

2. KAKOVOST RAZSVETLJAVE

Prostori, ki jih osvetljujemo z umetnimi viri svetlobe, morajo biti osvetljeni tako, da svetloba omogoča uspešno opravljanje vseh vidnih nalog in ne utruja oči, da je gospodarna in za oko prijetna. Razsvetljavo moramo prilagoditi zahtevam dela in prostoru zagotoviti ustrezno stopnjo varnosti.

Umetno razsvetljavo notranjih prostorov je treba izvesti tako, da bo na eni strani ustrezala svetlobnotehničnim zahtevam in da se bo na drugi strani – v okviru kompleksnega arhitektonskega oblikovanja – harmonično vklopila v celoten prostor. Faktorji kakovosti razsvetljave so:

- nivo osvetljenosti,
- enakomernost osvetljenosti,
- porazdelitev svetlosti,
- omejitvev bleščanja,
- smer upada svetlobe in senčnost,
- barvna klima in
- omejitvev stroboskopskega efekta.

2.1 NIVO OSVETLJENOSTI

Brez primerne svetlobe ne vidimo pravilno. Vizualna predstavitev temelji na nivoju osvetljenosti. Tako si je potrebno najprej zagotoviti ustrezno osvetljenost. Tudi stene, strop, tla vplivajo na nivo osvetljenosti v nekem prostoru.

V tabeli 2.1 so podani predlogi nazivne osvetljenosti. Podatki so bili izmerjeni na višini delovne površine 0,85 m. Z leti, ko se staramo, tudi vid peša. To dejstvo je potrebno upoštevati v prostorih za izobraževanje starejših ljudi. Potrebno je namreč upoštevati večjo osvetljenost $E_n = 500 \text{ lx}$ za normalne razrede.

Pomembna je tudi zagotovitev visoke vertikalne osvetljenosti E_v , predvsem na šolskih tablah.

Tip prostora	Osvetljenost E_n / lx	Indeks barvnega videza R_a
Razredi	300 lx	75
Razredi za večerno učenje in odrasle	500 lx	75
Kemijski laboratoriji	500 lx	75
Delavnice	500 lx	75
Tehnično risanje	750 lx	75
Večnamenski prostori	300 lx	75
Hodniki, stopnišča	100 lx	75

Tabela 2.1: Predlogi nazivne osvetljenosti v šolskih prostorih.

Merilo osvetljenosti je povprečna osvetljenost, saj nam je jasno, da ne moremo v vseh točkah prostora doseči popolnoma enake osvetljenosti. Osvetljenost določimo računsko, kontroliramo pa jo kasneje z meritvijo.

Pri projektiranju je treba vrednost nazivne osvetljenosti pomnožiti s faktorjem zaprašenosti in staranja.

2.2 ENAKOMERNOST OSVETLJENOSTI

Ločimo časovno in krajevno enakomernost razsvetljave. Na časovno enakomernost velikokrat ne moremo vplivati, razen če je le-ta posledica stroboskopskega efekta. Na nihanja omrežne napetosti lahko le deloma vplivamo s pravilnim dimenzioniranjem tokokrogov.

Krajevna enakomernost osvetljenosti je odvisna od razmerja med osvetljenostjo najslabše osvetljenega mesta v prostoru in srednjo osvetljenostjo prostora. Večje stopnje neenakomernosti osvetljenosti zmanjšujejo vidne sposobnosti in predvsem povzročajo utrujenost. Tudi med sosednjimi prostori naj bo razsvetljava enakomerna, zlasti če je promet ljudi zelo pogost (npr. risalnica - hodnik - risalnica).

2.3 PORAZDELITEV SVETLOSTI

Vidni pogoji so tem boljši, čim manjše so razlike svetlosti med delovno površino in okoliškimi površinami. Iz psiholoških in fizioloških vzrokov so določeni kontrasti (razlike v svetlostih v vidnem polju so sicer nujno potrebni, vendar pa preveliki kontrasti niso zaželeni, ker povzročajo zmanjšanje vidnih zmogljivosti in celo utrujenost.

Najnižji nivo osvetljenosti ne bi smel biti nižji od 60 % (nazivna) oziroma nikoli pod 180 lux.

2.4 OMEJITEV BLEŠČANJA

Direktna moteča svetloba je posledica prekomerne svetlosti iz svetlobnega polja. Vzrok tega je lahko neprimerna svetloba ali nekontrolirana dnevna svetloba.

Bleščanje lahko povzročijo svetlobni viri oziroma svetilke (direktno bleščanje) ali pa refleksi na zrcalnih površinah (refleksno bleščanje).

Direktno bleščanje je odvisno predvsem od:

- svetlosti svetilk,
- števila svetilk in velikosti svetlečih površin svetilk v vidnem polju,
- položaja svetilk v vidnem polju,
- svetlosti površin neposredne in posredne okolice svetilk.

Ker so torej svetlosti svetilk glavni povzročitelji direktnega bleščanja, je treba predvsem omejiti svetlosti svetilk, če želimo obdržati bleščanje v mejah znositnosti.

Refleksno bleščanje se izraža v obliki motečih refleksov na gladkih (zrcalnih) površinah. To vrsto bleščanja odpravljamo z zmanjševanjem svetlosti svetilk in svetlobnih virov in s tako namestitvijo svetilk, da smer odbite svetlobe, ki se reflektira od zrcalne površine, ne sovpada s smerjo gledanja. V glavnem pa refleksno bleščanje zmanjšamo s tem, da predvidimo take površine delovnih mest, papirja, tipk pisalnih strojev in podobno, ki so izdelane iz materiala v matirani izvedbi.

2.5 SMER VPADA SVETLOBE IN SENČNOST

Od smeri vpada svetlobe je odvisna senčnost, ki pa je pomembna za razpoznavanje predmetov. Smer sevanja umetne razsvetljave moramo prilagoditi smeri vpada dnevne svetlobe, zato zelo pogosto obešamo svetilke asimetrično (šolski prostori).

Ostrost in kontrast senc prilagajamo zahtevam z izbiro načinov razsvetljave, razporeditvijo svetilk, izbiro svetilk ipd.

2.6 BARVNA KLIMA

Barvna klima imenujemo psihofizične učinke, ki nastanejo pod vplivom svetlobe in barv.

Z ugodno barvno klimo dosežemo vidno ugodje in dobro razpoznavanje predmetov. Za dosego ugodne barvne klime sta najpomembnejša faktorja:

- barva svetlobe in
- barvna reprodukcija.

- Barva svetlobe

Najpogosteje uporabljamo za določanje barve svetlobe barvno temperaturo (tabela 2.2). Svetlobne vire delimo zaradi lažjega razlikovanja na:

- svetlobne vire tople barve (ww),
- svetlobne vire bele barve (nw) in
- svetlobne vire barve dnevne svetlobe (tw).

Osnovna skupina barve svetlobe		Karakteristična
naziv	oznaka	barvna temperatura
Topla barva	ww	3000 K
Bela barva	nw	4000 K
Barva dnevne svetlobe	tw	6000 K

Tabela 2.2: Barvna temperatura.

Tip prostora	Barva svetlobe
Razredi	ww / nw
Kemijski laboratoriji	ww / nw
Delavnice	ww / nw
Tehnično risanje	ww / nw
Večnamenski prostori	ww / nw
Hodniki, stopnišča	ww / nw

Tabela 2.3: Predlogi barve svetlobe v šolskih prostorih

- Barvna reprodukcija

Barvna reprodukcija pomeni učinek svetlobnega vira na barvni videz predmeta. Svetlobni vir z enakomernim barvnim spektrom daje najboljšo barvno reprodukcijo. Vedno pogosteje uporabljamo za označevanje in vrednotenje lastnosti barvne reprodukcije svetlobnih virov splošni indeks barvnega videza R_a , ki je določen po primerjalni metodi in ima lahko najvišjo vrednost 100, kar pomeni najugodnejšo spektralno porazdelitev svetlobnega vira.

Kar zadeva označevanje barvne reprodukcije virov, ločimo iz praktičnih razlogov štiri stopnje barvne reprodukcije. Vsaki stopnji ustreza določeno področje indeksa R_a , kot je to razvidno iz tabele 2.4.

Stopnja barvne reprodukcije	Indeks barvnega videza R_a
1A	90 - 100
1B	80 - 85
2A	70 - 80
2B	60 - 70
3	40 - 60
4	20 - 40

Tabela 2.4: Vrednosti indeksa barvnega videza

-Barva svetlobe in barvna reprodukcija

Barva svetlobe in barvna reprodukcija svetlobnih virov predstavljata osnovni komponenti barvne klime prostora. Obe komponenti sta med seboj tesno povezani in ju moramo zato pri projektiranju vedno skupno obravnavati, če želimo ustvariti tako barvno klimo prostora, da bo razsvetljava ugodno učinkovala.

2.7 OMEJITEV STROBOSKOPSKEGA EFEKTA

Pri virih na razelektrenje nastopajo nihanja svetlobnega toka, ki nastanejo kot posledica izmenične napetosti. Ta nihanja so neugodna, ker povzročajo motnje ali celo vidne zmote. Vidno zmoto, pri kateri se nam zdi predmet, ki rotira, kot mirujoč ali pa se nam zdi, da rotira z večjo ali manjšo hitrostjo v isti ali nasprotni smeri, imenujemo stroboskopski efekt. Slednji lahko predstavlja izvor nevarnosti za ljudi. Zaradi tega moramo stroboskopski efekt odpravljati. To storimo:

- z uporabo duo spoja pri fluorescenčnih sijalkah,
- z uporabo elektronskih predstikalnih naprav pri fluorescenčnih sijalkah,
- s trifaznim priključevanjem svetilk.

Pri trifaznem priključevanju sta sosednji svetilki priključeni na različni fazi.

3. RAZSVETLJAVA V ŠOLAH

Razsvetljava mora zagotoviti dobre vidne pogoje na delovni ravnini in šele nato ustvariti tako atmosfero, ki bo ugodno vplivala na delovni učinek in na prijetno počutje v prostoru.

Prostori, ki jih osvetljujemo s svetlobnimi viri, morajo biti osvetljeni tako, da svetloba omogoča uspešno opravljanje vseh vidnih nalog in ne utruja oči, da je gospodarna in za oko prijetna.

Šolske prostore osvetljujemo danes v glavnem s fluorescenčnimi sijalkami in svetilkami, ki jih uporabljamo tudi za poslovne prostore. Ker je višina stropov relativno majhna, uporabljamo sedaj kar stropne svetilke, pri tem moramo paziti, da ne pride do direktnega bleščanja. Paziti moramo, da svetloba pada na klop z leve strani.

Za razsvetljavo šolskih prostorov uporabljamo svetilke za enakomerno razsvetljavo, ki usmerjajo svetlobo v vse smeri precej enakomerno, tako da je od 40 do 60 % usmerjena v spodnji oz. od 60 do 40 % v zgornji polprostor.

3.1 ŠOLSKI RAZREDI

V šolskih razredih je poleg obvezne splošne razsvetljave, ki naj bi znašala 300 lx oziroma 500 lx, priporočljivo namestiti tudi dodatno razsvetljavo šolske table (250-500 lx vertikalno). Umetno razsvetljavo normalnega šolskega razreda s klasično razporeditvijo sedežev je treba izvesti na osnovi naslednjih smernic:

- po možnosti predvidimo svetilke s fluorescenčnimi sijalkami;
- svetilke namestimo paralelno z okni, in to praviloma vedno izven osi nizov klopi (nizi svetilk pomaknjeni proti oknom);
- prvi niz svetilk (po možnosti svetlobni trak) namestimo nad levim robom niza sedežev, in sicer na strani oken;
- drugi oziroma tretji niz svetilk (svetlobni trak) po možnosti namestimo nad levim robom notranjih nizov sedežev; namestitev niza svetilk nad sedeži ni zaželeno, ker povzroča refleksno bleščanje;
- uporabljati smemo samo take svetilke, ki ne povzročajo direktnega bleščanja;
- svetilke z golimi fluorescenčnimi sijalkami je dovoljeno uporabiti le v izjemnih primerih, npr. tedaj, ko gradbeni elementi prostora (preklade, zaslonke in podobno) zastirajo svetlobne vire in s tem preprečujejo tako direktno kot tudi refleksno bleščanje;
- šolsko tablo je treba osvetliti s pomočjo posebnega svetlobnega traku, ki naj bo montiran paralelno s tablo. Oddaljenost svetlobnega traku od šolske table določimo na osnovi lastnosti izbranih svetilk.

V sodobnih šolah sedeži iz pedagoških razlogov niso več klasično razporejeni in tudi razredi nimajo več klasične oblike. Sodobni šolski prostori so namreč arhitektonsko tako izvedeni, da je mogoče spreminjati njihovo velikost in namembnost in s tem tudi razporeditev sedežev.

S spreminjanjem velikosti in namembnosti prostorov pa nastajajo večji deljivi prostori, v katerih seveda dnevna svetloba ne zadošča več. Spričo tega postaja razsvetljava sodobnega šolskega prostora (razreda) čedalje bolj podobna načinu osvetlitve velikopovršinskih birojev. Kadar so šolski prostori klimatizirani, moramo predvideti tudi integracijo razsvetljave in klimatizacije (integrirani sistem). Za sodoben šolski razred spremenljive velikosti znaša priporočeni nivo osvetljenosti 1000 lx. Tak nivo je potreben zato, da v dnevnem času sedeži, ki so od oken najbolj oddaljeni, nimajo slabših vidnih pogojev od sedežev, ki so bližje oknom.



Slika 3.1: Razsvetljava v šolskih razredih.

RAZSVETLJAVA ŠOLSKE TABLE

Kljub množični uporabi novih rekvizitov, je tabla še vedno centrično vizualni objekt učilnice. Vsaka stvar, ki se zapiše na tablo, pa mora biti razločno vidna iz vsake klopi. Vertikalna osvetljenost v liniji 1.2 m nad tlemi naj bi zato znašala od 250 - 500 lx. Primerna rešitev je stropna razsvetljava. Svetilke so nameščene paralelno s tablo po njeni celotni širini. Odsevi zrcalnih podob se ne smejo videti z nobene šolske klopi.



Slika 3.2: Primer razsvetljave šolske table.

3.2 PREDAVALNICE

Predavalnice ter ostali prostori so predvsem odvisni od umetne razsvetljave. Predavalnica je prostor, kjer je funkcionalnost razsvetljave zelo pomembna. Tukaj je velik poudarek na vertikalni in horizontalni razsvetljavi tal.



Slika 3.3: Primer razsvetljave v predavalnicah.

Predavalnice so pogosto brez oken ali pa jih moramo občasno zatemniti (npr. predstavitev filmov). Iz tega razloga je treba pri tej vrsti prostorov upoštevati naslednje:

- za branje in pisanje zadošča osvetljenost 500 lx;
- razsvetljava ne sme povzročati bleščanja;
- razsvetljava naj bo tako izvedena, da obstaja možnost regulacije nivoja osvetljenosti pri demonstracijah in prikazovanju projekcij filmov in diapozitivov;
- podije, mize za eksperimente in zidne plošče je treba dodatno osvetliti (dodatna razsvetljava).

Posluževalni elementi za posamezne skupine svetilk in za regulacijo svetlobe naj bodo nameščeni na pultu za predavanja.

Stopnišča in koridorji morajo biti opremljeni z orientacijsko razsvetljavo.

3.3 KONFERENČNE DVORANE

Nekatera podjetja uporabljajo prav posebne prostore za tečaje. Ti so namensko opremljeni, hkrati pa imajo tudi primerno prilagojeno razsvetljavo. Zato takšne prostore uporabljajo za različne namene. Tukaj potekajo sestanki, konference, predavanja in seminarji.

Razsvetljava v konferenčnih, sejnih ali seminarskih prostorih se mora ravnati po nekaterih zelo pomembnih parametrih: naravne svetlobne razmere na kraju samem, zahteve, ki jih postavljajo same predavitve in mediji, zgradba prostora in izbrani stoli ter njihova usmerjenost v prostoru. V konferenčnih dvoranah mora razsvetljava predvsem ustvariti ugodno atmosfero v celotnem prostoru. Pogosto je priporočljiva kombinacija fluorescenčnih sijalk in žarnic. Za predavanja in za prikazovanje projekcij je zaželena tudi regulacija svetlobnega toka s pomočjo elektronskih regulatorjev.



Slika 3.4: Postavitev svetilk v konferenčnih dvoranh.

Kontrolirana razsvetljava, ki je omogočena z ročnim spreminjanjem svetlosti v samem prostoru, omogoča osnovno razsvetljavo in daje dobre kontraste svetlobe na dokumentih ter zaslonu.

Če kombiniramo reflektorje za neposredno razsvetljavo, je tako sistem sposoben omogočati primerno razsvetljavo, ki je primerna za poslovne sestanke, tečaje in prezentacije.

3.4 PROSTORI ZA IZOBRAŽEVANJE ODRASLIH

Danes je neprestano izobraževanje pomembno. Tehnologija, delo in postopki dela se stalno spreminjajo. Način nove tehnologije pa je potrebno spoznati. Danes starejši, tudi v privatnem življenju, iščejo možnosti izobraževanja, ki jih niso dobili v mladosti.



Slika 3.5: Primer razsvetljave v prostorih za izobraževanje odraslih.

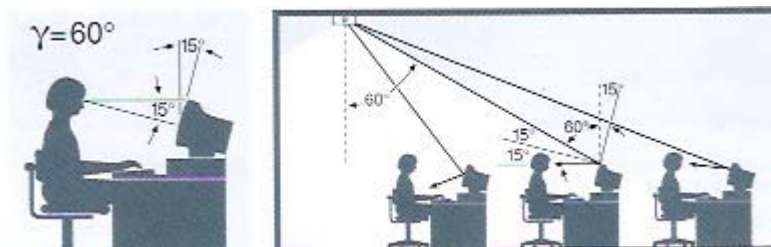
Opremljenost prostorov vpliva tudi na izobraževanje odraslih. Danes je veliko šolskih institucij, ki imajo prostore posebej opremljene za posamezne vrste tečajev.

Pomembno je vedeti, da starejši potrebujejo trikrat več svetlobe ob učenju kot mlajši. Zato je potrebno upoštevati tri kriterije pri načrtovanju in oblikovanju prostorov za izobraževanje odraslih:

- nazivna osvetljenost naj bi bila 500 lx,
- nadzor moteče svetlobe bi moral zadostovati največjemu kakovostnemu razredu A,
- vertikalna osvetljenost naj bi omogočala ustrezno svetlost sten.

3.5 UČILNICE S SLIKOVNIMI ZASLONI

V teh učilnicah se je potrebno posvetiti posebni namestitvi razsvetljave. Namen tega je zagotoviti dijakom dobre vizualne sposobnosti za skoncentrirano delo brez utrujajočega občutka napetosti ob samem delu.



Slika 3.6: Z nagibom zaslona pod kotom 15° se izognemo odsevnem bleščanju.

Moteči odsevi v učilnicah s slikovnimi zasloni (na ekranih, tipkovnicah, delovnih pripomočkih) predstavljajo resen problem, kajti uničujejo dijakove vizualne sposobnosti, povzročijo prezgodnjo utrujenost, povečajo napake in nenatačnost pri samem delu. Takšne posledice pa lahko resno izpodrinejo motivacijo dijaka.

Standard zahteva, da je lahko svetlost svetilke, oken, stropov, sten in opreme, ki lahko svetijo na ekran največ $200 \text{ cd} / \text{m}^2$, in sicer v kritičnih kotih.



Slika 3.7: Primer razsvetljave v učilnicah s slikovnimi zasloni.

3.6 LABORATORIJI ZA KEMIJO, FIZIKO IN BIOLOGIJO

V teh prostorih naj bi bila osvetljenost na tabel 750 lx, osvetljenost prostora pa naj bi znašala 500 lx. To so nominalni pogoji, ki so minimalen predpogoj za učinkovito uporabo teh prostorov.

Glede na tipe aktivnosti (eksperimenti, oblikovanje, delo povezano s tridimenzionalnimi objekti, tehnični objekti ali orodja), ki se izvajajo, bi morali biti pozorni na vertikalno osvetljenost. Večja vertikalna osvetljenost pozitivno vpliva na obliko in globino senc. To pa omogoča boljšo trodimenzionalno vidljivost in nudi boljši vizualni komfort (ugodje).



Slika 3.8: Primer razsvetljave v laboratoriju za biologijo



Slika 3.9: Primer razsvetljave v laboratoriju za fiziko



Slika 3.10: Primer razsvetljave v laboratoriju za kemijo

Svetilke v teh laboratorijih omogočajo dobre vizualne pogoje za vsako klop v učilnici.

3.7 PISARNE

Za klasični tip biroja (pisarno) je značilno, da je razporeditev miz orientirana pravokotno na steno z oknom. Vpad dnevne svetlobe narekuje položaj delovnega mesta in s tem tudi smer gledanja. Refleksno bleščenje v tej vrsti prostorov odpravimo tako, da fluorescenčne sijalke orientiramo paralelno z okenskim zidom in s tem tudi paralelno s smerjo gledanja. Svetilk ne smemo montirati točno nad mizami, zlasti pa ne nad glavami oseb. Pri dveh ali več nizih svetilk moramo prvi niz svetilk namestiti na oddaljenosti 0,7 m od zida, drugi niz pa naj bo od prvega oddaljen za približno 3 m (v odvisnosti od globine prostora). Če v teh prostorih predvidimo svetlobne trakove s fluorescenčnimi sijalkami, je mogoče npr. pri višini montaže svetilk od 2 do 2,5 m z dvema fluorescenčnimi sijalkami ustvariti srednjo horizontalno osvetljenost med 350 in 750 lx, kar je seveda odvisno od tipa izbrane svetilke predvidene moči fluorescenčne sijalke.

Včasih je treba razmestitev svetilk prilagoditi modulu razporeditve oken. V takem primeru projektiramo razsvetljavno napravo tako, da pri določevanju razmestitve izhajamo iz modula razporeditve oken in iz zahtevane osvetljenosti za največji prostor objekta, nato tako določeno razmestitev svetilk predvidimo tudi v drugih, manjših prostorih.



Slika 3.11: Postavitev svetilk v klasičnih in kombiniranih pisarnah.

3.8 KNJIŽNICE

Dobri vizualni pogoji vzpodbujajo obiskovalce k bolj intenzivni uporabi dostopnih informacij. Dobra razsvetljava je pomembna v knjižnicah, saj je dober pregled med knjižnimi policami bistvenega pomena, omogoča namreč dobro koncentracijo.

Svetlo obarvane stene, stropi, tla in dober odsev polic omogočajo boljšo vertikalno osvetljenost in pomagajo pri temnih zasenčitvah med knjigami.



Slika 3.12: Razporeditev svetilk v knjižnicah.

ČITALNICE

Funkcija čitalnic je pogojena s tiho atmosfero. Vsaka miza naj bi bila posebno osvetljena. S tem se izognemo motečim odsevom.



Slika 3.13 : Razporeditev svetilk v čitalnicah.

Tip sobe	Osvetljenost E_n / lx	Barva svetlobe	Stopnja barvne reprodukcije
Predavalnice z okni	500 lx	ww/ nw	2A
Predavalnice brez oken	700 lx	ww/nw	2A
Dvorane	100 lx	ww/nw	2A
Večnamenski prostori	300 lx	ww/nw	2A
Knjižnice	300 lx	ww/nw	2A
Čitalnice	500 lx	ww/nw	2A
Knjigarne	200 lx	ww/nw	2A

Tabela 3.1: Zahteve za razsvetljavo dvoran in knjižnic.

3.9 PREDPROSTORI DVORAN

Razsvetljava omogoča osvetlitev stopnic in vseh vhodov znotraj objekta. Osvetljenost naj bi znašala 100 lx, indeks barvnega videza R_a pa 75.



Slika 3.14: Primer razsvetljave v vhodih dvoran.

Najpomembnejše so velike avle, v katerih se učenci najdlje zadržujejo (še posebej med odmori).



Slika 3.15: Primer razsvetljave v avlah.

V prostorih, kjer se ljudje veliko gibljejo je bistvenega pomena zagotoviti horizontalno osvetljenost. Ob vseh, v sprejemnih pisarnah (recepccije), v dvigalih, na stopnicah naj bi znašala horizontalna osvetljenost vsaj 100 lx (tabela 3.2). V prostorih, kjer so sobe s stropi normalnih višin, je uporaba svetilk s fluorescenčnimi sijalkami zelo primerna. Za prostore z višjimi stropi pa priporočajo visokotlačne sijalke, saj omogočajo boljšo barvno reprodukcijo.

3.10 STOPNIŠČA IN HODNIKI

V šolah je včasih tako kot na glavnih cestah v času prometnih konic. Hodniki in stopnice so polne in brez ustrezne razsvetljave ne moremo zagotoviti varnosti.

Razsvetljava stopnišča mora zagotoviti varnost. Nobena stopnica ne bi smela biti zasenčena v celoti. Sprednji del robov mora biti jasno viden z ustreznim kontrastom nižje stopnice.

Najboljša razsvetljava bo omogočena takrat, ko bomo namestili svetilke v kotih, ki bodo v celoti osvetljeni. Majhne stopnice namreč lahko zgrešimo, zato se je potrebno posvetiti razsvetljavi že zaradi same varnosti.

Svetle stene hodnike vizualno povečajo, indirektna svetloba stropa pa daje bolj prijazen, domač ambient. Hodniki in stopnice morajo imeti osvetljenost vsaj 100 lx.



Slika 3.16: Primer razsvetljave na hodnikih in stopniščih.

Tip sobe	Osvetljenost E_n / lx	Barva svetlobe	Stopnja barvne reprodukcije
Vhodne dvorane	100 lx	ww/ nw	2A
Večnamenske dvorane	100 lx	ww/nw	2A
Večnamenski prostori	300 lx	ww/nw	2A
Razstavni prostori	100 lx	ww/nw	2A
Stopnišča	100 lx	ww/nw	2A
Javni prostori	200 lx	ww/nw	2A
Vhodna področja	200 lx	ww/nw	2A
Recepccija	200 lx	ww/nw	2A
Področja dvigal	300 lx	ww/nw	2A

Tabela 3.2: Zahteve za razsvetljavo v vhodih dvoran.

3.11 KAVARNE

Če so prostori privlačni, vabljivi, za vsakogar odmor hitro postane najljubša navada. Vsak izkušen učitelj ve, da učenci lažje aktivno sodelujejo po prijetnem odmoru. Mlajši učenci imajo rajši igranje na igrišču.

Učenci se v času odmorov nahajajo pod veliko dnevno svetlobo v notranjosti dvorišča. Kljub dnevni svetlobi je zvečer za razsvetljavo poskrbljeno z dodatnimi svetlobnimi viri.



Slika 3.17: Primer razsvetljave v kavarnah in v notranjosti dvorišča.

3.12 SAMOPOSTREŽNA JEDILNICA

Samopostrežna jedilnica potrebuje dodatni vir razsvetljave, in sicer svetilke z dobrim faktorjem barvne reprodukcije. Dobra razsvetljava daje hrani boljši izgled.



Slika 3.18: Razsvetljava v samopostrežnih jedilnicah.

Tip sobe	Osvetljenost E_n / lx	Barva svetlobe	Stopnja barvne reprodukcije
Hodniki	100 lx	ww/ nw	2A
Stopnišče	100 lx	ww/nw	2A
Jedilnica	300 lx	ww/nw	2A
Samopostrežba	100 lx	ww/nw	2A
Odprti prostori v času odmorov	100 lx	ww/nw	2A

Tabela 3.3: Zahteve za razsvetljavo v hodnikih, na stopniščih, v jedilnicah in samopostrežnih Restavracijah

3.13 VRTCI

Vsi, ki so bili priča vnetosti, s katero se predšolski otroci zatopijo v svoje delo ali intenzivnosti, s katero se igrajo, rišejo ali ročno izdelujejo, se bodo strinjali, da se te aktivnosti lahko primerjajo z zahtevnimi vizualnimi nalogami. Te aktivnosti zahtevajo primerno stopnjo osvetljenosti. Same aktivnosti bolje potekajo ob primerni osvetljenosti. Osvetljenost v predšolskih prostorih naj bi znašala vsaj 300 lx. V vrtcih nepremični sedeži igrajo le stransko vlogo.

Dobra dnevna osvetljenost s čimveč sončne svetlobe je prednost. Ker so spodnji deli oken nižji od višine prsi (gradbene zahteve so takšne), tako lahko tudi najmanjši otroci vidijo okolico. Obenem tako nizka okna omogočijo osvetljenost predelov sob, ki so ponavadi v sencah, torej tudi tla.

Svetilke nadomeščajo pomanjkanje dnevne svetlobe. Vrtci ponavadi ob večerih niso uporabljeni. Ob oblačnih dnevih je nujno potrebna dodatna razsvetljava.

Nobena svetilka ne sme bleščati ne glede na to, iz katerega zornega kota jo otroci in osebje gledajo. Smer svetlobe in oblikovanje se morata ujemati z dnevno svetlobo. Dejavniki, ki povečajo kakovost razsvetljave, so: primerno svetli stropi in povečana vertikalna osvetljenost svetlih sten, igrač in ostalih reči, ki so vertikalno postavljene.

Glede na to da so barve v svetu otrok zelo pomembne, bi svetilke morale biti bele barve s faktorjem reprodukcije barve 95. Ustrezna uporaba svetilk prostor lahko polepša, vendar pod pogojem, da so svetilke izven dosega otrok.

Potrebno je narediti vse, da se otroci na začetku šolanja dobro počutijo. Na dobro počutje otroka vplivajo opremljeni prostori, dobra osvetljenost prostora in aktivnosti.



Slika 3.19: Primer razsvetljave v vrtcih.

3.14 ZUNANJI PROSTORI

Ko govorimo o razsvetljavi šol, ne mislimo samo na razsvetljavo znotraj prostora, ampak tudi v okolici samega objekta: parkirišča, cesta, na kateri se šola nahaja, avtobusna postajališča itd.

VARNOST NA VSEH STEZAH IN POTEH

Tukaj je glavni poudarek na varnosti in preprečevanju nesreč. Zavedati se moramo, da je v zimskih mesecih ob začetku pouka še vedno tema; megla in dež pa zadeve poslabšata (zmanjšata vidljivost).

Korist od dobre zunanje razsvetljave pa imajo odrasli in starejši, ki obiskujejo večerna predavanja ali kulturna srečanja v šolah. Take dejavnosti so najbolj pogoste prav v jesenskih in zimskih mesecih. Slabo osvetljena igrišča, steze ali parkirišča niso posebej varna pozno zvečer ali zgodaj zjutraj.

Dobro načrtovanje razsvetljave lahko vključuje tako varnostne zahteve kot tudi estetskost (lepoto). Svetilke, ki smo jih izbrali zaradi nujenja varnosti, se morajo tudi arhitektsko ujemati z okolico (šolo). Dobra razsvetljava varuje ljudi, prostore in polepša izgled šole podnevi in ponoči.



Slika 3.20: Primer razsvetljave zunanjih prostorov.

POKRITA OBMOČJA

Napol odprta območja, kot so pokrite cone za šolske odmore, zahtevajo svetilke, ki so odporne na vlago. Take svetilke so odporne tudi na udarce. Glede na to da morajo te svetilke svetiti ure in ure, je priporočljivo uporabljati sijalke, ki varčujejo električno energijo (fluorescenčne sijalke).



Slika 3.21: Primer razsvetljave napol odprtih območij.

STOPNICE

Prav tako kot notranje stopnišče tudi zunanje stopnice zahtevajo dobro razsvetljavo. Cilj mora biti dobra razdelitev svetlobe in sence.

AVTOBUSNO POSTAJALIŠČE

Da bi zaščitili otroke, je potrebna dobra razsvetljava tako postajališč za šolske avtobuse kot tudi postajališč v bližini šol, ki so namenjeni za javni promet. To omogoča voznikom, da pravočasno vidijo postajališče in opazijo morebitno nevarnost na ali ob postajališču.

PARKI IN VRTOVI

Parki in vrtovi imajo pomirjujoč vpliv na učence in šolsko osebje. Parki namreč vzpodbujajo otroke k fizični aktivnosti po večurnem sedenju. Zunanje svetilke v taki okolici morajo biti dovolj močne. Te svetilke naredijo steze in igralna orodja bolj varna, obenem pa razsvetlijo tudi drevesa in grme.



Slika 3.22: Razsvetljava parkirišč.

Za parkirišča, sprehajalne poti in ceste se priporočajo kar cestne svetilke s kompaktnimi fluorescenčnimi sijalkami. Na območjih, kjer je nevarnost večja, kot so npr. križišča in prehodi za pešce, bi morala biti osvetljenost vsaj 10 lx.

Zunanje svetilke morajo biti zelo odporne, ne samo pred otroško igro, ampak tudi pred vandalizmom. Materiali, ki zagotavljajo odpornost pred fizičnimi udarci, so: aluminij in proti udarcem odporna plastika.

Podatki za projektiranje razsvetljave okolja	Osvetljenost E_n / lx
Poti v parkih in vrtovih s stopnicami, neravna podlaga in ostala nevarna podlaga	> 1 lx > 5 lx
Dovozne poti	10 lx
Mimovozi	7 lx
Parkirišča	7 lx

Tabela 3.4: Zahteve za razsvetljava v zunanjih prostorih.

4. ZASILNA RAZSVETLJAVA

Danes ni nobena redkost, če je v šoli hkrati tudi več kot 1500 ljudi. Veliko šol je obiskanih tudi zvečer s strani odraslih, ki se izobražujejo. V nekaterih šolah določene prostore koristijo ljudje, ki ne poznajo natančno šolskih prostorov oz. načrta šole.

Zasilna razsvetljava je tista vrsta razsvetljave, ki v primeru motenj ali ob izpadu omrežne napetosti osvetljuje prostore in izhode s predpisano osvetljenostjo (najmanj 1 lx).

V skladu z zahtevami standardov za elektroenergetske instalacije v prostorih s specifičnimi pogoji je treba zasilno razsvetljava izvesti v naslednjih objektih: gledališčih, kinematografih, varietejih, koncertnih in konferenčnih dvorinah, trgovinskih hišah, sejmiščih, športnih halah, šolah in v drugih zgradbah in prostorih, v katerih se zbira večje število ljudi.

Zasilna razsvetljava obsega:

- nadomestna razsvetljavo,
- varnostno razsvetljavo.

Nadomestna razsvetljava: je tista zasilna razsvetljava, ki se ob izpadu omrežne napetosti avtomatsko preklopi na pomožni energetski vir (agregat ali centralna akumulatorska baterija) in ki omogoča nadaljnje opravljanje dejavnosti.

Varnostna razsvetljava: je tista zasilna razsvetljava, ki se ob izpadu omrežne napetosti avtomatsko preklopi na akumulatorsko baterijo in ki omogoča varno zapustitev zgradbe.

Svetilke varnostne razsvetljave morajo biti zato posebno vidno označene (npr. rdeči trak) in nameščene nad vrati, na stopniščih, hodnikih, prehodih in izhodih.



Slika 4.1: Primer uporabe zasilne razsvetljave

5. SVETILKE IN SVETLOBNI VIRI ZA RAZSVETLJAVO V ŠOLAH

Svetilke so naprave, ki porazdeljujejo, filtrirajo in spreminjajo svetlobo virov ter vsebujejo potrebne dele za pritrditev, nošenje in zaščito svetlobnih virov kakor tudi za njihovo priključitev na električno omrežje.

Osnovni elementi svetilk so:

- svetlobnotehnični elementi,
- mehanski elementi,
- električni elementi.

SVETLOBNOTEHNIČNI ELEMENTI

Svetlobnotehnični elementi svetilke so tisti deli svetilke, ki svetlobo usmerjeno ali razpršeno (difuzno) odsevajo ali prepuščajo in na ustrezen način omejujejo bleščanje. Med svetlobnotehnične elemente svetilke spadajo: reflektor (odsevník), refraktor, kapa ali raster. Ti deli so lahko izdelani iz reflektirajočih (odsevnih) ali transmitirajočih (presevnih) materialov.

Med reflektirajoče materiale spadajo: odsevne kovine (aluminij), lakirane površine, emajlirane površine, posrebrena plastika, reflektirajoča plastika. Med transmitirajoče materiale spadajo: steklo in umetne snovi (akrilati, polikarbonati, polistirol in podobno).

Za reflektorje uporabljamo reflektirajoče materiale (površine); kape in refraktorji so izdelani iz transmitirajočih materialov, za rasterje pa uporabljamo obe vrsti materialov. Življenjska doba zgoraj navedenih materialov je v znatni meri odvisna od jakosti sevanja svetlobe, toplotne energije sevanja, konvekcije in mehanskih obremenitev.

MEHANSKI ELEMENTI

Mehanski elementi svetilk so namenjeni za nosilne dele svetlobnih virov in za svetlobnotehnične ter električne elemente svetilk, za posredno ter neposredno pritrditev svetilk kakor tudi za zaščito svetlobnih virov. Med mehanske elemente svetilk spadajo: ohišje, osnovno telo (plošča), glava, nosilna konstrukcija, naprava za fokusiranje, nosilci, priprave za obešanje in pritrditev, zglobovi, kraki, obešalni pribor, montažni pribor, zaščitna stekla in mreže. Ker morajo materiali posameznih elementov ustrezati različnim zahtevam in tudi različnim obremenitvam, so pri mehanskih elementih svetilk uporabljeni naslednji materiali: jeklena pločevina, nerjaveče jeklo, nerjaveča jeklena pločevina, aluminijasta pločevina, silumin- (antikoroziivna legura), umetne snovi, guma, impregnirani filci, steklo, kovinske in jeklene cevi, aluminijste cevi, jeklena žica in podobno. Kakovost mehanskih delov svetilk v veliki meri vpliva na trajnost svetilk.

ELEKTRIČNI ELEMENTI

Električni elementi svetilk so namenjeni za priključek svetilke in svetlobnih virov na omrežje, za njihovo medsebojno povezavo, za nošenje in obratovanje svetlobnih virov, za izboljšanje faktorja moči in za zaščito pred radijskimi motnjami. Med električne elemente svetilk spadajo: okovi, vodniki za notranje ožičenje, spojne in priključne sponke, dušilke, transformatorji, vžigne naprave (igniterji), starterji, kondenzatorji, vtičnice, stikala in podobno. Nekateri izmed zgoraj navedenih delov so vgrajeni v vsaki svetilki, drugi pa le v posebnem primeru, in sicer če to zahtevajo: obratovanje svetlobnega vira, pogoji uporabe in zaščita pred radijskimi motnjami.

Da bi zadostili različnim estetskimi in tehnološkimi zahtevam, se je na tržišču nabralo veliko različnih vrst in oblik svetilk, ki se lahko tako ali drugače uporabljajo v šolah. Spodaj navedeni primeri so samo izsek iz široke ponudbe.



Slika 5.1: Pregled svetilk, ki se uporabljajo v šolah.

1. **Vgradna svetilka z visokosijajnim zrcalnim rastrom** za splošno razsvetljavo v učilnicah s slikovnimi zasloni.
2. **Nadgradna svetilka z aluminijastim zrcalnim rastrom**, ki se neposredno montira na strop. Svetilko lahko namestimo posamično ali linijsko.
3. **Direktno-indirektna stropna svetilka** s fluorescenčnimi sijalkami za splošno razsvetljavo.
4. **Nadgradna stropna svetilka** z vgrajenim reflektorjem. Prizmatična struktura usmeri svetlobo in jo reducira.
5. **Svetilka z asimetrično porazdelitvijo svetilnosti.**
6. **Vgradni reflektor s kompaktno fluorescenčno sijalko.**

7. **Vgradna stropna svetilka s kompaktno fluorescenčno sijalko**, primerna za avle, menze ...
8. **Nadgradna stropna svetilka s kompaktno fluorescenčno sijalko**, primerna za avle, menze ...
9. **Cevni sistem razsvetljave s fluorescenčnimi sijalkami** za atraktivno splošno razsvetljavo.
10. **Vgradna stropna svetilka** z možnostjo nastavitve smeri sevanja z nagibom od 60° do 360° .
11. **Indirektna stenska svetilka** s kompaktnimi fluorescenčnimi sijalkami ali halogenskimi žarnicami.
12. **Ozkosnopni sevalnik.**
13. **Zunanja svetilka** primerna za osvetljevanje stez, poti, parkirišč ...
14. **Stenska svetilka s kompaktno fluorescenčno sijalko** za osvetljevanje vhodov, stopnišč, separejev ...
15. **Zunanja svetilka s kompaktno fluorescenčno sijalko** za dekorativno razasvetljavo ob dovoznih poteh.
16. **Vgradna svetilka** s stopnjo zaščite IP65 (prahotesna).

- **VEČNAMENSKO KRMILJENJE RAZSVETLJAVE Z INFRA RDEČIM DALJINSKIM KRMILJENJEM (Smart DSI)**

Za manjše in skupinske pisarne, ordinacije, konferenčne prostore, laboratorije in šole ponuja večnamenski regulacijski modul DSI-Smart možnost izkoriščanja dnevne svetlobe in s tem od 50 % do 70 % prihranka energije, z infra rdečim daljinskim krmilnikom pa hitro in udobno nastavitev zelene osvetljenosti (slika 5.2). Vgrajeni javljalnik gibanja skrbi za še udobnejše posluževanje in hkrati za prihranek energije.

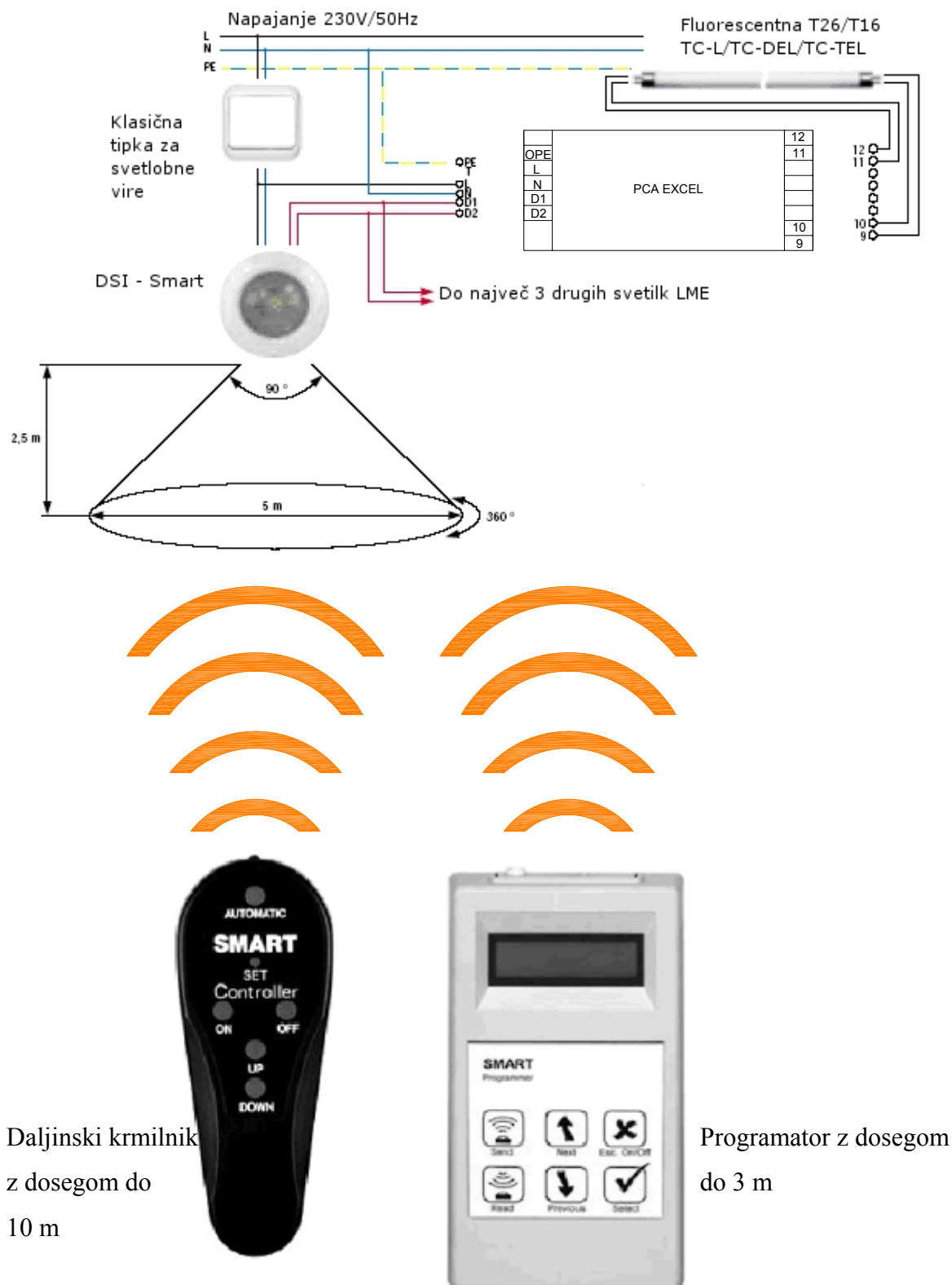
Smart-DSI zatemni osvetlitev strogo v skladu z razpoložljivo dnevno svetlobo od 1 do 100%. Prilagojen javljalnik gibanja omogoča nastavljanje parametrov. Preprosto nastavljanje vseh parametrov s tal (nivo osvetljenosti, čas zakasnitve javljalnika gibanja, vklop, itd.) omogoča infra rdeči programator Smart Programmer.

Regulacijski modul DSI-Smart je dobavljiv posamezno ali vgrajen v svetilke.

Posluževalne naprave

Obratovalne naprave svetil

Sijalke



Slika 5.2: Večnamensko krmiljenje razsvetljave z infrardečim daljinskim krmiljenjem.

DSI-Smart omogoča regulacijo konstantne osvetljenosti z večnamenskim svetlobnim krmilnim modulom ter regulacijo z dnevno svetlobo. Ima vgrajen javljalnik gibanja ter vgrajeno IR tipalo. Montira se lahko v svetilko ali v strop.

Krmilnik Smart je infra rdeči daljinski krmilnik za DSI-Smart, ki omogoča vklop, izklop, zatemnitev razsvetljave ter avtomatsko regulacijo razsvetljave.

Programator Smart je infra rdeči programator za programiranje DSI-Smart. Omogoča nastavitve parametrov za svetlobne vire, javljalnike gibanja ter vklope ter izklope.

5.1 PREGLED SVETLOBNIH VIROV

Pretežna večina svetlobnih virov seva svetlobo s pomočjo električne energije. Zaradi tega so v tem poglavju obdelani samo električni svetlobni viri, in to le tisti, ki jih uporabljamo v tehniki razsvetljave.

Na izbor svetlobnega vira v določeni meri vplivajo naslednje karakteristike:

- svetlobni tok,
- svetlobni izkoristek,
- zmanjšanje svetlobnega toka med obratovanjem,
- barva svetlobe in lastnosti v zvezi z barvno reprodukcijo,
- električna moč,
- življenjska doba,
- oblikovna izvedba,
- lastnosti v obratovanju,
- nabavna cena in obratovalni stroški.

Med vsemi zgoraj navedenimi karakteristikami je svetlobni izkoristek vira eden najpomembnejših faktorjev, čeprav ni edini faktor, ki odloča, ali je predvideni svetlobni vir primeren za določeno razsvetljavno nalogo. Velikost svetlobnega izkoristka je odvisna od tega, kolikšen del dovedene električne moči se spremeni v sevanje v vidnem področju spektra, in od tega, kako je energija sevanja porazdeljena znotraj tega področja.

Električni svetlobni viri so glede na princip nastajanja svetlobe razdeljeni v dve osnovni skupini, in sicer na:

- **žarnice in**
- **sijalke.**

Žarnice so termična sevala, pri katerih oddaja svetlobo žarilna volframova nitka, ki jo električni tok segreje do žarenja.

Čim višja je temperatura žarenja, tem večji je svetlobni izkoristek vira (lm/W) in višji je svetlobni tok vira.

Ker se pri visokih temperaturah volframova nitka hitro uparja (razpada), jo namestimo v stekleni balon. Le-ta je lahko naslednjih oblik: hruška, krogla, sveča, goba ali cev.

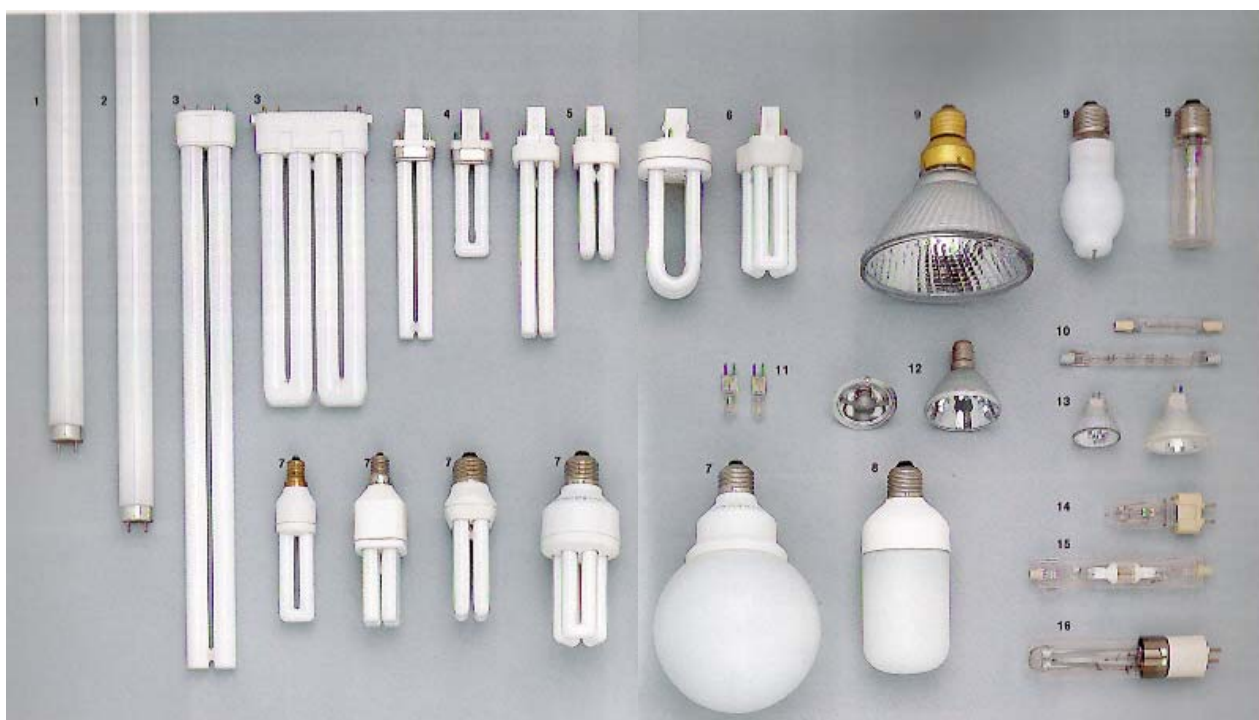
Kar zadeva svetlobnotehnične lastnosti, pa so baloni žarnic lahko prozorni, matirani, opalizirani ali matelizirani.

Svetlobne vire z žarilno nitko razdelimo na tri osnovne skupine, in sicer na:

- žarnice za splošno uporabo (standardne in posebne žarnice),
- reflektorske žarnice (žarnice z metalizirano kaloto, pihane reflektorske žarnice ter prešane reflektorske žarnice) in
- halogene žarnice (reflektorske halogene žarnice in nizkonapetostne halogene žarnice).

Sijalke so grajene tako, da na koncih steklene cevke zatalijo elektrodi, cevko pa napolnijo z neaktivnim plinom (neon, argon, helij, kripton). Plin se pod vplivom napetosti ionizira in pri tem oddaja svetlobo, ker se ioni zaletavajo. Če plinu dodamo kovinske pare živega srebra ali natrija, dobimo boljši izkoristek sijalke.

Za uspešnost koncepta dobre razsvetljave je potrebno prej izbrati pravilna svetila in svetlobne vire. Na sliki so predstavljeni svetlobni viri, ki se najpogosteje uporabljajo v šolah.



5.3: Pregled svetlobnih virov, ki se uporabljajo v šolah

1. Fluorescenčne sijalke so najbolj ekonomična svetila

Osnovne lastnosti so:

- visok svetlobni izkoristek – do 93 lm/W,
- dober faktor reprodukcije barve (80-85),
- dolga življenjska doba.

2. DE LUXE fluorescenčne sijalke. Če so zahteve po prikazovanju barv še večje, so fluorescenčne sijalke, ki imajo faktor reprodukcije barve 95, še bolj priporočljive. Njihov svetlobni izkoristek je 65 lm/W.

Kompaktne fluorescenčne sijalke s pin vzožkom z močjo od 5 do 55 W (brez predstikalne naprave) in življenjsko dobo 8000 ur.

3. **Kompaktne fluorescenčne sijalke s pin vznožkom** (navadne cevaste fluorescenčne sijalke) z močjo od 18 do 55 W.
4. **Kompaktna fluorescenčna sijalka s pin vznožkom** z močjo od 5 do 11 W.
5. **Kompaktne fluorescenčne sijalke s pin vznožkom** z močjo od 8 do 26 W.
6. **Kompaktne fluorescenčne sijalke** z močjo od 18 do 32 W. Zaradi njihove kompaktne (majhne) velikosti so te sijalke idealne za majhne stenske in stropne svetilke.
7. **Kompaktne fluorescenčne sijalke z E27 vznožkom** z močjo od 5 do 23 W.
8. **Kompaktne fluorescenčne sijalke z elektromagnetno predstikalno napravo** z močjo od 9 do 25 W.
9. **230 V halogenske žarnice (E27 ali E14)**, z močjo od 60 do 250 W. Ta žarnica je bele barve. Obstajajo tudi izvedbe z reflektorji.
10. **230 V halogenske žarnice** sofitne izvedbe. Moči teh žarnic so od 60 do 2000 W.
11. **Halogenske žarnice za nizko napetost brez reflektorja** z močjo od 5 do 150 W.
12. **Halogenske žarnice za nizko napetost z reflektorjem** z močjo od 10 do 100 W; tri velikosti reflektorja od 35 do 111 mm.
13. **Halogenske žarnice za nizko napetost s reflektorjem** z močjo od 20 do 75 W.
14. **Metalhalogenidna sijalka s priključkom na enem koncu** slovi po visoki svetlosti in odličnem prikazovanju barv. Moči teh sijalk znašajo od 35 do 150 W.
15. **Metalhalogenidna sijalka sofitne izvedbe** z močjo od 70 do 150 W.
16. **Visokotlačna natrijeva sijalka** z močjo od 35 do 100 W.

6. UPORABA DNEVNE SVETLOBE V ŠOLAH

Človeške aktivnosti so tesno povezane z možnostjo vidnega zaznavanja okolja, zato je ena izmed najpomembnejših zahtev, ki jih morajo izpolnjevati interierji, njihova osvetlitev. Vidno okolje je tridimenzionalni vzorec svetlobe, barv in fizičnega okolja, ki ga lahko razdelimo na dve komponenti: pasivno (naravno ali umetno okolje brez svetlobe) in aktivno (svetlobo). Svetloba je najpogostejše kombinirana v smislu dopolnjevanja naravne osvetlitve z umetno. Seveda obstajajo objekti, v katerih je zaradi namembnosti dnevna svetloba namenoma povsem izključena (gledališča, kino dvorane) ali pretežno izključena (muzeji), vendar pa je v splošnem zaželeno, da je večina prostorov (npr. šole), v katerih so prisotni ljudje, zasnovana tako, da je preko dneva osvetljena z naravno svetlobo.

Svetlobo privedemo v šolo zaradi učencev. Zato moramo pri oblikovanju dnevne osvetlitve upoštevati njihove vizualne in zaznavne potrebe ter vedeti, v kakšnih pogojih dobro in brez

težav vidijo. Človeško vidno udobje temelji samo na zadostni količini svetlobe. Zagotoviti moramo tudi primerno kakovost svetlobe.

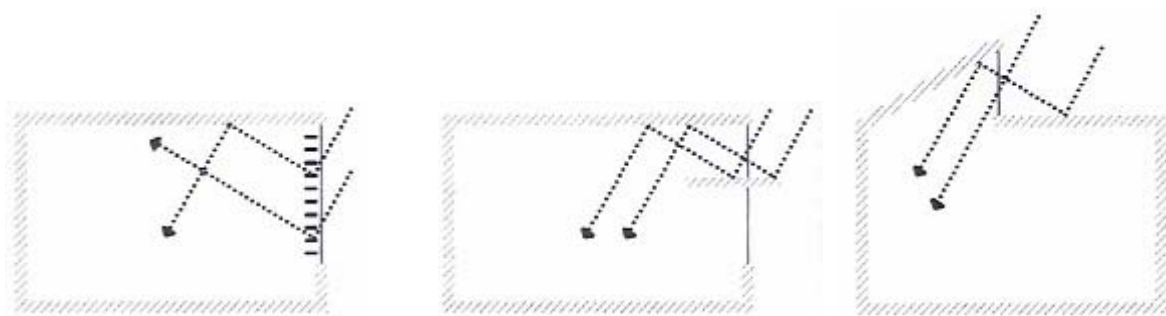
Dnevno osvetljevanje ima velik vpliv na celotno zasnovo šole in njen odnos do okolja. Ko obravnavamo notranje funkcionalne vidike dnevnega osvetljevanja, se moramo zavedati, da šolo vidimo od znotraj in od zunaj. Oblikovanje in nameščanje svetlobnih odprtin glede na potrebe po svetlobi v prostorih obenem pomeni tudi oblikovanje zunanosti šole in njenega odnosa do okolja.

Namen osvetljevanja je vzpostaviti dobro vizualno okolje, kar pomeni zagotavljanje vizualnega udobja in omogočanje vizualnih opravil, kot jih določa funkcija prostora. Karakteristike za doseganje primerne vizualnega okolja so: povprečna osvetljenost delovne površine, enakomernost osvetljenosti delovne površine, količniki dnevne osvetlitve v prostoru, dopusten nivo bleščanja, smer vpada svetlobe in učinek senčil, temperatura barve svetlobe itd.

Tako kot pri umetnem osvetljevanju je tudi pri naravnem glavni cilj oskrbeti učilnico z zadostno količino kakovostne svetlobe. V globino učilnice je potrebno spraviti čim več svetlobe, na ta način se splošni nivo osvetlitve v posameznem prostoru dvigne ter zniža njegov gradient. Eden glavnih ciljev načrtovanja je zmanjšanje učinka »vizualnega hrupa«, to je močnega direktnega bleščanja, ki nastane lahko na primer zaradi nezaščitenih okenskih površin ali kot posledica geometrije in posrednega bleščanja zaradi gladkih odbojnih površin. Potrebno se je izogniti nevarnosti nastanka pretiranih svetlostnih razmerij, ki so zelo izrazita v primeru direktnega vpada sončnih žarkov. Z večkratno refleksijo svetlobe od sten in stropa se da doseči večjo razpršenost svetlobe in s tem znižanje intenzivnosti temnih predelov v prostoru.

Že sama izbira lokacije z upoštevanjem sosednjih zastirajočih ovir in sosednjih odbojnih površin in predvsem oblika ter razgibanost objekta vplivajo na uspešnost naravnega osvetljevanja bodoče šole. Pozabiti ne smemo tudi na obliko in razporeditev notranjih prostorov, zasnovo predelnih sten ter teksturo in barvo zaključnih slojev. Najpomembnejša pa je seveda izbira orientacije, tipa in položaja transparentnih površin na ovoju objekta (na stenah, na strehi, atriji, svetlobni jaški) in pa njihovega naklona. Seveda je odločujoča tudi površina, ki jo zajemajo, izbira materiala (za samo zasteklitev, za okvir) itd. Razporeditev svetlobe po prostoru se izboljša z oblikovanjem vertikalnih odprtin, ki segajo vse do stropa in ga dobro osvetljujejo, ter z načrtovanjem več manjših odprtin namesto ene večje. Zelo dobre rezultate v tej smeri dajejo tudi strešni svetlobniki. Enakomerno razporeditev globlje v prostor dobimo s pomočjo projiciranja svetlobe na strop od katerega se odbija, na primer s svetlobno plico, ki je nameščena nad nivo našega očišča, da ne moti z bleščanjem. Zelo učinkovita taktika osvetljevanja stropa je uporaba žaluzij, ki se lahko dinamično odzivajo na spremenljive pogoje direktne in difuzne svetlobe. Če je le mogoče, naj bodo odprtine nameščene na več kot le eno steno, saj se tako medsebojno osvetljujejo in zmanjšujejo svetlobni kontrast z okolico. Ta se zmanjšuje tudi, če odprtine ne postavimo centralno glede na prostor, ampak jo približamo predelni steni, ki deluje kot odbojna površina in bolj razporedi svetlobo po prostoru. Za prostore z visokimi zahtevami je vpad direktnih sončnih žarkov za vizualno udobje moteč, zato je pri načrtovanju potrebno predvideti način, kako ga odbijati proti stropu ali kako mu preprečiti vstop v učilnico.

Ne le pri zgoraj omenjenih možnostih geometrijskega načrtovanja odprtin za zajem naravne svetlobe za primerno in zadostno osvetlitev prostorov, temveč tudi pri izbiri prozornih in prosojnih materialov so oblikovalske možnosti danes izjemno široke: od neobarvanega stekla do uporabe transparentnih izolacij, selektivno prepustnih nanosov pa vse do uporabe kompleksnih multifunkcionalnih sistemov.

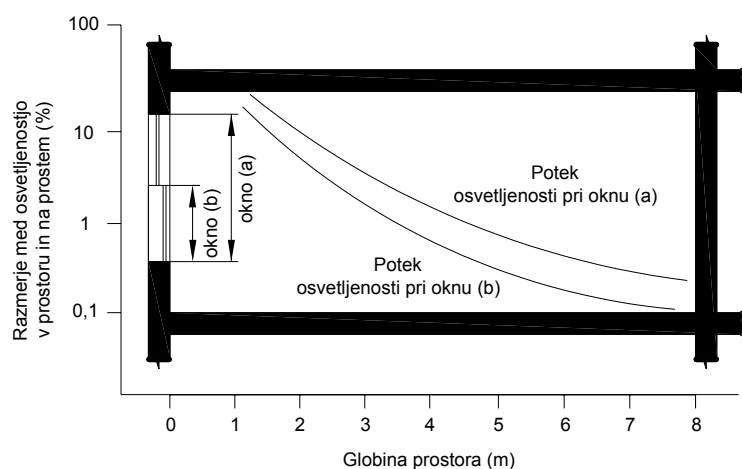


Slika 6.1: Osvetljevanje stropa učilnice z dnevno svetlobo z uporabo pomičnih žaluzij, svetlobne police in strešnega svetlobnika.

6.1 PREDNOSTI IN SLABOSTI DNEVNE SVETLOBE

Čeprav električno osvetljevanje nudi nespremenljivost in uravnavanje (tudi lažje usmerjanje) tako v kakovosti kot tudi v količini, pa ima dnevna svetloba vendarle nekaj pomembnih prednosti: ne glede na to da se nenehno spreminja, je boljše kakovosti kot umetna; njena količina nam preko dneva in v precejšnjem delu leta omogoča nivo osvetlitve, ki je večji, kot je to izvedljivo z umetno svetlobo; svetlobna učinkovitost narave svetlobe je zelo dobra, samo najboljši električni svetlobni viri lahko tekmujejo z njo; je obnovljiv vir energije, neodvisen od drugih virov energije, sama po sebi ne povzroča problemov onesneževanja okolja in je zastoj.

Z umetno razsvetljavo lahko v prostoru dosežemo ustrezne svetlosti, pa tudi ustrezno enakomernost svetlosti in osvetljenosti. Nekoliko težje je zagotoviti ustrezno osvetljenost prostora, saj je iz raziskav znano, da človekove vidne sposobnosti dosežejo optimum šele nad 1000 lx in da večini ljudi najbolj ugaajajo osvetljenosti okoli 2000 lx. Uporaba dnevne svetlobe nam nudi večjo osvetljenost prostora, še posebej, če v prostor pride tudi direktna sončna svetloba, vendar pa je enakomernost osvetljenosti precej slabša. Na spodnji sliki 6.2, kjer je prikazan karakteristični potek osvetljenosti prostora z dnevno svetlobo, lahko vidimo, da je osvetljenost tik ob oknu zelo velika, nato pa proti notranjosti učilnice hitro pada.



Slika 6.2: Potek osvetljenosti prostora pri različni velikosti okna.

Še slabše pa je, če imamo sredi prostora zelo svetlo liso direktne sončne svetlobe, medtem ko je okolica precej temnejša. Posledica so velike razlike v svetlosti posameznih površin prostora in s tem preveliki oziroma moteči kontrasti. Prav tako svetle okenske površine povzročajo psihološko bleščanje, v izjemnih primerih, ko je okno obrnjeno direktno proti soncu in je to nizko nad obzorjem, pa tudi fiziološko bleščanje.

Psihološke prednosti: Dinamična narava dnevne osvetlitve je širše gledano zelo pomembna. Zagotavlja stik z zunanjim okoljem, tako zadovoljuje naše psihološke in biološke potrebe, ki so v povezavi z naravnim ritmom dneva. Nenehno spreminjanje naravne svetlobe povzroča dramatičnost, ki je stimulatивnejša od popolne doslednosti razmestitve umetnih virov svetlobe.

Varčevanje z energijo: Ustrezno ekonomsko ovrednotenje razsvetljave z dnevno svetlobo je zahtevno, saj je potrebno upoštevati tako prihranke električne energije za razsvetljavo kot tudi prihranke oziroma prirastke energije za ogrevanje in klimatizacijo. Zaradi tega običajno v prvem približku ovrednotimo samo prihranke električne energije, ki bi jo sicer potrebovali za razsvetljavo prostora z umetno svetlobo.

Ogrevanje in klimatizacija: Naloga celovitega načrtovanja zgradb je poleg zadostne in ustrezne osvetljenosti delovnih površin v učilnici tudi racionalna raba energije za njihovo ogrevanje in klimatizacijo. Učilnica, ki je osvetljena z naravno svetlobo, je naravno ogrevana, toda okna so lahko predvsem v poletnem času vzrok pregrevanja oziroma večje rabe energije za klimatizacijo. Na izbor optimalne površine oken za zagotovitev potrebne osvetljenosti delovne površine poleg optičnih vplivajo tudi toplotne karakteristike zasteklitve.

6.2 KOMBINACIJA DNEVNE IN UMETNE SVETLOBE

V mnogih prostorih z okni dnevna svetloba največkrat ne zadošča več v globini prostora. Zaradi tega moramo pogosto v conah, ki so od oken oddaljene, dnevno svetlobo stalno ali občasno dopolnjevati z umetno svetlobo, in sicer zavoljo tega, da bi bili s tem ustvarjeni dobri vidni pogoji na vseh delovnih mestih v prostoru. Pri tem si moramo prizadevati, da dosežemo uravnovešeno skupno delovanje dnevne in umetne svetlobe tako glede nivoja osvetljenosti kot tudi glede barve in smeri vpada svetlobe.

Iz izkušenj je znano, da je zahtevo z enotnim vpadom dnevne in umetne svetlobe mogoče izpolniti na zadovoljiv način le v primeru, če pri osvetlitvi prostora uporabimo svetilke s simetrično porazdelitvijo svetlobe (svetilke, ki sevajo svetlobo simetrično v smeri proti oknom in v smeri proti globini prostora); to pa so praktično svetilke, ki jih sicer uporabljamo za splošno razsvetljavo prostorov.

Pri hkratnem delovanju dnevne in umetne svetlobe se lahko pojavi tudi moteči efekt »dvojne svetlobe«. Slednjega preprečimo z uporabo svetlobnih virov, katerih barvna temperatura je višja kot 4000 K.

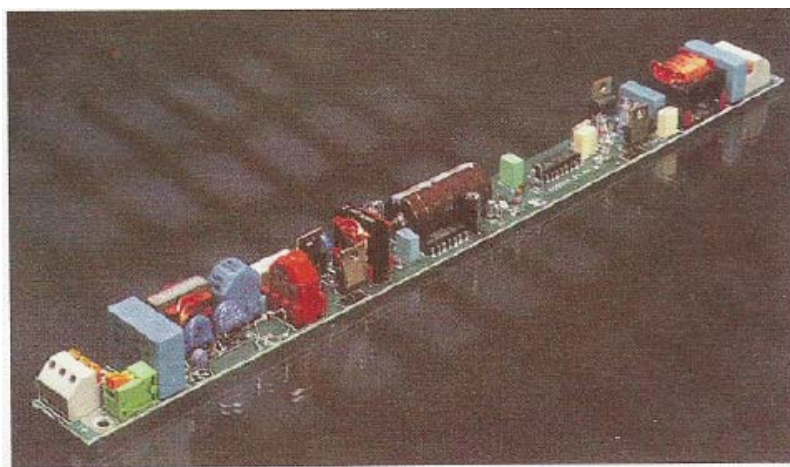
Stalna dopolnilna umetna razsvetljava mora dosegati osvetljenost, katere vrednost naj znaša najmanj 500 lux. Ker pa to vrednost običajno že dosežemo s splošno razsvetljavo, ki je projektirana za nočni čas, v takih prostorih ni potrebna posebna dodatna umetna razsvetljava za dnevni čas; vendar pa moramo v teh primerih predvideti porazdelitev svetilk na ustrezne tokokroge, ki naj se vklaplajo s posebnimi stikali.

6.3 VARČEVANJE Z ENERGIJO

Varčnejša in racionalnejša raba energije je vodilna usmeritev na praktično vseh gospodarskih področjih. Veliko lahko k racionalnejšemu ravnanju z naravnimi viri prispeva tudi razsvetljava. Seveda pa to še zdaleč ne pomeni, da bi se morali odreči svetlobnemu udobju, ki smo ga vajeni – s pomočjo sodobne tehnike lahko namreč izpolnimo obe zahtevi hkrati.

TRISTOPENJSKI PROGRAM VARČEVANJA Z ENERGIJO

Osnovo predstavlja elektronska predstikalna naprava (elektronisches Vorschaltgerät EVG / electronic control gear ECG) (slika 6.3), ki zagotavlja tako varčno rabo energije in s tem manjše stroške kakor tudi daljšo življenjsko dobo svetilk. Zaradi tehnične zanesljivosti in velike ekonomičnosti so te naprave v svetu že leta uspešno v uporabi.



Slika 6.3: Elektronska predstikalna naprava.

Prva stopnja: uporaba energijsko učinkovitih svetilk

Danes se še zmeraj veliko uporabljajo svetilke z opalnimi plastičnimi kapami. Vendar pa takšne svetilke še zdaleč ne ustrezajo sodobni šolski razsvetljavi. V Sloveniji sta kar dve tretjini šolskih prostorov potrebni obnove, saj razsvetljava v njih ne ustreza priporočilom in standardom, ki veljajo za šolske prostore. Svetilke bleščijo oz. niso primerne za delovna mesta z računalniki, saj povzročajo odsev v monitorjih, ali pa so preprosto negospodarne. Stanje lahko občutno izboljšamo s sodobnimi svetilkami z zrcalnimi rastro, ki ne bleščijo in so primerne za vsa delovna mesta (slika 6.4), ob tem pa se zaradi boljšega izkoristka poraba električne energije zmanjša do 30 %.



Slika 6.4: Svetilke z zrcalnim rastrom, pri kateri se poraba el. energije zmanjša do 30 %.

Druga stopnja: uporaba elektronskih predstikalnih naprav

Če poleg sodobnih sijajnih rastrov v svetilkah uporabimo še elektronske predstikalne naprave, je moč porabo električne energije celotnega sistema razsvetljave v primerjavi s klasičnimi predstikalnimi napravami znižati za dodatnih 20 %. Elektronske predstikalne naprave so primerne za vse običajne fluorescenčne sijalke, ki jih dobimo na trgu, sedaj pa prihajajo na tržišče tudi elektronske predstikalne naprave za novo generacijo fluoroscenčnih sijalk T5 (ϕ 16 mm). Njihova visoka delovna frekvenca 30 kHz skrbi za višji svetlobni izkoristek in obenem nižjo porabo električne energije. Utripanje svetlobe, ki je bilo značilno za stare sijalke, je stvar preteklosti. Občutno manjša oddaja toplote elektronskih predstikalnih naprav zmanjša tudi obremenitev klimatske naprave, obenem pa prispeva k protipožarni varnosti. Najpomembnejši učinek pa je prav gotovo za okroglih 50 % daljša življenjska doba fluorescenčnih sijalk.

Tretja stopnja: uporaba elektronskih predstikalnih naprav z možnostjo regulacije svetlobnega toka

Z izkoriščanjem dneвне svetlobe za osvetlitev prostorov ter s hkratno regulacijo s krmiljenjem umetne razsvetljave svetilk je mogoče porabo električne energije v povprečju znižati 25 %. V tem primeru skrbita svetlobni senzor in krmilna naprava, v povezavi z elektronsko predstikalno napravo z možnostjo regulacije, da se svetlobni tok svetilke prilagaja spreminjajoči se intenzivnosti dneвне svetlobe, ki je pogojena s spreminjanjem vpadnega kota svetlobe v teku dneva ter večjo ali manjšo oblačnostjo. Na ta način se vzdržuje konstanten nivo osvetljenosti v prostoru.

Predstavljeni tristopenjski program zagotavlja energetsko učinkovito razsvetljavo. Prihranek pri energiji bo seveda največji, če bodo izvedeni vsi predvideni ukrepi, saj lahko v tem primeru pričakujemo, v primerjavi s staro razsvetljavo, do 75 % manjšo porabo energije (diagram 6.1). To dejstvo zagotavlja izredno kratko amortizacijsko dobo naložbe v energijsko učinkovito razsvetljavo, seveda pa je pri odločitvi za izvedbo tristopenjskega programa varčevanja z energijo smiselno upoštevati tudi njen prispevek k varovanju okolja.

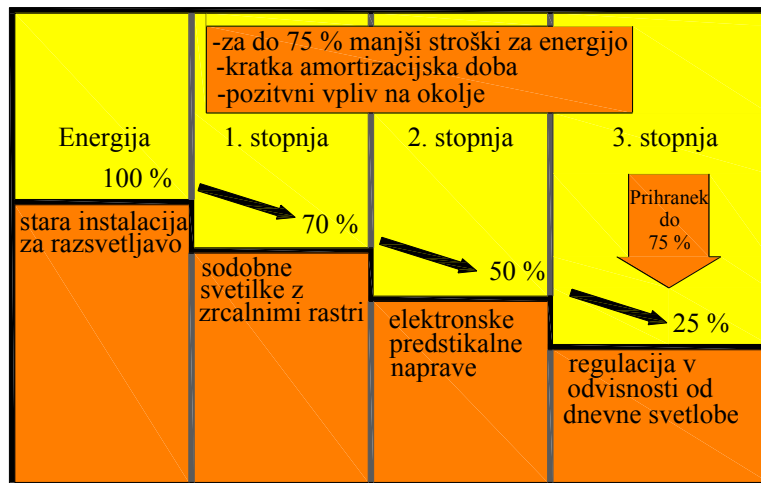


Diagram 6.1: Tristopenjski program varčevanja z energijo.

7. NAČRTOVANJE RAZSVETLJAVE UČILNICE

Dobro načrtovana razsvetljava poveča vizualno dožemanje ter komfort, ki daje prostoru prijetno vizualno identiteto. Take spremembe zazna tudi otrok, saj veliko psiholoških faktorjev kaže na veliko pomembnost same strukturne podobe ustanov v vsakodnevnem izobraževanju. Naloga inženirja je zagotoviti dobro razsvetljavo.

Sistemi razsvetljave v šolskih ustanovah morajo temeljiti na vizualni sposobnosti. Pri načrtovanju moramo upoštevati:

- uporabo prostora,
- dimenzijo prostora,
- odseve sten, stropa in tal,
- tip sten,
- okoliščine dnevne svetlobe in
- razporeditev delovnih mest ter opreme.

7.1 OSNOVNI IZRAČUNI POTREBNEGA ŠTEVILA SVETILK

To izračunavanje obsega naslednje faze:

- izračunavanje potrebnega svetlobnega toka,
- računanje potrebnega števila svetilk,
- določanje razmestitve svetilk.

7.1.1 Projektiranje razsvetljave na osnovi potrebnega svetlobnega toka

Izračunavanje potrebnega svetlobnega toka obsega ugotavljanje, določevanje in računanje naslednjih parametrov:

DIMENZIJE PROSTORA

Med dimenzije prostora spadajo:

a.....dolžina (m),

b.....širina (m),

h.....višina (m).

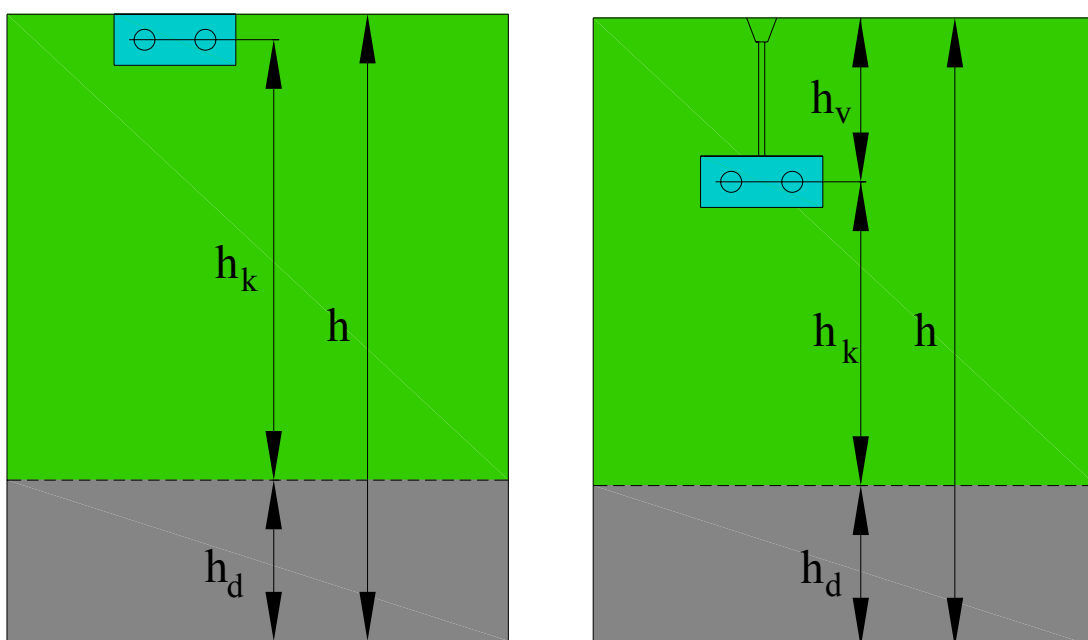
Dimenzije prostora določimo iz gradbenega tlorisa in gradbenih presekov.

KORISTNA VIŠINA

Koristno višino prostora (h_k) določimo na osnovi enačb:

$$h_k = h - h_d \quad (7.1)$$

$$h_k = h - h_d - h_v \quad (7.2)$$



Slika 7.1: Prikaz koristne višine v prostoru pri svetilkah, nameščenih direktno na strop in pri spuščenih svetilkah

Oznake na obeh slikah pomenijo: h - višina prostora (m),
 h_d - višina delovne površine - običajno 0,85 (m),
 h_v - višina obešanja (m),
 h_k - koristna višina (m).

INDEKS PROSTORA

Indeks prostora (k) je odvisen od dimenzij prostora in načina pritrditve svetilk. Njegovo vrednost izračunamo z naslednjo enačbo:

$$k = \frac{a \cdot b}{h_k \cdot (a + b)}. \quad (7.3)$$

REFLEKSIJSKI FAKTORJI

Refleksijske faktorje površin prostora določamo na osnovi refleksijskih lastnosti materialov in opleskov, s katerimi so površine končno (finalno) obdelane.

Refleksijske faktorje površin stropa (ρ_s), sten (ρ_z) in poda (ρ_p) določimo tako, da ugotovimo barve opleskov ali vrsto materialov, iz katerih so te površine izdelane, in nato v tabeli poiščemo ustrezne vrednosti. Tabele dobimo v svetlobnotehničnih priročnikih. Te vrednosti pa lahko določimo tudi na poenostavljen način in jih ocenimo na grobo, kar zadostuje za vsakdanjo prakso (Tabela 7.1).

Barva površine	Refleksijski faktor (ρ)
Bele ali zelo svetle barve	0,70
Svetle barve	0,50
Temnejše barve	0,30
Temne barve	0,10

Tabela 7.1: Vrednosti refleksijskih faktorjev v poenostavljeni tabeli.

IZBIRANJE SVETLOBNEGA VIRA

Na izbiro svetlobnega vira vplivata zahtevana barva svetlobe in zahtevani indeks barvne reprodukcije. Svetlobni vir določimo po naslednjem postopku, in sicer:

- poiščemo vire, ki ustrezajo zahtevani temperaturi barve in stopnji barvne reprodukcije,
- nato med temi svetlobnimi viri definiramo vrsto in moč vira, ki je najprimernejši.

IZBIRANJE SVETILKE

Izbiro svetilke narekujejo naslednji parametri: značaj prostora, izbrani sistem oziroma način razsvetljave, izbrani svetlobni vir, zahtevane svetlobnotehnične karakteristike (porazdelitev svetlobnega toka, porazdelitev svetilnosti, porazdelitev svetlosti), izgled svetilke, stopnja zaščite svetilke in možnosti njene pritrditve.

IZKORISTEK RAZSVETLJAVE

Izkoristek razsvetljave (η_R) je odvisen od svetlobnotehničnih karakteristik svetilke, višine montaže svetilke, dimenzij prostora in refleksijskih lastnosti površin prostora. V praksi ga običajno podajamo v obliki tabele izkoristka razsvetljave, in sicer kot funkcijo:

- indeksa prostora (k);
- refleksijskih faktorjev stropa (ρ_s), sten (ρ_z) in poda (ρ_p).

FAKTOR ZAPRAŠENOSTI IN STARANJA

Faktor zaprašnosti in staranja (f) označuje delež zmanjšanja svetlobnega toka razsvetljavne naprave med obratovanjem. Ta faktor sestoji iz:

- faktorja zaprašnosti (f_1),
- faktorja staranja (f_2).

Faktor zaprašnosti in staranja (f) izračunamo s pomočjo naslednje enačbe:

$$f = f_1 \cdot f_2, \quad (7.4)$$

kjer je : f - faktor zaprašnosti in staranja,

f_1 - faktor zaprašnosti,

f_2 - faktor staranja.

FAKTOR ZAPRAŠENOSTI

Faktor zaprašnosti (f_1) označuje stopnjo zaprašnosti izbrane svetilke in je odvisen od konstrukcijske izvedbe svetilke, atmosferskih pogojev v prostoru in izbrane periode čiščenja svetilke.

FAKTOR STARANJA

Faktor staranja (f_2) se nanaša na svetlobne vire in je odvisen od kakovosti virov in predstikalnih naprav, vrste predvidenega električnega spoja in obratovalnih pogojev. Vrednosti tega faktorja določimo iz podatkov, ki jih dajejo proizvajalci svetlobnih virov.

CELOTNI SVETLOBNI TOK V PROSTORU

Celotni svetlobni tok (Φ_{cel}) je mogoče izračunati na osnovi nazivne osvetljenosti, in sicer s pomočjo enačbe (7.5).

$$\Phi_{cel} = \frac{E_n \cdot a \cdot b}{\eta_R \cdot f}, \quad (7.5)$$

kjer pomeni :

Φ_{cel} - celotni svetlobni tok,

E_n - nazivna osvetljenost,

a - dolžina prostora,

b - širina prostora,

η_R - izkoristek razsvetljave in

f - faktor zaprašenosti in staranja.

7.1.2 Računanje števila svetlobnih virov

Število svetlobnih virov (n_{cel}), ki jih potrebujemo za dosego celotnega svetlobnega toka v izbranem prostoru, izračunamo s pomočjo naslednje enačbe:

$$n_{cel} = \frac{\Phi_{cel}}{\Phi_0}, \quad (7.6)$$

kjer pomeni:

n_{cel} - število svetlobnih virov za celotni prostor,

Φ_{cel} - celotni svetlobni tok,

Φ_0 - svetlobni tok vira.

7.1.3 Računanje potrebnega števila svetilk

Potrebno število svetilk (n'_{sv}), ki jih potrebujemo za izbrani prostor, izračunamo na osnovi enačbe:

$$n'_{sv} = \frac{\Phi_{cel}}{n_i}, \quad (7.7)$$

kjer pomeni:

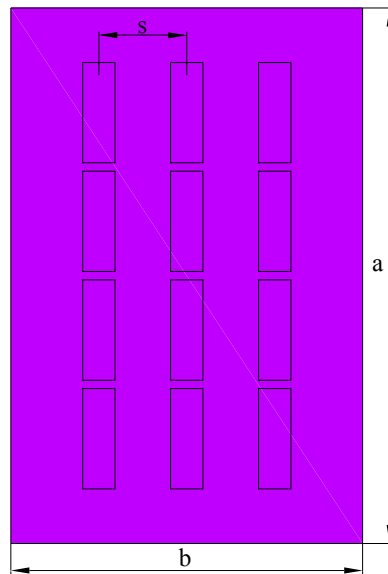
n'_{sv} - potrebno število svetilk,

n_i - število svetlobnih virov v svetilki.

7.1.4 Razmik med svetilkami

Za predvideno razmestitev svetilk izračunamo ali tudi določimo povprečni razmik med svetilkami (s), in sicer:

- pri linijski razmestitvi je povprečni razmik (s) enak razmiku med posameznimi nizi svetilk; če se ti razmiki med seboj razlikujejo, računamo s srednjo vrednostjo razmikov (slika 7.2);



Slika 7.2 : Linijska razmestitev svetilk

- pri posamični razmestitvi svetilk (slika 7.3) pa izračunamo povprečni razmik (s) s pomočjo naslednje enačbe:

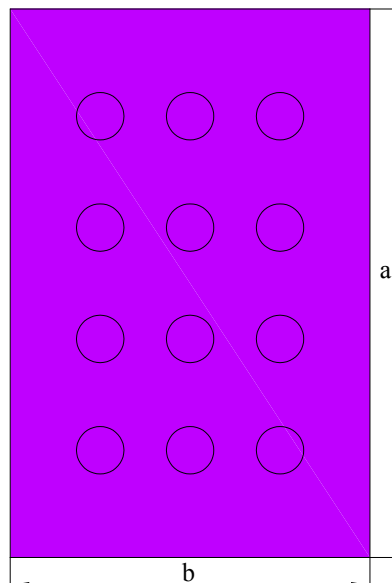
$$s = \sqrt{\frac{a \cdot b}{n_{sv}}} \quad (m), \quad (7.8)$$

kjer pomeni:

a - dolžina prostora v (m),

b - širina prostora v (m),

n_{sv} - število svetilk



Slika 7.3: Posamična razmestitev svetilk.

7.1.5 Razmestitev svetilk

Razmestitev svetilk v prostoru je odvisna od razporeditve delovnih mest in opreme, razporeditve oken in odprtín v stropu (vpad dnevne svetlobe), možnosti pritrjevanja svetilk (konstrukcija stropa), izbranega sistema razsvetljave in izračunanega števila svetilk.

Pri razmestitvi svetilk moramo upoštevati :

- razporeditev delovnih mest in opreme v prostoru,
- način orientacije svetilk v prostoru (vzdolžna ali prečna smer),
- možnosti pritrjevanja svetilk na strop (gladek strop, obešanje na določene elemente stropne konstrukcije ali na sekundarni strop ipd.).

Pri sistemu splošne razsvetljave in lokalne splošne razsvetljave uporabljamo v glavnem naslednji dve obliki razmestitve svetilk, in sicer:

- posamično razmestitev,
- linijsko razmestitev.

Obe obliki razmestitve dajeta, če sta seveda dobro izvedeni, enako dobre rezultate tako glede porazdelitve osvetljenosti in svetlosti v prostoru kakor tudi glede drugih svetlobnotehničnih zahtev. Spričo tega je torej način razmestitve svetilk v osnovi odvisen le od izvedbe stropne konstrukcije, možnosti pritrjevanja svetilk, načina vzdrževanja svetilk in razporeditve opreme v prostoru.

Pogosto se pri projektiranju dogaja, da izračunanega števila svetilk v prostoru ne moremo ustrezno razmestiti. To se zlasti pojavlja pri linijski razmestitvi svetilk, kadar izvedba stropne konstrukcije narekuje določeno število svetilk v posameznem nizu. V takem primeru običajno izbrana svetilka ne ustreza, ker smo izbrali premalo svetlobnih virov v svetilki ali pa neustrezne moči virov.

Kadar izračunanega števila svetilk ne moremo ustrezno razmestiti, je treba uporabiti enega izmed naslednjih ukrepov:

- spremeniti število svetilk,
- zadržati isto število svetilk, vendar spremeniti število svetlobnih virov v svetilki,
- izbrati drugi tip svetilke z močnejšimi viri.

Sleherni prej omenjeni ukrep ima za posledico spremembo naslednjih parametrov (eden ali več), in sicer:

- svetlobni tok vira (Φ_0),
- v svetilki instalirani svetlobni tok (Φ_{in}),
- celotni svetlobni tok v prostoru (Φ_{cel}),
- število virov v svetilki (n_i),
- potrebno število svetilk (n'_{sv}),
- celotno število svetlobnih virov (n_{cel}).

Vsako spreminjanje kateregakoli od omenjenih parametrov (razen spreminjanja n'_{sv}) nedvomno povzroči tudi spremembo vrednosti izkoristka razsvetljave (η_R). Zato moramo v takem primeru ponoviti celoten postopek projektiranja. Običajno pa v praksi tega postopka ne ponavljamo, ker je običajno treba spremeniti le potrebno število svetilk (n'_{sv}).

Izračunano število svetilk moramo namreč v glavnem spremeniti samo zato, da se s tem prilagodimo dejanskim pogojem, ki jih narekuje razmestitev svetilk. Na ta način določeno

ново število svetilk označujemo kot dejansko število svetilk (n_{sv}). Pri tem si moramo prizadevati, da se z dejanskim številom svetilk (n_{sv}) čimbolj približamo izračunanemu številu (n'_{sv}).

7.2 NAČRTOVANJE UMETNE RAZSVETLJAVE Z RAČUNALNIKOM

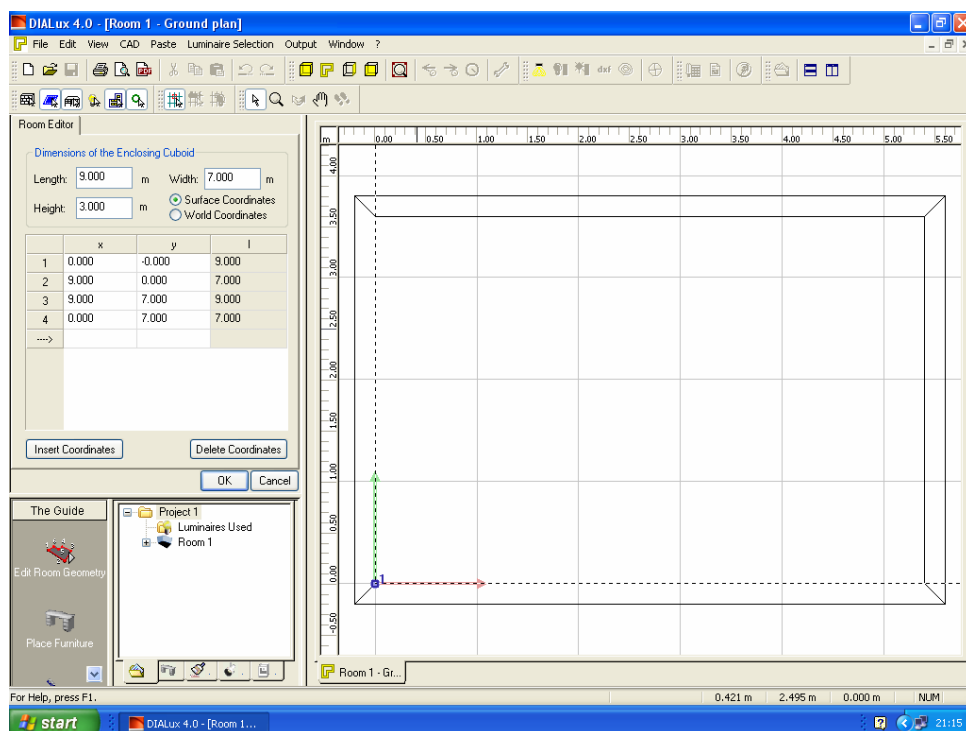
Za načrtovanje umetne razsvetljave v učilnici se uporablja program DIALUX, ki izračuna osvetljenosti glede na izbrano razmestitev svetilk v učilnici.

V programu DIALUX moramo najprej oblikovati tloris. To storimo tako, da vpišemo dimenzije prostora (slika 7.4). Če pa tloris ni pravokoten oziroma ima več ali manj kot štiri kote, po potrebi odstranimo ali dodamo točke. Točkam moramo vpisati tudi koordinate.

Ko je tloris prostora izdelan, lahko pričnemo z vnašanjem elementov prostora (vrata, mize, okna, stoli, tabla).

Na stene in pohištvo ter druge elemente lahko nalepimo tudi texture. Na delovna mesta, kjer želimo, da program izračuna osvetljenost, postavimo površino za izračun.

Ko prostor izgleda takšen, kot bo v resnici, postavimo še svetilke. Svetilke dobimo večinoma na spletnih straneh proizvajalcev svetil v obliki LDT dodatka. Svetilke tako vstavimo v prostor in pričnemo z izračunom.



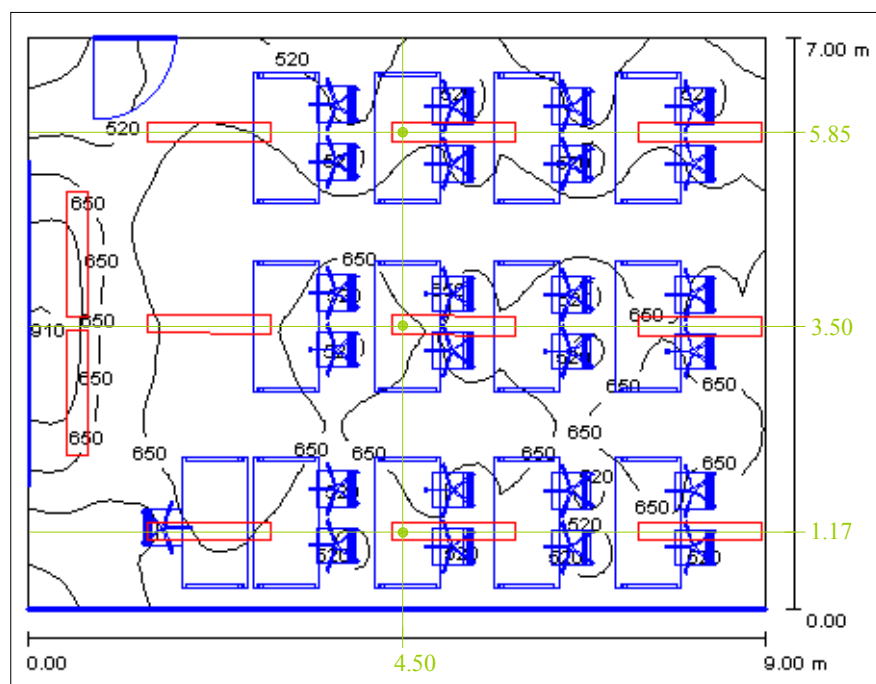
Slika 7.4: Tloris učilnice.



Slika 7.5: Končni izgled načrtovanja razsvetljave v učilnici.

Konkretni izračuni osvetljenosti:

Učilnica: Povzetek



Vrednost v lux. Merilna palica 1:89

Višina učilnice: 3 m. Faktor zmanjševanja: 0,80

Površina	ρ [%]	E_m [lx]	$E_{\min}$ [lx]	$E_{\max}$ [lx]	$E_{\min} / E_m$
Osvetljena površina	/	621	312	923	0,50
Tla	30	356	75	764	0,21
Strop	70	203	140	360	0,69
Stene (4)	70	272	0,00	1861	/

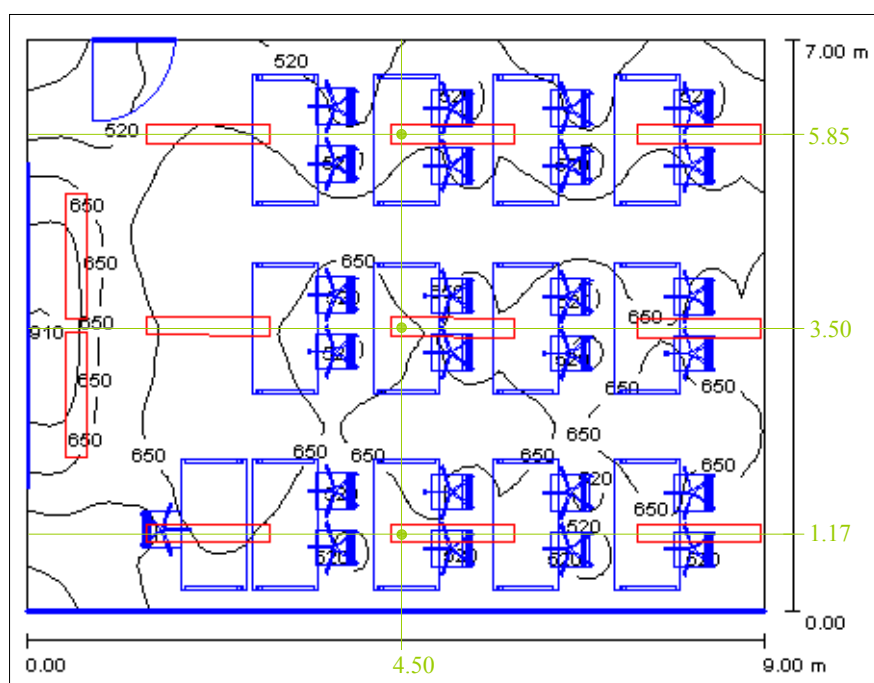
Osvetljena površina:
Višina: 0,85m
Raster: 64x 64 točke
Obrobje: 0m
Svetilke – kosovni seznam

Tip	Kos	Oznaka (Faktor korekture)	Φ [lm]	P[W]
1	2	SITECO 5LC 142 7-1 E SINOVA (1.000)	5000	53
2	9	SITECO 5LF 512 6-2RF SITECO louvre luminaire M (1.000)	6600	39

Skupaj: 69400 457

Specifična zaključna vrednost: $7,25 \text{ W/m}^2 = 1,15 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$ (osnovna površina: $63,00 \text{ m}^2$)

Učilnica: Osvetljena površina – Izolinije (E)



Vrednost v lux. Merilna palica 1:64
Raster: 64 x 64 točke

$E_m [\text{lx}]$	$E_{\min} [\text{lx}]$	$E_{\max} [\text{lx}]$	$E_{\min} / E_m$	$E_{\min} / E_{\max}$
621	312	923	0,50	0,34

Učilnica – svetlobnotehnični rezultati

Skupni svetlobni tok: 69400 lm

Skupna moč: 457 W

Faktor zmanjševanja: 0,80

Obrobje: 0,000 m

Površina	Srednja moč osvetlitve [lx]			Stopnja odsevanja [%]	Srednja svetlost [cd / m^2]
	Neposredno	Posredno	Skupaj		
Osvetljena površina	438	183	621	/	/
Tla	222	135	356	30	34
Strop	0,00	203	203	70	45
Stena 1	115	155	270	70	60
Stena 2	159	163	322	70	72
Stena 3	99	167	266	70	59
Stena 4	101	132	233	70	52

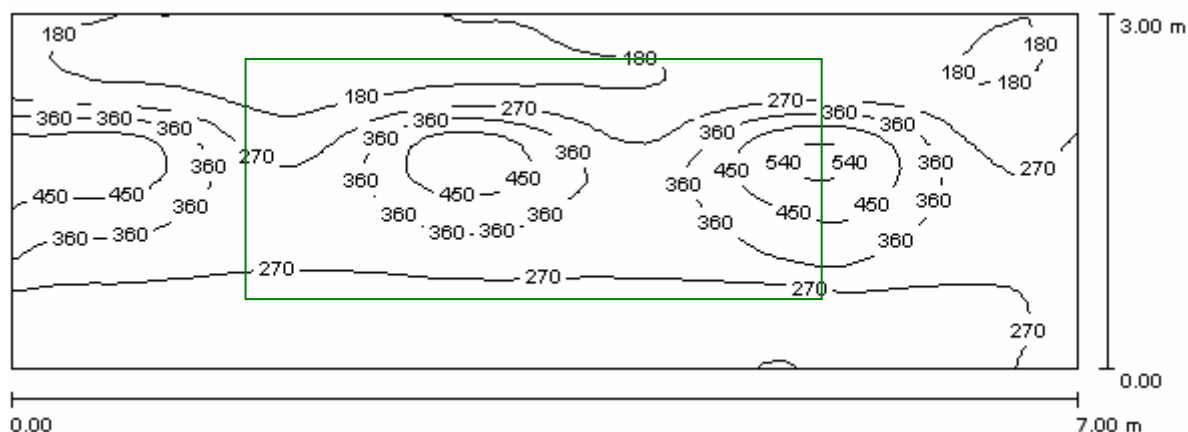
Enakomernost na uporabnem nivoju:

$$E_{\min} / E_m = 0,50$$

$$E_{\min} / E_{\max} = 0,34$$

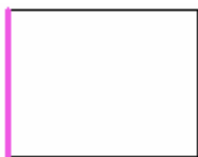
Specifična zaključna vrednost: $7,25 W / m^2 = 1,15 W / m^2 / 100 \text{ lx}$ (osnovna površina: 63 m^2)

Učilnica – Površina stene s tablo



Vrednost v lux. Merilna palica 1:64

Vertikalna površina v prostoru:



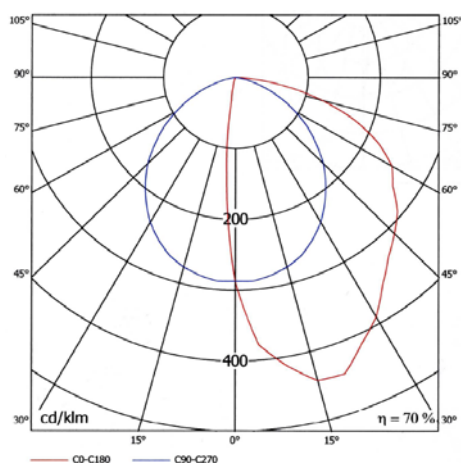
Raster: 64x32 točke

$E_m [lx]$	$E_{min} [lx]$	$E_{max} [lx]$	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
266	152	450	0,57	0,34

Izračun osvetljenosti je izveden na površini stene s tablo. Da bi dosegli enakomernost osvetljenosti v prostoru mora biti razmerje $E_{min} / E_m \geq 0,5$.

Enakomernost osvetljenosti predstavlja v notranji razsvetljavi tisti faktor kakovosti, ki v odločilni meri vpliva na izbiro in na razmestitev svetilk v prostoru.

Podatki o svetilki 1:



SITECO 5LC 142 7-1E SiNOVA

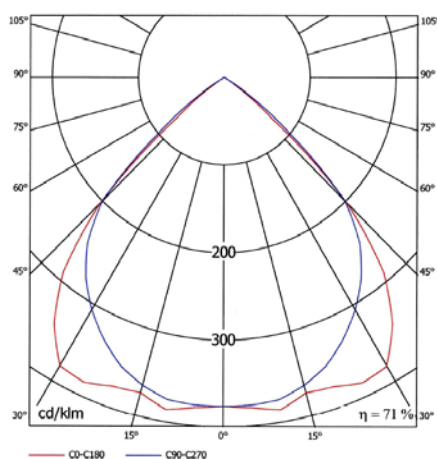
Artikel – št.: 5LC 142 7- 1E

Svetlobni snop svetilke: 5000 lm

Moč svetilke: 58W

Klasifikacija svetilke po CIE: 100

Podatki o svetilki 2:



SITECO 5LF 512 6-2RW SITECO

Artikel – št.: 5LF 512 6-2RW

Svetlobni snop svetilke: 6600 lm

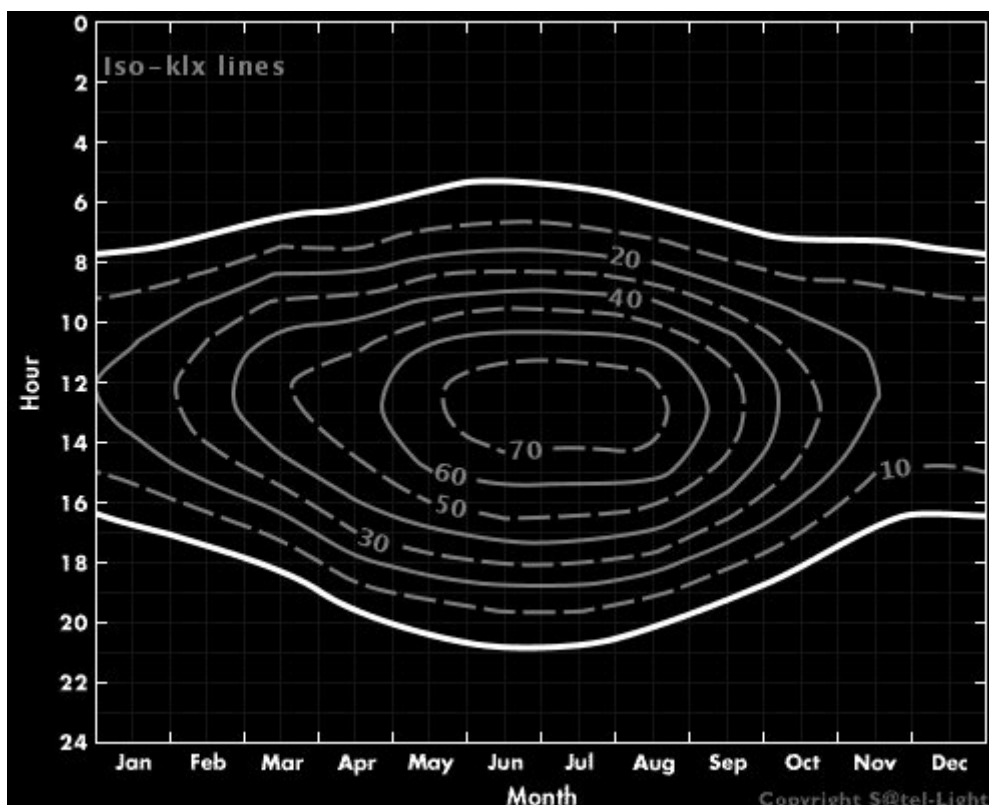
Moč svetilke: 75W

Klasifikacija svetilke po CIE: 100

7.3 DOLOČANJE RAZPOLOŽLJIVE DNEVNE SVETLOBE

Časovno gledano je svetlobe največ, ko je sonce najvišje na nebu. Zaradi tega je poleti razpoložljive dnevne svetlobe več kot pozimi. Količina svetlobe se seveda spreminja tudi z uro dneva in doseže približno opoldne svoj maksimum.

Kot lahko vidimo iz slike 7.6, v Sloveniji (točneje v Ljubljani) doseže maksimalna vrednost osvetljenosti na prostem nekaj čez 76000 lx, in sicer v mesecu juliju. Pozimi so te vrednosti precej manjše in na primer januarja ne presegajo 25000 lx.



Slika 7.6: Mesečno povprečje urnih vrednosti osvetljenosti na prostem za Ljubljano.

Geografsko lego kraja ter časovno odvisnost količine dnevne svetlobe še lahko ustrezno predvidimo oziroma ovrednotimo, vpliv vremena na količino svetlobe pa je popolnoma nepredvidljiv. Pri oblačnem vremenu so lahko vrednosti osvetljenosti s sončno svetlobo tudi več kot desetkrat manjše od podane vrednosti za jasno nebo. Vreme pogojuje tudi hitre spremembe svetlobnih razmer, saj se lahko oblačnost neba ob močnem vetru zelo hitro spreminja, s tem pa tudi razpoložljiva dnevna svetloba. Ker pa je te spremembe nemogoče računsko ustrezno obdelati, si pomagamo s statistiko in torej govorimo o povprečni količini dnevne svetlobe, ki je v določenem kraju na voljo.

Uspešnost pri načrtovanju kakovostnega vizualnega okolja se da dokaj dobro ugotovljati že v fazi oblikovanja na modelih pod umetnim nebom ali z računalniškimi simulacijami. Predvsem gre za določanje osvetljenosti, ki morajo zadostiti minimalnim zahtevam. Te se nanašajo na kritično delovno mesto v učilnici, to je tisto, ki je zaradi lege v učilnici najslabše osvetljeno, ali pa na zamišljeno delovno površino, običajno nekje na sredini učilnice ali v simetrali okenske površine. Zahteve po osvetljenosti oziroma količniku dnevne svetlobe so določene glede na dejavnost, ki se v prostoru odvija. Zaradi dinamike dnevne svetlobe se osvetljenost na izbranem mestu, torej absolutna vrednost v luxih nenehno spreminja, zato se kot pokazatelj

osvetljenosti na posameznem mestu uporablja količnik dnevne svetlobe (FDS), ki je podan s spodnjo enačbo:

$$FDS = \frac{E_n}{E_z} \cdot 100\%, \quad (7.9)$$

kjer pomeni:

FDS – količnik dnevne svetlobe,

E_n - osvetljenost v prostoru,

E_z - osvetljenost na prostem.

Količnik dnevne svetlobe podaja razmerje med osvetljenostjo v prostoru (E_n) in horizontalno osvetljenostjo na prostem (E_z), ki bi jo izmerili na istem mestu in ob istem času, če šole oziroma učilnice ne bi bilo. Količnik dnevne svetlobe je možno določiti računsko na podlagi geometrije prostora in okolice ter lastnosti sten in oken. Lahko pa ga določimo tudi s pomočjo meritve. Običajno se podaja oziroma izračunava za več različnih točk znotraj prostora, pri tem pa je potrebno upoštevati tudi izgube svetlobe na zasteklitvi. S pomočjo relativno podanega količnika dnevne svetlobe je potem iz znane ali predpostavljene osvetljenosti na prostem mogoče določiti osvetljenost in enakomernost osvetljenosti v učilnici.

Za izračun osvetljenosti v učilnici (E_n) je potrebno najprej določiti iz slike 7.6 horizontalno osvetljenost na prostem (E_z) in jo pomnožiti s količnikom dnevne svetlobe (FDS).

V treh izbranih točkah se izračuna količnik dnevne svetlobe. Vrednost faktorja dnevne svetlobe pada z večanjem oddaljenosti od okna.

8. MOŽNI PRIHRANKI ENERGIJE PRI UPORABI REGULACIJE UMETNE RAZSVETLJAVE

8.1 Izračun količnika dnevne svetlobe v učilnici

Količnik dnevne svetlobe je sestavljen iz vsote deleža direktnega sevanja, deleža odboja od ovire in deleža odboja od sten v prostoru, ki jo pomnožimo s faktorjem presevnosti stekla τ , s faktorjem zastekljenosti okna k_1 in s faktorjem zaprašenosti okna k_2 .