, 200–400 cd/m<sup>2</sup> i ljuset från allmänbelysningen medan punktbelysningen kan komma upp i storleksordningen 30 000 cd/m<sup>2</sup>. Rekommendationen för maximal luminans ur komfortsynpunkt är 2 000 cd/m<sup>2</sup> – vid 10 000 cd/m<sup>2</sup> når man riskzonen för näthinnepåverkan. Bildskärmar och displayer till viss apparatur placeras på grund av utrymmesbrist ofta högt upp eller i periferin vilket innebär påfrestningar för såväl



Figur 68. I operationsområdet är belysningsstyrkorna mycket höga. Notera även kirurgernas starkt framåtböjda huvuden och bländningen från de vita handskarna.

synen som rörelseapparaten. Kirurger har besvärande brister i sin synergonomi, vilket även kan påverka patientsäkerheten om kirurgen ser sämre än nödvändigt och dessutom blir trött i ögonen och kroppen på grund av undermåligt ljus.

### **Tjänstemän**

Flertalet tjänstemannagrupper har datorn som huvudsakligt arbetsredskap. Bildskärmen placeras ibland rakt mot fönster så att stark kontrastbländning uppkommer både dagtid mot alltför ljus bakgrund och under den mörka delen av dygnet då fönstret är alltför mörkt. En bildskärm ska därför om möjligt placeras vinkelrätt mot fönstret så att användaren inte utsätts för denna risk för kontrastbländning (se Figur 30A och 63B).

Det är också vanligt att tjänstemän använder vanliga progressiva glasögon eller att glasögon inte alls används trots att graden av åldersseende kräver detta. Följden blir ibland olämpliga och statiska kroppsställningar.

Det finns flera fördelar med positiv kontrast (mörk text mot ljus bakgrund). Bildskärmen är till övervägande del ljus och medelluminansen överensstämmer bättre med omgivande ytor i normalt upplysta lokaler. Därmed behålls också graden av ljusadaptation oavsett om tjänstemannen tittar på skärmen eller exempelvis på ett manus. Infallande ljus från ljuskällor och ljusa ytor som vita detaljer i klädseln reflekteras väsentligt mindre än från de stora mörka ytorna på skärmen som förekommer vid negativ kontrast.

### **Synergonomiska behov inom några tjänstemannayrken**

*Lärare* har behov av god synskärpa på varierande avstånd, från läs-avstånd och bildskärmsavstånd, till elever från första till sista bänk, och upp till flera tiotals meter för att upptäcka var insatser behövs under rasten. Goda synförhållanden underlättar lärarens möjligheter att läsa av stämningen i klassen utifrån minspel och oroligt beteende. Det blir då lättare hantera störningar i ett tidigt skede. Tendenser till bländning förekommer relativt ofta i klassrum eftersom läraren är vänd mot eleverna som oftast sitter med fönstren i ryggen eller vid

sidan. Under vinterhalvåret kan lågt stående sol under de första och sista lektionerna nå långt in i klassrummen och skapa reflexer och tendenser till bländning. Felplacerade spotlights och belysning för whiteboardtavlor kan skapa direkt eller indirekt bländning. Tillgången på dagsljus kan vara begränsad i låga skolbyggnader där yttertakets skjuter ut långt utanför ytterväggen och skärmar av dagsljusinfallet genom fönstren. Dagsljusstillgången påverkar inte bara lärarens vakenhetsgrad utan också elevernas inläring och koncentrationsförmåga.

*Journalister* arbetar ofta under tidspress och med förhöjda stressnivåer, vilket kan leda till omedvetet förhöjd muskelanspanning i nacke och skuldra. Arbetet utförs ibland med hjälp av bärbara datorer i miljöer som inte är anpassade för datorarbete och detta kan medföra ogynnsamma arbetsställningar.

*Administrativ personal* har ofta datorarbete som huvudsyssla och den sammanlagda arbetstiden vid datorn kan uppgå till ett stort antal timmar per dag. Arbetsställningen är ofta likartad över hela arbetsdagen, liksom synavståndet och blickriktningen. Arbetet är vanligtvis betydligt mindre fysiskt varierat än för lärare och journalister. Detta ökar behovet att på eget initiativ variera kroppsställning och synavstånd genom att resa sig och gå runt lite samt vila ögonen på ett föremål längre bort eller blunda.

### **Några övriga yrken**

Synergonomiska besvär för truckförare och för serveringspersonal har behandlats i avsnittet Bländning.

## **Synergonomiska riktlinjer och undersökningsmetodik**

### **Mynaks riktlinjer för synergonomi**

Myndigheten för arbetsmiljökunskap (Mynak) publicerade år 2021 omfattande riktlinjer för synergonomi. Riktlinjerna är främst avsedda för företagshälsovårdens personal och arbetsmiljökonsulter men även andra grupper och individer som har som mål att skapa goda synergonomiska förhållanden. Prevents olika checklistor refereras i riktlinjerna som utmärkta verktyg i sådant arbete.

## VERAM

Sedan ett antal år har det utarbetats en ny svensk metod för att undersöka synergonomiska förhållanden. Metoden kallas VERAM (Visual Ergonomics Risk Assessment Method) och har utvecklats i samarbete mellan Belastningsskadecenter i Gävle, Lunds Universitet och Arbetsmiljöverket. VERAM består av en subjektiv del där arbetstagaren besvarar enkätfrågor. Dessutom ingår en objektiv del där en utbildad bedömare mäter ljuset, gör riskbedömningar för den visuella miljön samt avslutar med ett åtgärdsförslag. Metoden kräver en utbildning i synergonomisk riskbedömning vilken tillhandahålls regelbundet av projektet. Kontaktperson är Hillevi Hemphälä vid Lunds Universitet. Kurskostnaden kan ses som ett alternativ till kostnader för sjukfrånvaro och muskuloskeletala besvär orsakade av syn- och belysningsrelaterade brister.

## Utbildningar inom belysningsdesign

*Jönköpings Universitet:* Här finns en 3-årig utbildning till Ljusdesigner. Den innehåller kurser inom gestaltning och belysnings teknik men även mer allmänna kurser som projektledning, byggprocess, marknadsföring och ekonomi. En målsättning är att ett belysningsförslag från en ljusdesigner ska erbjuda funktionella och genomtänka tekniska lösningar som visuellt höjer upplevelsen av rummet, med stort fokus på hållbarhet.

*Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm:* Lighting Design Lab vid Institutionen för arkitektur vid högskolan för arkitektur och samhällsbyggnad har sedan många år ett framgångsrikt masterprogram; "Architectural Lighting Design". Här krävs en relevant universitetsexamen för antagning. Programmet är inriktat på ljusplanering baserad på visuell, fysisk och biologiskt erfarenhet och kunskap som tillämpas på design, teknik och hälsa.



## Standarder för syn och belysning

Standarder kan vid en första anblick tyckas kostsamma. Men de ska ses som ett verktyg vilket som helst som underlättar arbetet och sparar tid och pengar. Beprövade metoder och utformningsanvisningar har här utvärderats och rekommenderats av experter inom området. Genom att ange att tillverkning och produktutformning följt standarden ifråga får produkten också ett mervärde för kunden. Nedan anges de viktigaste av ett stort antal standarder gällande syn och belysning.

<b>SS-EN 12464-1</b>	Ljus och belysning av arbetsplatser – Del 1: Arbetsplatser inomhus
<b>SS-EN 12464-2</b>	Ljus och belysning av arbetsplatser – Del 2: Arbetsplatser utomhus
<b>SS-EN 13032-1</b>	Ljus och belysning – Mätning och presentation av fotometriska data för ljuskällor och ljusarmaturer – Del 1: Mätning och filformat
<b>SS-EN 13032-2</b>	Ljus och belysning – Mätning och presentation av fotometriska data för ljuskällor och ljusarmaturer – Del 2: Presentation av data för arbetsplatser inomhus och utomhus
<b>SS-EN 15193</b>	Byggnaders energiprestanda – Energikrav för belysning
<b>SS-EN 17037</b>	Dagsljus i byggnader
<b>SS-EN 1838</b>	Belysning – Nödbelysning
<b>SS-EN 166</b>	Ögonskydd – Fordringar och specifikationer

## **Referenslitteratur (förutom standarder)**

### **Dagsljuskrav och utblick på arbetsplatsen: Effekter på hälsa och beteende**

Arbetsmiljöverket. Kunskapssammanställning 2019:2.

### **En bok om belysning**

Lars Starby, Ljuskultur, Stockholm 2006

### **Ljus och hälsa. En kunskapssammanställning om dagsljusets betydelse i inomhusmiljö.**

Folkhälsomyndigheten. 2017. Artikelnummer: 03573-2017

### **Icke bindande handbok för god praxis avseende tillämpning av direktiv**

2006/25/EG, Artificiell optisk strålning

### **IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness**

LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers.  
IEEE Std 1789™-2015

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

Ljuskultur, Stockholm

### **Riktlinjer för synergonomi – belysning och synförhållanden på arbetsplatsen.**

Myndigheten för arbetsmiljökunskap (Mynak).  
ISBN 978-91-986461-7-7 Publicerad år 2021  
(kan laddas hem från [www.mynak.se/publikationer](http://www.mynak.se/publikationer))

### **Seende och ljusstrålning**

Anders Liljefors, Kungliga Tekniska Högskolan 2000

### **Ut ur mörkret; ljusets och belysningens kulturhistora**

Jan Garnert, Historiska media 2016

### **Ögat och synen**

Jan Ygge, Karolinska University Press, Stockholm 2011  
[www.belysningsbranschen.se](http://www.belysningsbranschen.se)

## **Arbetsmiljöverkets föreskrifter:**

### **AFS 2023:10** Risker i arbetsmiljön

Avd IV Hälsosfarliga eller onödigt tröttande fysiska belastningar

6 kap. Belastningsergonomi

Avd VII Strålning

12 kap. Artificiell optisk strålning

### **AFS 2023:11** Arbetsutrustning och personlig skyddsutrustning – säker användning

1 kap. Allmänna bestämmelser

2 kap. Användning av arbetsutrustning

3 kap. Användning av bildskärmar

15 kap. Val och användning av personlig skyddsutrustning

## Ordlista

<b>Ackommodation, ackommodera</b>	Ögats anpassning till olika synavstånd
<b>Astigmatism</b>	Ojämn optisk brytning i ögat i vertikal- och horisontalled
<b>Belysningsstyrka</b>	Förhållandet mellan ljusflödet på en yta och ytans storlek; lux (lx)
<b>Bländtal</b>	Grad av risk för bländning från en eller flera ljuskällor, dimensionslös i en skala från 13–25, 25 högst bländning
<b>Cylindrisk</b>	Den vertikala belysningsstyrkan oavsett varifrån detta ljus kommer i rummet
<b>Dynamiskt omfång (syn)</b>	Intervall mellan det ljussvagaste och det ljusstarkaste synintryck där människan fortfarande kan uppfatta nyanser
<b>Flimmar</b>	Tidsberoende, oftast regelbundna snabba variationer i ljusflödet från en ljuskälla
<b>Fotoreceptor</b>	Ljuskänslig sennescell i näthinnan
<b>Färgåtergivning</b>	En ljuskällas förmåga att återge färger korrekt, dimensionslös i en skala från 1–100
<b>Färgtemperatur</b>	Ljuskärg, Kelvin (K)
<b>HF-armatur</b>	HF = High Frequency, armatur med elektroniska driftdon, medför i praktiken flimmerfritt ljus
<b>Icke-visuellt flimmer</b>	Tidsberoende variationer i ljusflödet med så hög frekvens att de inte uppfattas på medveten nivå. Detta utesluter inte att de kan påverka vissa individer på annat vis, till exempel diffust obehag eller migrän
<b>Infällnadsram</b>	Ram för montage av armaturer, till exempel LED-paneler i undertak. Vissa typer kan användas för ökad infällningsgrad för att minska bländning i sidled
<b>Jämnhet</b>	Kvoten mellan den lägsta belysningsstyrkan och medelbelysningsstyrkan i en lokal

<b>Kontrast</b>	Graden av luminansskillnad mellan olika ytor
<b>Kontrastreduktion</b>	Minskning från optimal kontrast mellan ljusa och mörka ytor
<b>Konvergens</b>	Samordning av ögonens blickriktning
<b>Kromatisk aberration</b>	Orsakar visuell oskärpa på grund av ljus med olika våglängd
<b>LED</b>	Lysdioder ( <i>Light Emitting Diode</i> ), i belysnings-sammanhang vanligen ett antal högeffekts-dioder i en enskild ljuskälla eller armatur
<b>LED-plattor</b>	LED-baserade armaturer, ofta 60x60 cm, som monterats direkt mot innertaket eller som pendlade armaturer
<b>Ljusflöde</b>	En ljuskällas "ljuseffekt", mäts i lumen (lm)
<b>Ljusadaptation</b>	Ögats anpassning till rådande luminanser
<b>Ljusfördelningskurva</b>	Grafisk presentation av de våglängder en ljuskälla avger
<b>Ljusmodulation</b>	Tidsmässigt regelbundna variationer i ljusflödet från en ljuskälla
<b>Ljusstyrka</b>	Fysikaliska grundstorheten för ljus, enhet candela (cd)
<b>Ljusutbyte</b>	Mängd ljus som produceras per antal förbrukade watt, lumen/W
<b>Luminans</b>	En ytas ljusstyrka i riktning mot betraktaren (cd/m <sup>2</sup> )
<b>Magnetdons-armaturer</b>	Armatur med magnetiskt driftdon
<b>Närprogressiva glasögon</b>	Glasögon för synavstånd upp till cirka 1 m
<b>Närpunkt</b>	Det kortaste avstånd där en individ kan se ett föremål skarpt
<b>Närsynthet</b>	God synskärpa på korta avstånd, sämre på långa
<b>Opaliserad</b>	Ljusgenomsläpplig men mjölkvit yta
<b>Phantom array</b>	Ett visuellt intryck av att en till synes stabil ljuskälla uppfattas som ett pärlband då blicken sveper över objektet

<b>Prismatiska glasögon/ prismaglas</b>	Glasögon som vinklar blickriktningen i höjded eller sidled
<b>Progressiva glasögon</b>	Glasögon med steglöst oftast ökande brytkraft från övre till nedre delen i glaset
<b>Polariserande glasögon</b>	Glasögon som endast släpper igenom ljus i en polarisationsutbredning
<b>Reflektans</b>	Anger hur stor del av infallande ljus som faller på en yta som reflekteras
<b>Rumsprogressiva glasögon</b>	Glasögon för synavstånd upp till cirka 4 meter
<b>Spektrum (ljus)</b>	Uppdelning av ljuset i olika våglängder
<b>Stroboskopeffekt</b>	I ljus bestående av korta ljuspulser kan ett föremål som rör sig konstant tyckas förflytta sig ryckigt, långsammare, till och med stå still
<b>Synfält</b>	Det område som i ett givet ögonblick kan observeras
<b>Temporalbländning</b>	Bländning till följd av stora skillnader i belysningsstyrka vid förflyttning mellan olika positioner, lokaler, etc.
<b>TLA, Temporal Light Artefacts</b>	Visuella upplevelser vid ett instabilt ljusflöde
<b>UGR, Unified Glare Rating</b>	Bländtal, anger risk för bländning
<b>Vanliga progressiva glasögon</b>	Se progressiva glasögon
<b>Översynthet</b>	God synskärpa på långa avstånd, sämre på mycket korta

## REKVISITION

BESTÄLLNING till Legitimerad Optiker.

Avser synundersökning och om behov föreligger av särskilda arbetsglasögon.

Företag: \_\_\_\_\_

Beställare: \_\_\_\_\_

Ort: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

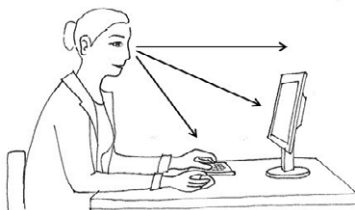
Fakturaadress: \_\_\_\_\_

Avdelning/ Kostnadsställe: \_\_\_\_\_

Kostnader enligt avtal **exkl.moms**

### Antal bildskärmar

- 1   
2 eller fler



### Datorarbete - fyll i avstånden nedan i cm

Rumsavstånd cm

(t.ex. möten)

Bildskärm cm

(alla skärmar på arbetsplatsen)

Tangentbord cm

Övrigt cm

(t.ex. manushållare)

### Arbetsglasögon

(Fyll i vilken sorts glasögon som önskas)

	ja	nej
Bildskärmsarbete	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Annat _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(vilken sort?)		
Skyddsglasögon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### DEN ANSTÄLLDAS PERSONDATA:

Anst. Nr: \_\_\_\_\_ Namn: \_\_\_\_\_

Personnr: \_\_\_\_\_ Avdelning: \_\_\_\_\_

### Kvitteras:

Synundersökning: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

**momsfri**

Arbetsglasögon mottagna: \_\_\_\_\_ Namnteckning: \_\_\_\_\_

Företag: \_\_\_\_\_ Orgnr: \_\_\_\_\_ Adress: \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_

Tag gärna med ett foto på arbetsplatsen som glasögonen skall vara anpassade till. Fotot ska innehålla t.ex. skrivbord, fönster, takbelysning och helst individen som ska göra synundersökning arbetandes vid arbetsplatsen.

## Bilaga 2

### Enkel checklista belysning/synergonomi för icke-specialister

Du kan skriva ut checklistan i A4-format från [www.prevent.se](http://www.prevent.se)

**Bedömningen kan antingen gälla en verksamhet/lokal där flera arbetstagare arbetar eller förhållandena för en enskild person. Gör först bedömningen för verksamheten som helhet och vid behov därefter för enskilda arbetstagare.**

Datum: ..... Undersökare: .....

Företag/avdelning/lokal: .....

Vems arbetsplats (om bedömningen gäller en enskild arbetstagare):

.....

#### Dagsljus

1. Finns dagsljus tillgängligt?

Ja (för alla)  Delvis (för vissa)  Nej (inte alls)

2. Finns möjligheter att se ut?

Ja (för alla)  Delvis (för vissa)  Nej (inte alls)

3. Finns möjlighet att lätt skärma av besvärande solljus?

Ja (för alla)  Delvis (för vissa)  Nej (inte alls)

Kommentar (t.ex. för vilka?): .....

#### Bedömning av belysningsförhållanden

4. Känns belysningen bländande vid någon arbetsplats?

Ja (för alla)  Delvis (för vissa)  Nej (inte alls)

Kommentar (t.ex. för vilka, var?): .....

5. Förekommer reflexer eller blänk i arbetsytorna?

Ja (för alla)  Delvis (för vissa)  Nej (inte alls)

Kommentar (t.ex. för vilka, var?): .....

6. Känns allmänbelysningen alltför svag?

Ja (för alla)  Delvis (för vissa)  Nej (inte alls)

Kommentar (t.ex. för vilka, var?): .....

7. Förekommer störande skuggor?

Ja (för alla)  Delvis (för vissa)  Nej (inte alls)

Kommentar (t.ex. för vilka, var?): .....



Övrigt

8. Finns trasiga ljuskällor?  Ja  Nej

Om Ja, var? .....

9. Är armaturerna påtagligt smutsiga?  Ja  Nej

Om Ja, var? .....

10. Finns tillräckliga möjligheter att reglera belysningen individuellt?

Ja (för alla)  Delvis (för vissa)  Nej (inte alls)

Kommentar (t.ex. för vilka, var?): .....

11. Finns det indikation på att någon av ljuskällorna avger icke-visuellt flimmer? (Till exempel genom upplevda besvär, mobilfoto, app eller tekniska specifikationer)

Ja (för alla)  Delvis (för vissa)  Nej (inte alls)

Kommentar: .....

### Bildskärmsarbete

12. Ange arbetstagarens blickriktning i förhållande till fönster:

dagsljuset rakt in i ögonen, risk för bländning

dagsljuset bakifrån, risk för blänk i bildskärmen

dagsljuset från sidan, att föredra

13. Förekommer speglingar i bildskärmen från ljuskällor eller fönster?

Ja  Nej

14. Är tecknen på skärmen skarpa?  Ja  Nej

15. Är tecknen på skärmen tillräckligt stora?  Ja  Nej

16. Har tecknen på skärmen tillräcklig kontrast?  Ja  Nej

17. Är blickriktning något nedåtriktad mot bildskärmen?  Ja  Nej

Personalens kommentarer om belysningen och synergonomin:

.....  
.....

Övriga kommentarer:

.....  
.....

Behövs en mer noggrann undersökning av syn- och belysnings-situationen?  Ja (för alla)  Delvis (för vissa)  Nej (inte alls)

Kommentar (t.ex. för vilka, vad, var?): .....

.....

Prevent – Syn och belysning

### Bilaga 3. Detaljerad checklista belysning/ synergonomi, i första hand för ergonomer/ arbetsmiljöingenjörer och andra specialister

Du kan skriva ut checklistan i A4-format från [www.prevent.se](http://www.prevent.se)

Bedömningen kan antingen gälla en verksamhet/lokal där flera arbetstagare arbetar eller förhållandena för en enskild person. Gör först bedömningen för verksamheten som helhet och vid behov därefter för enskilda arbetstagare.

Datum: ..... Undersökare: .....


Företag/avdelning/lokal: .....


Vems arbetsplats (om bedömningen gäller en enskild arbetstagare):  
.....


#### Arbetsplatsens utformning


I rutan till höger kan arbetsplatsen skissas sedd uppifrån. Markera med symbolerna nedan.

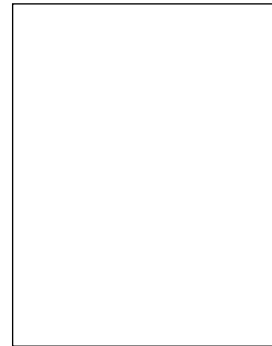
a) Arbetsobjektet, t.ex.

b) Arbetstagarens normala position. 

c) Riktning dagsljusinfall. 

d) Placering armatur takbelysning. 

e) Placering armatur platsbelysning. 



#### Beskrivning av rummet/lokalen (om relevant)

Längd .....m Bredd: .....m Takhöjd: .....m

Färgsättning (glansigt/matt, ljust/mörkt, skarpt/neutralt):

Golv: ..... Väggar: ..... Tak: .....

#### Belysning

1. Vilken typ av ljuskällor finns i lokalen?

Lysrör  Kompaktlysror  Energisparlampor  Glödlampor

LED  Kvicksilverlampor  Högtrycksnatrium  Vet ej

## Om LED

2. Består den huvudsakliga belysningen av infällda LED-armaturer?

Ja  Nej  Vet ej

3. Om så är fallet, upplevs plattorna som bländande mot innertaket?

Ja  Nej  Vet ej

4. Går de att blända av genom infällningsramar eller annan fysisk avskärmning?

Ja  Nej  Vet ej

## Om lysrör

5. Ange om möjligt lysrörens märkning (t.ex. 36 W 840) .....

6. Har armaturerna glimtändare?  Ja  Nej  Vet ej

7. Har något lysrör börjat blinka oregelbundet?

Ja  Nej  Vet ej

8. Har takarmaturerna

bara uppljus?  bara nedljus?  både upp- och nedljus?

9. Har takarmaturerna bländskydd/raster/lameller?

Ja  Nej  Vet ej

Kommentar: .....

## Ljusbemätningar (ange ungefärliga medelvärden)

### Belysningsstyrkor

Arbetsområde (centralt synfält): ..... lx

Omedelbar omgivning (näraliggande område): ..... lx

Yttre omgivning (perifert synfält): .....lx

Mörkaste yta i arbetsområdet: ..... lx

Jämnhet: ..... / ..... = .....

(jämnhet = mörkaste ytan / medel på arbetsområdet;

till exempel 180 lx / 600 lx = 0,3)

### Luminanser

Arbetsområde (centralt synfält): ..... cd/m<sup>2</sup>

Omedelbar omgivning (näraliggande område): ..... cd/m<sup>2</sup>

Yttre omgivning (perifert synfält): ..... cd/m<sup>2</sup>

Golv: ..... cd/m<sup>2</sup> Väggar: ..... cd/m<sup>2</sup> Tak: ..... cd/m<sup>2</sup>

**Flimmer**

10. Finns det indikation på att någon av ljuskällorna avger icke-visuellt flimmer? (Till exempel genom upplevda besvär, direktvisande instrument, mobilfoto, app eller tekniska specifikationer)

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar: .....

**Dagsljus**

11. Finns tillfredsställande dagsljus?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

12. Finns tillräckliga utblicksmöjligheter?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

13. Finns möjlighet att lätt skärma av besvärande solljus?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

**Bedömning av belysningsförhållandena**

14. Är ljusets riktning tillfredsställande?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar: .....

15. Är kontrasterna tillfredsställande?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar: .....

16. Är fördelningen god mellan ljusa och mörka ytor (luminanskvoterna)?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar: .....

17. Är någon del av belysningen bländande?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Om Ja, var? .....

18. Förekommer reflexer eller blänk i arbetsytorna?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Om Ja, var? .....

19. Förekommer störande skuggor?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Om Ja, var? .....

20. Är belysningen alltför svag?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Om Ja, var? .....

21. Finns tillräckliga möjligheter att reglera belysningen individuellt?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar: .....

22. Uppfyller ljuskällornas färgåtergivning de krav arbetet ställer?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar: .....

23. Fungerar färgsättningen för personer med färgsinnesdefekter?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar: .....

24. Finns störande skuggbildning i gemensamma delar av lokalen?

Ja     Nej

Om Ja, var? .....

25. Varierar belysningsstyrkan kraftigt mellan olika delar av lokalen?

Ja     Nej

Om Ja, var? .....

### **Underhåll**

26. Finns trasiga ljuskällor?     Ja     Nej

Om Ja, var? .....

27. Är armaturerna påtagligt smutsiga?     Ja     Nej

Om Ja, var i lokalen? .....

28. Förekommer flimmer eller brumljud från anläggningen?

Ja     Nej

Kommentar: .....

### **Bedömning av synkrav och arbetsställningar**

29. Är arbetet synkrävande?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar (t.ex. krävs någon åtgärd, för vem?):

.....

30. Är arbetsställningarna rimliga?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar: .....

31. Bär arbetstagaren progressiva glasögon eller linser?

Ja     Nej

Kommentar (t.ex. medför det problem?): .....

32. Är behovet av synhjälpmedel tillgodosedda?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar: .....

33. Är behovet av skyddsglasögon tillgodosett?

Ja (för alla)     Delvis (för vissa)     Nej (inte alls)

Kommentar: .....

34. Vilket helhetsintryck ger den visuella miljön i lokalen?

Rörigt     Harmoniskt

Kommentar: .....

### **Bedömning av bildskärmsarbete (gäller en enskild arbetstagare)**

35. Ange arbetstagarens blickriktning i förhållande till fönster:

- dagsljuset rakt in i ögonen, risk för bländning
- dagsljuset bakifrån, risk för blänk i bildskärmen
- dagsljuset från sidan, att föredra

36. Förekommer speglingar i bildskärmen från ljuskällor eller fönster?

Ja     Nej

37. Är tecknen på skärmen skarpa?     Ja     Nej

38. Är tecknen på skärmen tillräckligt stora?     Ja     Nej

39. Har tecknen på skärmen tillräcklig kontrast?

Ja     Nej

40. Är blickriktning något nedåtriktad vid bildskärmsarbete?

Ja     Nej

41. Har arbetstagaren bakåtlutad nacke vid bildskärmsarbetet?

Ja     Nej

42. Medför färgsättningen i de program som används några synproblem, t.ex. för personer med färgsinnesdefekter?     Ja     Nej

Kommentar: .....

Spontana kommentarer från personalen om belysningen och synergonomin på arbetsplatsen

.....

### **Övriga kommentarer**

Behöver åtgärder vidtas? Behov av att upprätta en handlingsplan?

.....

## **Bilaga 4. Att tänka på vid planering av ny eller ändrad belysning – kom ihåg-lista för beställare inför diskussioner med konsulter/leverantörer**

- Vilka verksamheter ska den nya belysningsanläggningen planeras för?  
.....  
.....

- Finns det några särskilt synkrävande arbetsuppgifter att ta hänsyn till?  
.....  
.....

- Är armaturplaceringen flexibel, så att armaturerna lätt kan anpassas till arbetsplatserna vid framtida omdisponeringar av lokalerna?  
.....  
.....

- Är ljusnivåerna bra på de enskilda arbetsplatserna (arbetsområdet, omedelbara omgivningen, yttre omgivningen)?  
.....  
.....

- Är ljusfördelningen bra på de enskilda arbetsplatserna (arbetsområdet, omedelbara omgivningen, yttre omgivningen)?  
.....  
.....

- Kan belysningsstyrkan lätt regleras?  
.....  
.....

- Finns risk för störningar på grund av bländning, reflexer, ogynnsam skuggbildning?  
.....  
.....

- Hur dimmas ljuskällorna? Om det sker med pulsviddsmodulering (PWM), med vilken frekvens? Om den är lägre än 1 200 Hz, överväg annan ljuskälla eller dimmerteknik.  
.....  
.....

- Är ljuskällornas ljusfärg och färgsättningen på ytor lämpligt valda?  
.....  
.....
- Är gemensamma områden (personalrum, passager, trapphus med mera) bra ljussatta?  
.....  
.....
- Är det lätt att komma åt armaturerna för rengöring och byte av trasiga ljuskällor? Finns plan för underhåll?  
.....  
.....
- Uppfyller anläggningen alla myndighetskrav? Finns några särskilda säkerhetsaspekter att beakta?  
.....  
.....
- Hur påverkas pågående verksamhet under installationstiden?  
Hur länge?  
.....  
.....
- Finns nödbelysning?  
.....  
.....
- Tas miljöhänsyn?  
.....  
.....
- Är energihushållning inkluderat i planeringen?  
.....  
.....
- Finns möjlighet att provhänga armaturerna före slutgodkännande?  
.....  
.....