

Razsvetljava z umetno svetlobo

Svetloba je nujno potrebna

Uporaba našega čutila za vid in s tem naš kontakt z okolico sta neločljivo povezana s svetlobo.

Svetloba je nujno potrebna

Sonce kot vir svetlobe, ki nas spremlja vse od naših začetkov ima eno veliko pomanjkljivost: ponoči ne sveti.

Svetloba je nujno potrebna

Da bi podaljšal dan in s tem imel več možnosti za delo, zabavo, razvoj ..., je človek že zelo zgodaj začel uporabljati umetne vire svetlobe.

Svetloba je nujno potrebna

Danes je razsvetljava z umetnimi viri svetlobe nepogrešljiv del našega življenja

Videti in razločiti

Če želimo predmete videti oziroma jih razločiti, morajo biti izpolnjeni vsaj 4 pogoji:

Videti in razločiti

Minimalna svetlost: stvari ki jih pri sončni svetlobi razločimo brez težav v mraku dobesedno izginejo.

Videti in razločiti

Minimalen kontrast: Če želimo objekt zaznati, mora imeti ali drugačno barvo ali drugačno svetlost od okolice.

Videti in razločiti

Minimalna velikost: Predmeti morajo biti dovolj veliki, da jih vidimo oziroma razločimo.

Videti in razločiti

Minimalen čas: Zaznavanje s pomočjo vida potrebuje določen čas. Stvari, ki se prehitro spreminjajo, ne moremo detajlno zaznati.

Osnovna naloga razsvetljave

Osnovna naloga razsvetljave z umetno svetlobo je zagotoviti ustrezne vidne pogoje:

- ustrezno svetlost in
- ustrezno enakomernost svetlosti.

Svetloba: faktor produktivnosti

Dobra svetloba prinese večjo produktivnost, kvaliteto in varnost pri delu.

Svetloba: faktor produktivnosti

Svetloba motivira za večje udejstvovanje pri delu.

Svetloba: faktor produktivnosti

Slaba svetloba pomeni večjo utrujenost: pri normalnih pogojih vida se 25% energije porabi za delovanje živčnega sistema. Pri slabih pogojih pa precej več. Utrujenost zato nastopi prej.

Svetloba: faktor produktivnosti

Dobra razsvetljava je rentabilna investicija.

Sodobna razsvetljava prinese:

- zmanjšanje stroškov zaradi manj napak in poškodb;
- povečanje produktivnosti zaradi boljše motivacije;
- povečanje kvalitete zaradi boljše koncentracije pri delu.

Optimalna razsvetljava

Prioritete optimalne razsvetljave.

Poleg:

- vidne sposobnosti in
- vidnega udobja je danes prioriteta razsvetljave tudi
- vizualni ambient

Lastnosti dobre razsvetljave

• Vidna sposobnost

- Izvajanje vidnih nalog

Kako točno in kako hitro lahko izvajamo zadane vidne naloge.

Lastnosti dobre razsvetljave

• Vidno udobje

- Dobro počutje

Videti oziroma gledati pri udobnih pogojih:

brez naprezanja, prevelikega truda in utrujenosti.

Lastnosti dobre razsvetljave

• Vizualni ambient

Razpoloženje in občutje

Prostor okoli sebe doživljamo pozitivno: ni nas strah, okolje je stimulirajoče, ...

Lastnosti dobre razsvetljave

• Vidna sposobnost

• Vidno udobje

• Vizualni ambient

Glede na uporabo in izgled prostora, mora razsvetljava bolj ali manj poudariti posamezne skupine lastnosti.

Lastnosti dobre razsvetljave

• Vidna sposobnost

Nivo osvetljenosti (svetlost)

Omejevanje bleščanje

• Vidno udobje

Harmonična porazdelitev svetlosti

Barva in reprodukcija barve

• Vizualni ambient

Barva svetlobe

Smer svetlobe

Senčnost (sence)

Nivo osvetljenosti -svetlost

Svetlost prostora je odvisna od osvetljenosti površin in njihove odsevnosti (p).

Nivo osvetljenosti -svetlost

Primeri odsevnosti:

Bela stena: 85%

Svetel lesen opaž: 50%

Rdeča opeka: 25%

Nivo osvetljenosti -osvetljenost

Čim manjše so odsevnosti in čim bolj zahtevna je vidna naloga, tem večja mora biti osvetljenost.

Zahtevnost vidne naloge je odvisna tudi od barve oziroma odsevnosti npr. teksta in podlage.

Nivo osvetljenosti -osvetljenost

Pri načrtovanju razsvetljave izhajamo torej iz potrebne osvetljenosti posameznih (npr. delovnih) nalog oz. površin.

Nivo osvetljenosti -osvetljenost

Standardi (npr. SIST prEN 12464) podajajo potrebne osvetljenosti delovnih mest za različne vrste del oziroma nalog.

Nivo osvetljenosti -osvetljenost

V standardu je navedena vzdrževana osvetljenost -torej vrednost, pod katero osvetljenost na delovni nalogi (površini) v nobenem primeru ne sme pasti.

Nivo osvetljenosti -osvetljenost

Pri tem se podatek o osvetljenosti nanaša na osvetljenost na konkretni delovni nalogi (delovni površini, delovnem mestu).

Nivo osvetljenosti -osvetljenost

Nekaj okvirnih vrednosti:

- gibanje na prostem: 30 lx
- gibanje, orientacija, občasno bivanje 100 lx
- občasno delo 150 lx
- opravila pri majhnih zahtevah videnja 300 lx
- opravila pri povprečnih zahtevah videnja 500 lx
- opravila pri večjih zahtevah videnja 750 lx
- opravila pri velikih zahtevah videnja 1000 lx
- opravila pri posebnih zahtevah videnja 1500 lx
- zelo natančne vidne naloge nad 2000 lx

Nivo osvetljenosti -osvetljenost

Predpisane vrednosti za posamezne prostore (primeri)

- koncertne dvorane: 100 lx
- knjižnice 200 lx
- čitalnice 500 lx
- pisarne (splošno) 500 lx
- stopnišča in hodniki 150 lx, 100 lx

- učilnice in predavalnice 500 lx
- risalnice 750 lx
- laboratoriji 500 lx
- operacijske dvorane (mesto operacije) nad 10000 lx

Nivo osvetljenosti – enakomernost osvetljenosti

Podane vrednosti osvetljenosti so vedno povprečne vrednosti in sicer prostorske povprečne vrednosti, ker je osvetljenost v različnih koncih prostora različna

Da pa v prostoru ne pride do prevelikih razlik med svetlimi in temnimi deli je v standardu definirana tudi enakomernost osvetljenosti.

Nivo osvetljenosti – enakomernost osvetljenosti

Prostorska enakomernost osvetljenosti se podaja kot:

$$U = E_m / E_{sr}$$

pri čemer je:

E_m

... najmanjša izmerjena osvetljenost v prostoru

E_{sr}

...povprečna vrednost osvetljenosti (vseh meritev)

Nivo osvetljenosti – enakomernost osvetljenosti

Zahtevana enakomernost osvetljenosti za delovne naloge (površine) je: $U=0,7$

Nivo osvetljenosti – enakomernost osvetljenosti

Pri prostorski enakomernosti osvetljenosti je potrebno upoštevati tudi osvetljenosti sosednjih prostorov.

Priporočeno razmerje med osvetljenostmi sosednjih prostorov je 1:5.

Pri večjih razmerjih namreč lahko nastopijo težave z adaptacijo oči (prilagoditev na svetlost okolice -potreben je čas) pri prehodu iz prostora v prostor.

Nivo osvetljenosti -časovna enakomernost osvetljenosti

Osvetljenost prostora s časom pada: staranje in odpoved svetlobnih virov, prah, zmanjšanje odsevnosti površin ...

Nivo osvetljenosti -časovna enakomernost osvetljenosti

Razsvetljavno napravo običajno načrtujemo tako, da je osvetljenost v začetku približno 25% večja od potrebne ($E_{sr}=1,25 \cdot E_n$).

Ko povprečna vrednost osvetljenost pade pod minimalno dopustno vrednost (definirano v standardu), je razsvetljavno napravo potrebno obnoviti.

Nivo osvetljenosti – posebne zahteve

V določenih primerih je potrebno zagotoviti večjo osvetljenost prostora oziroma delovne površine, kot pa je priporočena oziroma predpisana vrednost:

- na delovnem mestu so prisotni nenormalno nizki kontrasti,
- težje vidne naloge,
- nujno zmanjšanje števila napak pri delu,
- točnost in produktivnost dela sta zelo pomembna,
- vidna sposobnost delavcev je pod povprečjem.

Nivo osvetljenosti – posebne zahteve

Večja osvetljenost omogoča ustrezno izvrševanje težjih vidnih nalog.

Pri večjem kontrastu je tekst lažje brati.

Če pa je kontrast premajhen, pa je potrebno povečati osvetljenost, da dosežemo enako učinkovitost branja

Črno na belem: 95% učinkovitost branja pri 250 lx

Črno na sivem: 95% učinkovitost branja pri 1000 lx

Nivo osvetljenosti – posebne zahteve

Relativna sposobnost vida oziroma njegova učinkovitost torej narašča z povečano osvetljenostjo:

a ... črno na belem

b ... črno na sivem.

Nivo osvetljenosti – posebne zahteve

Utrujenost delavcev pada s povečano osvetljenostjo.

Če se pri osvetljenosti 20 lx vsi delavci počutijo utrujene, se jih pri osvetljenosti 1000 lx le še 25%.

Nivo osvetljenosti -osvetljenost neposredne okolice

Osvetljenost neposredne okolice delovne naloge mora biti usklajena z osvetljenostjo delovne naloge, tako da zagotavlja ustrezno porazdelitev svetlosti.

Pod neposredno okolico delovne naloge (površine) se šteje tisti del, ki ga ima delavec med opravljanjem dela v svojem vidnem polju oziroma vsaj 0,5m pas okoli delovne površine.

Nivo osvetljenosti -osvetljenost neposredne okolice

Ustrezno razmerje med osvetljenostjo delovne naloge in neposredne okolice je:

Osvetljenost delovne naloge (lx)	Osvetljenost neposredne okolice (lx)
>750	500
500	300
300	200
<200	Edn

Nivo osvetljenosti -osvetljenost neposredne okolice

Zahtevana enakomernost osvetljenosti za neposredno okolico delovne naloge (površine) je:
 $U=0,5$

Omejevanje bleščanja

Bleščanje slepi (fiziološko bleščanje) in povzroča utrujenost (psihološko bleščanje).

Omejevanje bleščanja

Bleščanje povzročajo svetle (svetleče) površine v vidnem polju. Najbolj neugodne so v področju od 45° naprej.

Omejevanje bleščanja

Bleščanje se da odpraviti oz. omejiti s pravilnim načrtovanjem razsvetljave.

Omejevanje bleščanja

Pri načrtovanju razsvetljave je potrebno upoštevati predvsem:

- razporeditev delovnih mest,
- zahtevano osvetljenost,
- izbor svetil glede na svetlosti površin,
- razporeditev svetil.

Omejevanje bleščanja

Standard SIST prEN 12464 podaja za vsako vrsto dela dovoljeno stopnjo bleščanja, ki je definirana s pomočjo indeksa bleščanja UGR (Unified Glare Rating):

Formula

Omejevanje bleščanja

Formula

L_b ... svetlost ozadja v cd/m^2 , izračunana iz izraza $E_{ind}/.$, kjer je E_{ind} vertikalna indirektna osvetljenost pri opazovalčevem očesu.

L ... svetlost svetleče površine vsake svetilke v smeri opazovalčevega očesa podana v cd/m^2 .
 ω ... prostorski kot (v steradianih) svetlečega dela vsake svetilke glede na opazovalčevo oko.
 p ... Guth-ov indeks glede na položaj vsake od svetilk (odmik svetilke od linije pogleda)

Omejevanje bleščanja

Standard SIST prEN 12464 podaja za vsako vrsto dela največji dovoljeni faktor UGR.

Omejevanje bleščanja

Bleščanje lahko povzročajo tudi okna oziroma svetlobniki, v kolikor se nahajajo v vidnem polju. V takem primeru je potrebno predvideti ustrezna senčila.

Omejevanje bleščanja -odsev

Bleščijo lahko tudi odsevi: svetila oziroma svetle površine odsevajo od gladkih površin na delovnem mestu

Omejevanje bleščanja -odsev

Odsevno bleščanje zmanjša tudi uporaba nesvetlečih oziroma hrapavih (mat) površin.

Omejevanje bleščanja -odsev

Odseve lahko zmanjšamo tudi z ustrezno smerjo svetlobe. Pri vpadu svetlobe od strani, svetloba tudi odseva v stran, pri vpadu od spredaj pa blešči.

Omejevanje bleščanja -odsev

Pri načrtovanju razsvetljave je torej potrebno paziti na položaj svetil oziroma delovnih mest

Omejevanje bleščanja -odsev

Svetle površine oziroma svetila lahko odsevajo tudi v slikovnih zaslonih, kar je še posebej moteče.

Omejevanje bleščanja -odsev

Pri sodobnih slikovnih zaslonih so dopustne svetlosti svetil pri kotih nad 65° do 1000 cd/m².

Harmonična porazdelitev svetlosti

Velike razlike v svetlosti predmetov v vidnem polju zmanjšujejo vidne sposobnosti in povzročajo nelagodje, zato niso dopustne.

Svetlost mize oziroma delovne ploskve ne sme biti manjša od 1/3 svetlosti dokumenta, ki ga prebiramo. Podobno velja tudi za svetlost okolice proti svetlosti mize (delovne ploskve).

Tu gre za okolico, ki je širša od neposredne okolice delovne naloge, ki je definirana v standardu.

Harmonična porazdelitev svetlosti

Tudi razlike med svetlostjo vidne naloge in oddaljenimi ploskvami ne smejo biti prevelike (10:1 oziroma celo samo 5:1)

Harmonična porazdelitev svetlosti

Premajhne razlike v svetlosti tudi niso priporočljive, ker v tem primeru prostor deluje dolgočasno.

Harmonična porazdelitev svetlosti

Prevelike razlike v svetlosti pa delujejo preveč trdo in dramatično.

Zaradi tega se v takem prostoru težko sprostimo in smo hitreje utrujeni.

Harmonična porazdelitev svetlosti

Pri pravilni porazdelitvi svetlosti prostor ne deluje monotono in tudi ne utruja.

Harmonična porazdelitev svetlosti

K boljši porazdelitvi svetlosti prispevajo:

- uporaba splošne razsvetljave (naravnane na delovno mesto);
- delno indirektna razsvetljava;
- razmerje med Emin/Epov vsaj 1/1,5
- ne premajhne odsevnosti površin (strop vsaj 70%, stene vsaj 50%, tla vsaj 20%)

Harmonična porazdelitev svetlosti

Pri višji odsevnosti sten in stropa je tudi poraba električne energije za razsvetljavo manjša.

a: strop: 80%

stene: 70%

tla: 30%

b: strop:

70%

stene: 50%

tla: 20%

c: strop: 30%

stene: 30%

tla: 10%

direktna in indirektna razsvetljava

Harmonična porazdelitev svetlosti

Primer svetlosti v delovnem okolju (v cd/m²)

Barva svetlobe

Ljudje svet okoli nas ne doživljamo samo "temno -svetlo" ampak tudi v barvah!

Barvo svetlobe največkrat podajamo s pomočjo temperature barve (v kelvinih).

Barva svetlobe

Barva je po CIE določena z dvema barvnima koordinatama x (delež rdeče) in y (delež zelene). Koordinati $x=0,333$ in $y=0,333$ definirata točko beline. V barvnem trikotniku so zajete vse realne barve.

Barva svetlobe

Če (kovinski) predmet segrevamo, začne oddajati energijo v obliki vidne svetlobe. Najprej je temno rdeč, nato njegova barva prehaja preko oranžne in rumene v belo in na koncu v modro. Torej lahko določene barve opišemo s temperaturo, ki jo ima predmet, ko žari v določeni barvi.

Barva svetlobe

Karakteristične barve svetlobe električnih virov:

- navadna žarnica: 2700K
- halogenska žarnica: 3000K
- fluo -ww (toplo bela): 3000K
- fluo -nw (nevtralno bela): 4000K
- fluo -tw (dnevno bela): 6000K

Barva svetlobe

Glede na obnašanje naravne svetlobe, na katerega smo najbolj prilagojeni je ustrezna barva svetlobe:

- svetloba nižje barvne temperature (3000K) za prostore, kjer so osvetljenosti manjše in
- svetloba višje barvne temperature (5000K) za prostore, kjer so osvetljenosti večje.

Reprodukcija barve

Svetlobni viri z enako barvo svetlobe imajo lahko različno spektralno vsebino in s tem reprodukcijo barve. Na podlagi barve svetlobe ni mogoče oceniti reprodukcijo barve.

Reprodukcija barve

Spektralna vsebina svetlobe določa barvni videz predmetov.

Reprodukcija barve

Še nekoliko bolj ekstremen primer:

Sončna svetloba: $R_a=100$ NT Na sijalka: $R_a=0$

Reprodukcija barve

Standard SIST prEN 12464 podaja za vsako vrsto dela tudi potreben faktor reprodukcije barve R_a .

Barva svetlobe in Reprodukcija barve

Smer svetlobe in senčnost

Smer svetlobe pogojuje sence na opazovanem predmetu, te pa omogočajo lažje plastično (3D) zaznavanje predmeta.

Smer svetlobe in senčnost

Direktno usmerjena svetloba, skoraj vzporedna z opazovano ploskvijo pokaže vse neravnine na njej.

Pri difuzni svetlobi, ki je pravokotna na opazovano površino, neravnine precej težje (če sploh) opazimo.

Smer svetlobe in senčnost

Lahko pa sence tudi motijo pri delu, če je svetloba tako usmerjena, da se sence nahajajo v področju dela.

Smer svetlobe in senčnost

Smer svetlobe oziroma sence so odvisne od oblike svetilke (porazdelitev svetilnosti) ter njihove razporeditve v prostoru.

Smer svetlobe in senčnost

En sam svetlobni vir meče trde sence, ki lahko popačijo predmet

Dva svetlobna vira iz različnih smeri dasta boljšo sliko o predmetu.

Svetlobni viri razporejeni v dolgi ravni črti dajo mehke in zabrisane sence.

Smer svetlobe in senčnost

Pri razsvetljavi notranjih prostorov moramo doseči uravnotežene sence z mehкими robovi. Če senc ni, je oteženo plastično zaznavanje predmetov, če so pretemne, lahko popačijo sliko predmeta.

Smer svetlobe in senčnost

Temne sence popačijo dojemanje predmeta. Če senc ni, predmet ne moremo dojemati plastično.

Sence so torej potrebne, vendar pa ne smejo biti preostre in pretemne.

Smer svetlobe in senčnost

Za določena opravila (na primer kontrolo kakovosti površine) namenoma izberemo smer svetlobe, ki da v primeru hrapave površine temne in ostre sence. S tem olajšamo ali sploh omogočimo delavcu ustrezno opravljanje vidne naloge brez prevelikih naporov.

Smer svetlobe in senčnost

V delovnih prostorih delovna mesta običajno postavljamo tako, da je smer dnevne svetlobe ustrezna (prihaja od levo -zgoraj). V takih primerih je potrebno umetno razsvetljavo tudi prilagoditi tej razporeditvi. Uporabimo linijske svetilke, razporejene paralelno z okni, ki omogočajo, da lahko preostre sence zaradi močne dnevne svetlobe omilimo.

Smer svetlobe in senčnost ter Smer svetlobe in bleščanje

Narobe:

Svetloba od spredaj se odbija od delovne površine naravnost v oči in blešči.

Narobe:

Pri svetlobi od zadaj telo meče senco na delovno površino in tako zmanjšuje osvetljenost.

Narobe: Pri svetlobi z desne si pri pisanju z desno roko delamo senco, ki moti.

Pravilno:

Svetloba z leve strani se odbije od delovne površine mimo oči pa tudi sence ni.

Za konec

Načrtovanje notranje razsvetljave je zahtevna naloga, pri kateri moramo upoštevati vsaj:

- svetlost oziroma osvetljenost prostora;
- bleščanje in njegovo omejevanje;
- ustrezno porazdelitev svetlosti;
- barvo svetlobe in reprodukcijo barv ter
- smer svetlobe in sence.

...in še:

Vprašanja?