

Priporočila za načrtovanje dnevne osvetljenosti

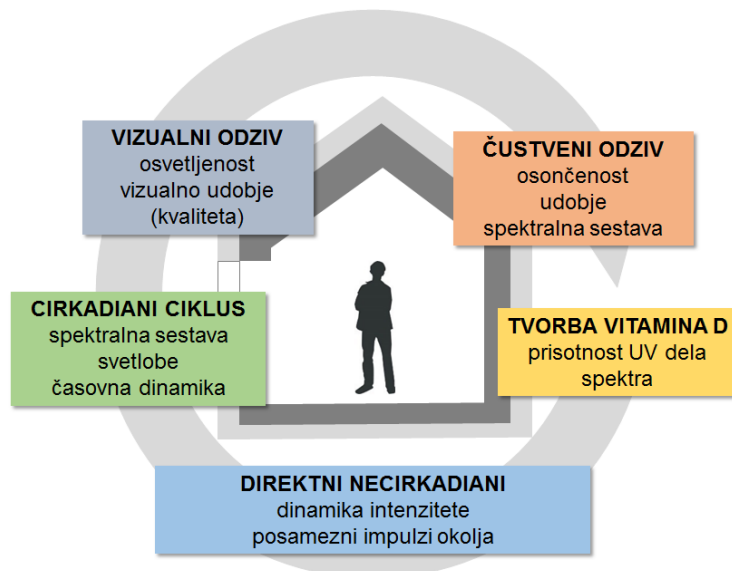
izr. prof. dr. ŽIVA KRISTL, u.d.i.a.
Evropska pravna fakulteta
BiroArcus d.o.o.

KAZALO

- 1. ZAKAJ JE DNEVNA SVETLOBA POMEMBNA**
- 2. VIR DNEVNE SVETLOBE**
- 3. DNEVNA OSVETLJENOST IN KAKO SE IZRAČUNA**
- 4. KVALITETA SVETLOBE V PROSTORU**
- 5. VIDNI STIK Z ZUNANJOSTJO**
- 6. OSONČENOST**
- 7. PRIPOROČILA**
- 8. ZAKLJUČEK**
- 9. LITERATURA**

1. ZAKAJ JE DNEVNA SVETLOBA POMEMBNA

Dnevna svetloba je bistvenega pomena za življenje in delo, saj ne omogoča le opravljanja vizualnih nalog, temveč bistveno vpliva tudi na psiho-fiziološki odziv našega organizma. Oboje skupaj (vizualni in cirkadiani sistem) delujeta sinhrono in omogočata, da ohranjamo zdravje ter da smo uspešni pri delu in sproščeni pri počitku. Medtem ko je vizualni učinek svetlobe pomemben samo takrat in toliko časa, dokler gledamo, je nevizualni biološki učinek svetlobe bistven ves čas (ko smo budni in ko spimo).



Slika 1: Kompleksnost vplivov naravne svetlobe na človeka (vir: Ž. Kristl)

Sposobnost vizualnega zaznavanja

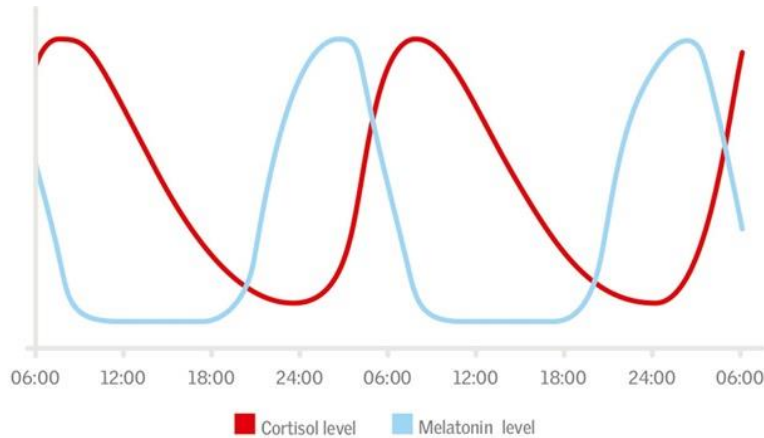
Raven osvetljenosti neposredno vpliva na sposobnost vizualnega zaznavanja. Tako fiziologija očesa kot vizualni sistem se na količino svetlobe odzivata s prilagoditvijo. Človek tako lahko vidi pri šibki ali močni svetlobi. Vendar se ob nepretrganem opravljanju vizualnih nalog pri neprimerni osvetljenosti oko utruja, kvaliteta dela pa je slabša, lahko se poveča tudi bolniška odsotnost in možnost nesreč. Zato za določene aktivnosti vedno zagotavljamo primerne ravni osvetljenosti. Kvantitativne in kvalitativne zahteve za opravljanje vizualnih nalog so predpisane v regulativi. S pomočjo teh zahtev projektant lahko določi obliko in velikost oken ter določi lastnosti zasteklitve, ki bodo omogočale doseganje predpisanih razmer v prostoru. Za delo (npr. pisanje, branje, delo z računalnikom itd.) so zahteve glede osvetljenosti definirane na delovni ravni. Primerno osvetljenje potrebujemo cel čas tekom opravljanja vizualnih nalog. Te zahteve lahko večino dneva zagotavljamo s primerno oblikovanimi svetlobnimi odprtinami, tekom ostalega časa pa moramo kot dopolnilo ali osnovni vir uporabiti umetne vire svetlobe.

Nevizualni biološki učinek

Nevizualni biološki učinek svetlobe se nanaša na vpliv dnevne svetlobe na fiziološki in psihološki odziv človeškega organizma. Človekova biološka ura (cirkadiani ritem) se adaptira na dnevno-nočni cikel in je v veliki meri odvisna od intenzitete svetlobe, oziroma izmenjave temnih in svetlih ciklov. Osnovne biološke potrebe zato poleg drugega vključujejo vidni stik z zunanostjo in z dinamičnimi procesi, ki se tam odvijajo (Berson et al., 2002).

Človeški organizem potrebuje izmenjavo svetlobe in teme za normalno delovanje, predvsem za izločanje hormonov (melatonina, serotoninina, kortizola) (Brainard et al., 2001). Ti vplivajo na ritem aktivnosti in počitka, na telesno temperaturo, zbranost, razpoloženje, itd. Dnevna svetloba ima lastnosti, ki jih s konvencionalnimi umetnimi viri težko nadomestimo. To so smer svetlobe, ki vpada direktno v oko, primerna spektralna sestava, dnevna in sezonska dinamika ter spreminjajoča se

intenziteta svetlobe tekom dneva. Vpliv svetlobe na psiho-fiziološko delovanje organizma se sproži ob višjih nivojih osvetljenosti od tistih, ki jih potrebujemo za opravljanje vizualnih nalog (nad 1000 lx), predvsem pa je potreben vpad svetlobe krajših valovnih dolžin neposredno v oko (modri del vidnega spektra). Odmerke modre svetlobe potrebujemo tekom določenih časovnih obdobj (npr. zjutraj in zgodaj popoldan) in jih lahko tekom dneva prejmemo na delovnem mestu, pri gibanju po prostoru ali v zunanjem okolju. V prostorih, kjer stik z dnevno svetlobo ni omogočen, govorimo o t. i. »biološki temi«.



Slika 2: Izločanje hormonov melatonina in kortizola (povzeto po Brainard, 2002)

Notranje okolje in dnevna svetloba

Za večino ljudi v razvitem svetu notranje okolje predstavlja dominantno okolje. Že pred desetletji so znanstveniki ugotovili, da se zaradi modernega načina življenja v notranosti zadržujemo od 80 do 90% časa (Evans in McCoy, 1998). Zelo zgovorna je študija, izvedena v San Diegu, Kalifornija, ki je vključevala 106 ljudi v starosti 40–64 let. Pokazala je, da so bili sodelujoči v povprečju samo 4 % časa (od 24 ur) izpostavljeni svetlobi intenzitete enake ali višje od 1000 lx. Od tega so 50 % dneva preživel pri nivoju osvetljenosti od 0,1 do 100 lx in 38,6 % dneva pri osvetljenosti pod 0,1 lx, vključno s časom, ko so spali ali vozili ponoči (Espiritu et al., 1994). To pomeni, da ima v določenih okoljih večina uporabnikov omejen dostop do impulzov, ki jih zagotavlja naravno okolje.

Najobsežnejše študije o vplivu dnevne svetlobe na učence so bile izvedene v osnovnih šolah v ZDA. Študija (Heschong Mahone, 1999) je zajela preko 21.000 učencev v treh zveznih državah ZDA (Kolorado, Kalifornija in Washington). Ugotovila je, da ima dobra dnevna osvetljenost učilnic znaten vpliv na zdravje in zbranost učencev pri pouku, ter s tem na njihovo napredovanje in učne uspehe. Med bistvenimi vplivi na zdravje navaja manj pojavljanja kariesa, izrazitejšo rast in razvoj ter večjo odpornost (manj izostankov od pouka) pri učencih, ki so bili dlje časa izpostavljeni dnevni in sončni svetlobi. Med vplivi na učni uspeh pa, da so imeli učenci, ne glede na zasnovo učilnic in kurikulum, v najboljše dnevno osvetljenih učilnicah 7-18% višje ocene kot pa učenci v najslabše dnevno osvetljenih učilnicah. Razlike na posameznih šolah so bile še večje. V okrožju Capistrano (CA) je bil letni učni napredek učencev v najboljše dnevno osvetljenih učilnicah, opremljenih z nadsvetlobami, v primerjavi s slabo dnevno osvetljenimi učilnicami za 20% hitrejši pri matematiki in za 26% hitrejši pri branju. Naknadno so isti avtorji izvedli dodatno študijo, ki je razširila obravnavo več parametrov notranjega okolja v šolah in vzpostavila povezavo med različnimi vplivnimi faktorji (Heschong Mahone, 2003a).

Tudi študije pisarniških okolij potrjujejo povezavo med faktorji notranjega okolja (predvsem dnevne osvetljenosti) ter produktivnostjo in zdravjem zaposlenih. Dogrusoy in Tureyen (2007) sta v svoji študiji ugotovila, da ima večina zaposlenih raje naravno osvetlitev ter da so po mnenju zaposlenih trije najpomembnejši faktorji prijetnega delovnega okolja dnevna svetloba, osončenost in naravno prezračevanje. Študija Heschong Mahone Group (2003b) je pokazala, da se učinek dobro osvetljenih

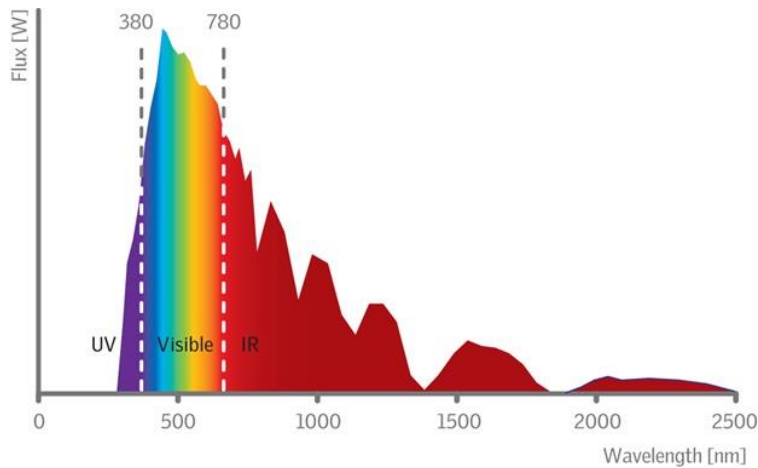
delovnih prostorov neposredno odraža na učinkovitosti zaposlenih. Tudi Mills in dr. (2007) so ugotovili, da modra svetloba izboljša storilnost, Hoffmann s sodelavci (2008) pa, da variabilna svetloba potencialno izboljšuje razpoloženje zaposlenih v pisarniškem okolju. Podobno je ugotovil tudi Knoop (2006). Iz zgoraj navedenih študij je razvidno, da dnevna svetloba poleg cirkadianih ritmov vpliva tudi na storilnost in razpoloženje. Ta informacija je ključnega pomena za vrednotenje delovnih mest posebej zato, ker glede na študije (Aries, 2005, Kristl et al., 2011) le manjši delež obstoječih delovnih mest dosega vrednosti pri katerih dnevna svetloba sproža fiziološke odzive telesa.

Študije izvedene v preteklih dveh desetletjih so pokazale, da ima pomanjkanje izpostavljenosti dnevni svetlobi širok nabor negativnih posledic, od slabše delovne učinkovitosti in večje pogostnosti nesreč, do zdravstvenih težav, kot so slabo počutje, pomanjkanje energije, nespečnost, depresija in nekatere vrste raka (Boubekri, 2008; Roenneberg in Merrow, 2016). Depresija je ena od bolezni, ki je povezana tudi s pomanjkanjem dnevne svetlobe. Obolelega onesposobi za normalno življenje, obenem pa povzroča tudi znatno finančno breme. Študija (Sobocki et al., 2006) je ocenila, da je leta 2004 v EU28 21 milijonov oseb trpelo zaradi depresije. Izračunali so, da skupni letni znesek povezan s pojavom depresije obsega 118 MRD EUR, kar znaša 1% BDP oziroma 253 EUR na prebivalca. Amundadottir et al. (2017) zato ugotavljajo, da je za oceno dnevne svetlobe v stavbah v smisli potencialnih nevizualnih učinkov in stika z zunanostjo potrebno uporabiti pristop, usmerjen na človeka.

Z dnevno svetlobo lahko zagotavljamo velike količine svetlobe v prostorih ob tem, da ima ta svetloba odlično spektralno sestavo in obenem tekom dneva tudi variira. Svetlobe odprtine zagotavljajo vidni stik z zunanostjo kar je pomembno za dobro počutje uporabnikov. Bistven je tudi energetski prispevek svetlobe, ki vpada v stavbe, obenem pa sončna svetloba vzpodbudno vpliva na razpoloženje uporabnikov. V primeru, da so osončena fiksna delovna mesta, je potrebno zagotoviti primerno senčenje.

2. VIR DNEVNE SVETLOBE

Vir vse dnevne svetlobe je sonce. Sončni spekter je sestavljen iz ultravijolične svetlobe (UV), vidne svetlobe (VL) in infrardečega dela spektra (IR). Energijska distribucija znotraj sončnega spektra je približno 2% UV, 47% vidne svetlobe in 51% IR.



Slika 3: Sončni spekter (vir: <https://velcdn.azureedge.net/~media/com/deic/daylight/1-1/1.jpg>)

Ultravijolični del sevanja je človeškemu očesu neviden in ima valovne dolžine $\sim 300\text{-}380$ nm. Pomemben je zaradi tvorbe vitamina D v koži in zaradi uravnavanja cirkadianih ritmov. Vidna svetloba je edini del sončnega spektra, ki ga oko zaznava kot svetlobo. Ima valovne dolžine med $380\text{-}780$ nm. Z njeno pomočjo opravljamo vizualne naloge, odgovorna pa je tudi za uravnavanje cirkadianih ritmov. Infrardeči del sevanja je človeškemu očesu neviden in ima valovne dolžine med $\sim 790\text{-}3000$ nm. Občutimo ga kot toploto. Dokler sončno sevanje ne doseže zemljine atmosfere sta njegova spektralna sestava in intenziteta relativno konstantni. Na poti skozi atmosfero do zemeljskega površja, pa se del sončnega sevanja odbije nazaj v vesolje, del se absorbira v atmosferi, del se difuzira in del prodre do površja direktno. Tako kot ostali deli spektra tudi svetloba do zemeljske površine dospe kot direktna in difuzna svetloba. Direktna sončna svetloba in difuzna nebesna svetloba torej skupaj tvorita dnevno svetlobo.

Zaradi kroženja okoli sonca in zaradi kroženja okoli svoje osi površina Zemlje ni nikoli enakomerno izpostavljena sončnemu sevanju. Smatramo, da je na zemeljskem površju dnevna svetloba vir, ki ni konstanten, temveč je podvržen cikličnim spremembam letnih časov ter dneva in noči, poleg tega pa nanj vplivajo tudi vsakokratne vremenske razmere. V stavbe tekom dneva tako prehajata direktna sončna svetloba in difuzna nebesna svetloba, vsakič v drugačni intenziteti in medsebojnem razmerju, poleg tega pa tudi svetloba, ki se je odbila od zunanjih površin.

Direktna sončna svetloba prihaja neposredno s smeri sonca. Ker je njen vir navidezno majhen, je izrazito usmerjena, ima veliko intenziteto in povzroča močne, ostre sence in kontraste. Večino časa je bela. Vpad direktne sončne svetlobe v stavbe je odvisen predvsem od orientacije svetlobnih odprtin.

Difuzna nebesna svetloba je svetloba, ki jo oddaja nebesna hemisfera (nebo). Ker je vir navidezno veliko večji kot sonce, svetloba nima pretežne smeri, temveč do neke točke prihaja z več smeri hkrati. Svetloba ne povzroča izrazitih senc in kontrastov, je spektralno nevtralna (hladna bela) in razmeroma enakomerna, neodvisna od orientacije. Bliže zenitu ima svetloba večjo intenziteto kot na horizontu. Difuzna svetloba lahko prihaja z jasnega modrega ali oblačnega »belega« neba. Jasno modro nebo ima lahko manjšo intenziteto kot oblačno nebo in tudi nekoliko drugačno spektralno sestavo.

Pri dnevnem osvetljevanju prostorov pretežno izkoriščamo difuzno nebesno svetlobo, čeprav tudi direktna sončna svetloba doprinese h končni intenziteti svetlobe v prostoru. Za opravljanje določenih vizualnih nalog je bolje, če je svetloba le difuzna (pisarniški prostori, nekatere vrste proizvodnih prostorov, ateljeji) v nekaterih prostorih pa pazimo, da zagotovimo tudi vpad direktne sončne svetlobe (bolnišnice, otroški vrtci, domovi za ostarele, stanovanjski prostori).

Standardizirani modeli neba

V naših klimatskih razmerah se tekom leta izmenja veliko različnih vremenskih situacij (stanj neba), ki imajo za posledico različne kombinacije direktne in difuzne svetlobe. Zato je za izračun dnevne osvetljenosti prostora potrebno pravilno izbrati stanje neba. Skladno z razmerami na lokaciji in prevladujočim virom svetlobe, za računanje dnevne osvetljenosti uporabljamo različne standardizirane modele neba. V računalniških orodjih za izračun dnevne osvetljenosti so že vneseni najpogosteje uporabljeni modeli neba, tako da distribucije svetlobe na nebu ni potrebno modelirati. Vedeti moramo le, kateri tip neba je na določeni lokaciji najprimerneje izbrati. V nadaljevanju so predstavljeni najpogosteje uporabljeni standardni tipi neba (ISO 15469, 2004).

Standardno enotno nebo (uniform sky)

Zgodnje študije svetlobe na nebu so temeljile na predpostavki, da je svetloba na nebu difuzna in porazdeljena popolnoma enakomerno. Enotno nebo ima torej popolnoma enakomerno in konstantno distribucijo svetlosti po celotni hemisferi, kar odgovarja nebu prekritemu z debelo plastjo belih oblakov ali nebu z zelo motno atmosfero (megli). Svetloba je popolnoma difuzna, vpliva direktne sončne svetlobe ni, zato tudi ni vpliva orientacije. Tak model neba uporabljamo v klimatskih razmerah z veliko vsebnostjo vlage v atmosferi (nizka oblačnost), v primeru zelo motne atmosfere (smoga, prahu) in veliko pogostnostjo megle.

Standardno oblačno nebo (standard CIE overcast sky)

Z napredkom tehnologije merjenja so ugotovili, da se količina svetlobe na različnih delih neba močno razlikuje. Moon in Spencer (1942) sta razvila metode, ki so temeljile na neenakomerni distribuciji svetlobe na nebu: svetlost neba v zenitu je trikrat močnejša od svetlosti na horizontu (nebo je prekrito z oblaki, atmosfera je relativno čista, svetloba je popolnoma difuzna, vpliva direktne sončne svetlobe ni). Ta model je danes splošno privzet pod imenom »standardno CIE oblačno nebo«. Tako enakomerno porazdelitev svetlobe na nebu lahko smatramo kot približek povprečnemu stanju sončne in nebesne svetlobe. Ker računamo le z difuzno svetlobo, vpliva orientacije tudi pri tem tipu neba ni. Najpogosteje ga uporabljamo pri računanju dnevne osvetljenosti v zmernih klimah. Ta model neba tudi obvezno izberemo pri računanju količnika dnevne svetlobe.



Slika 4: Model standardnega CIE oblačnega neba (vir: Ž. Kristl).

Jasno nebo (clear sky)

Tretje standardno nebo je jasno nebo, pri katerem sta nebo in atmosfera čista in brez oblakov. Svetlost se spreminja glede na zenit, horizont in položaj sonca. Dnevna svetloba jasnega neba je sestavljena iz dveh komponent: nebesne svetlobe, ki je difuzna in nizke svetlosti in direktne sončne svetlobe, ki je

usmerjena in zelo intenzivna. Pri jasnem nebu je najsvetlejši del neba v smeri sonca, in je 10x svetlejši kot najtemnejši del neba, ki se nahaja približno pod kotom 90° od sonca. Direktna sončna svetloba je ekstremno svetla in neprestano spreminja smer (upoštevati je treba dnevne in letne spremembe poti sonca). Pri tem tipu neba je orientacija zelo pomembna. Ta model izbiramo za klime z veliko sončnimi urami in za preverjanje osončenosti prostorov v vseh ostalih klimah.

Vmesno nebo (intermediate sky)

Standardno vmesno nebo je vmesno stanje med jasnim in oblačnim nebom. Je eden izmed novejših modelov neba in je nekakšna megličasta varianta jasnega neba. Sonce ima nekoliko nižjo intenziteto kot pri popolnoma jasnem nebu, vendar je njegov vpliv kljub temu mogoče čutiti. Razmerja svetlosti na hemisferi so nekoliko manjša kot pri jasnem nebu. Pri tem tipu neba je orientacija zelo pomembna, saj ima direktno sončno sevanje občuten vpliv na distribucijo svetlobe na nebu. Ta model neba uporabljamo pri računanju dnevne osvetljenosti v zmernih klimah.

3. DNEVNA OSVETLJENOST IN KAKO SE IZRAČUNA

Osnovno merilo za oceno osvetljenosti površin je jakost vpadajoče svetlobe. Pri dnevni osvetljenosti notranjih prostorov "svetilo" predstavlja zunanost, ki svetlobo preko odprtih posreduje v stavbo direktno (osončenje), difuzirano (na nebu) in odbito (od naravnih in grajenih zunanjih površin). Ko svetloba doseže notranje površine in se od njih odbije v naše oko, te površine postanejo vidne. S pomočjo premisleka o postavitvi in oblikovanju svetlobnih odprtih lahko dodatno modeliramo prostor, npr. poudarimo določene elemente, dosežemo vtis globine, naredimo zaznavne teksture površin ipd. Zato je zelo pomembno koliko svetlobe se odbija od površin in kakšen je način odboja (difuzen ali zrcalen), saj to rezultira v dobro ali slabo osvetljenem prostoru.

Osvetljenost (E) je gostota svetlobnega toka, ki vпада na ploskev. Osvetljenost je tem večja, čim močnejši je svetlobni tok in tem šibkejša čim večja je ploskev, na katero se svetlobni tok porazdeli. Enota osvetljenosti je lux (lx).

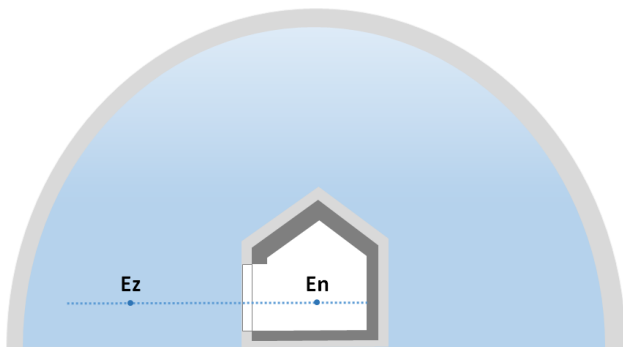
Tabela 1: Osvetljenosti pod različnimi viri naravne svetlobe

Vir svetlobe	Osvetljenost (E) površine (lx)
Direktna sončna svetloba	100 000
Difuzna svetloba	10 000
Zelo oblačno nebo	1 000
Mrak	10
Lunin sij	0,1

Dnevno osvetljenost v prostoru lahko izrazimo absolutno kot osvetljenost vendar se bo njena vrednost zaradi nihanja jakosti vira že v naslednjem trenutku nekoliko spremenila. Zato moramo osvetljenost z naravnimi viri svetlobe v neki točki izračunati na poseben način. Prva možnost je, da osvetljenost z dnevno svetlobo izračunamo za celoten čas, ko je dnevna svetloba na voljo (celoleten izračun). Izračun izvedemo z validiranim računalniškim orodjem, ki vsebuje verodostojne klimatske podatke za obravnavano lokacijo in uporabimo kratke časovne intervale (30 – 60 min).

Druga možnost je, da dnevno osvetljenost izrazimo kot razmerje osvetljenosti na neki točki do zunanje osvetljenosti na neovirani horizontalni zunanji površini v istem trenutku. To razmerje imenujemo količnik dnevne svetlobe (D).

Količnik dnevne svetlobe (D) je standardizirana oblika izražanja dnevne osvetljenosti v stavbah in je definiran kot razmerje nivojev nebesne (difuzne) svetlobe, ki pade na določeno točko dane ravnine direktno ali indirektno (E_n), ob predpostavljene ali znani razporeditvi svetlobe na nebu (standardno CIE oblačno nebo) in svetlobe na horizontalni ravnini sprejete od neovirane hemisfere tega neba v istem trenutku (E_z). V literaturi boste količnik dnevne svetlobe našli označen tudi kot DF (daylight factor) ali pa kot KDS (količnik dnevne svetlobe). Količnik dnevne svetlobe običajno merimo na horizontalni referenčni ravnini, vendar ga lahko merimo tudi na nagnjeni ali vertikalni ravnini. Razmerje izrazimo v odstotkih [%].



Slika 5: Položaj merjenja osvetljenosti z dnevno svetlobo, istočasno merimo notranjo in zunanjo osvetljenost (E_n in E_z) (vir: Ž. Kristl)

$$D = (E_n/E_z) \cdot 100\%$$

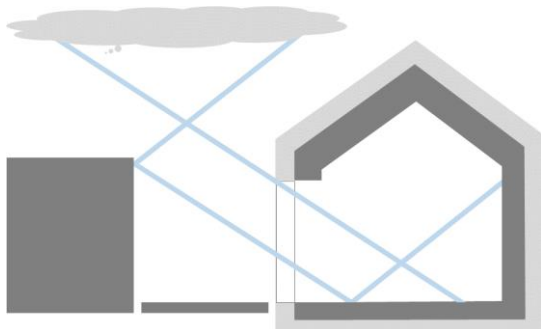
E_n je notranja osvetljenost v točki na določeni ravnini

E_z je osvetljenost na neovirani zunanji horizontalni površini

Izračun količnika dnevne svetlobe (D)

Količnik dnevne svetlobe lahko izmerimo ali izračunamo za katerokoli točko v prostoru ali nizu prostorov. Na obstoječih stavbah izvedemo meritve v izbranih prostorih. V fazi projektiranja ga lahko predvidimo z meritvami prejete svetlobe na modelu stavbe ali, pogosteje, s standardiziranim izračunom ob uporabi risb in ostalih podatkov. Izračun količnika dnevne svetlobe je sestavljen iz treh komponent in korekcijskih faktorjev.

Izračun količnika dnevne svetlobe je zasnovan na podlagi standardnega CIE oblačnega neba (ISO 15469, 2004). Direktne sončne svetlobe pri izračuni torej ne upoštevamo. Pod popolnoma oblačnim nebom je količnik dnevne svetlobe v določeni točki konstanten in neodvisen od ure, letnega časa in orientacije svetlobne odprtine.



Slika 6: Svetloba do točke v prostoru prispe na različne načine (vir: Ž. Kristl)

Svetloba do točke v prostoru prispe na različne načine – neposredno z neba (D_{dir}) po odboju od zunanjih površin (D_{zun}) in po odboju od notranjih površin, (D_{not}). Pri tem nanjo vpliva cela vrsta dejavnikov, od transmissivnosti zasteklitve do refleksivnosti zunanjih ni notranjih površin.

$$D = (D_{dir} + D_{zun} + D_{not}) \tau k_1 k_2 k_3 (k_e)$$

D_{dir} direktna komponenta (svetloba prejeta direktno z neba)

D_{zun} zunanja refleksivna komponenta (svetloba prejeta potem, ko se je odbila od zunanjih površin)

D_{not} notranja refleksivna komponenta (svetloba prejeta potem, ko se je odbila od notranjih površin)

τ svetlobna transmissivnost zasteklitve

k_1 zmanjševalni faktor za okenski okvir in prečke

k_2 zmanjševalni faktor zaradi umazanije na steklih

k_3 popravek za vpad svetlobe, ki ne vpada pravokotno na steklo

k_e zmanjševalni faktor zaradi vpliva jaška (večinoma pri majhnih strešnih oknih ali izredno debelih zunanjih stenah)

V bližini svetlobnih odprtih ima največji vpliv direktna komponenta, zato je zelo pomembno kje se nahajajo zunanje ovire kot so na primer zemeljski nasipi, sosednje stavbe, visoke ograje in vegetacija ter kakšno reflektivnost imajo. Včasih oviro predstavljajo tudi elementi na stavbi, kot so nadstreški, stranski izzidki, sosednja krila ipd., ki lahko znatno zmanjšajo vpad svetlobe v prostor. V globino prostora prodre predvsem odbita svetloba. Zato je zelo pomembno, kako so obdelane notranje površine in kakšno reflektivnost imajo. Ko definiramo reflektivnost notranjih površin, moramo upoštevati, da bodo v stavbi prebivali uporabniki, ki bodo svoj bivalni ali delovni prostor oblikovali v skladu s svojimi potrebami in vanj namestili talne obloge, preproge, pohištvo, slike in podobne elemente. Zato pri definiranju reflektivnosti površin vedno upoštevamo popolnoma opremljene prostore in vrednosti temu primerno prilagodimo.

Tabela 2: Priporočene reflektivnosti notranjih površin (povzeto po SIST EN 12464, 2014)

Vrsta površine	Reflektivnost (-) SIST EN 12464	Reflektivnost (-) Praksa
Strop	0,6 – 0,9	0,7
Stene	0,3 – 0,8	0,5
Delovne površine	0,2 – 0,6	0,3
Tla	0,1 – 0,5	0,2

Izračunano vrednost moramo korigirati še s faktorji za zasteklitev (τ), netransparentno površino okenskih okvirjev (k_1) umazanost stekel (k_2), nepravokotni vpad svetlobe na steklo (k_3) in debelino stavbnega ovoja (k_4).

Prepustnost zasteklitve za svetlobo (τ) pri različnih sestavah lahko zelo variira in je predvsem odvisna od števila stekel in lastnosti posameznega stekla, oziroma vrste nanosa na steklu. S pomočjo nanosov na steklu lahko izbiramo kateri del sončnega sevanja in v kakšnem deležu bo prehajal skozi zasteklitev. Podatke o prepustnosti zasteklitve za svetlobo je pred pričetkom preračuna nujno potrebno preveriti pri ponudniku zasteklitve, oziroma se pozanimati katere zasteklitve so na voljo.

Tabela 3: Okvirne vrednosti prepustnosti za svetlobo pri različnih vrstah zasteklitve

Vrsta zasteklitve	Prepustnost za svetlobo (τ)
Enojna (float)	0,90
Dvoslojni klasični termopan (float, zrak, float)	0,80
Dvoslojna nizkoenergijska zasteklitev (float, AR polnitev, Low-E)	0,65 - 0,70
Dvoslojna sunblock zasteklitev, (float, Ar polnitev, Low-E)	0,5
Dvoslojna nizkopezustna zasteklitev, (float, Xe polnitev, Low-E)	0,3
Troslojna nizkoenergijska zasteklitev	0,3 - 0,6

Prepustnost zasteklitve za svetlobo je običajno izmerjena ob pravokotnem vpadu svetlobe na zasteklitev, zato jo je potrebno upoštevati ob določenih korekcijah (dnevna svetloba na zasteklitev nikoli ne vpada izključno pravokotno). Pozabiti ne smemo tudi na umazanijo, ki se nabira na zunanji površini stekel. Predvsem so obremenjena stekla v onesnaženih urbanih središčih, v industrijskih predelih in v bližini kmetijskih zemljišč. Umazanija se bolj intenzivno nabira na steklih, ki niso vertikalna.

Korekcijski faktor umazanije na steklih ni predviden skoraj v nobenem od računalniških orodij. Lahko ga upoštevamo tako, da svetlobno transmisivnost zasteklitve pomnožimo s korekcijskim faktorjem.

Okenske okvirje lahko upoštevamo tako, da ustrezno zmanjšamo okensko odprtino ali v izračun vnesemo primeren korekcijski faktor. Pri običajnih oknih upoštevamo 20% do 30% zmanjšanje okenske odprtine zaradi okenskih okvirjev, ki jo predhodno preverimo z meritvijo ali izračunom. Pri večini računalniških orodij za izračun dnevne osvetljenosti prostora je potrebno vnesti velikost zasteklitve (le transparentni del), zato moramo biti pozorni, da pomotoma ne vnašamo mer zidarskih odprtin ali celotnih okenskih elementov.

Tabela 4: Vpliv umazanije na zasteklitvi

Naklon zasteklitve	Vertikalno (90°)	V nagibu (45°)	Horizontalno (0°)
Umazanost zasteklitve	Redukcijski faktor	Redukcijski faktor	Redukcijski faktor
Majhna	0,9	0,8	0,7
Srednja	0,7	0,6	0,5
Velika	0,6	0,5	0,4

Vidimo, da je izračun osvetljenosti ali količnika dnevne svetlobe precej kompleksen, zato je izračun zelo težko izvesti brez programske opreme. Pred izračunom moramo poznati dimenzije prostora, ki ga obdelujemo in osnovne podatke o lastnostih predvidenih materialov, ter podatke o okolici objekta. Če uporabljamo 3D modeliranje objekta, je izračun še enostavnejši. Definirati je potrebno le transmisivnost in reflektivnost površin ter zunanje ovire. Vse ostalo je v 3D modelu že definirano.

Osvetljenost vedno merimo ali računamo na referenčni ravnini. **Referenčna ravnina** je navidezna horizontalna ravnina v višini delovne površine (če ni drugače določeno je to 0,85 m nad finalno ravnino tal). Za izračun ali meritev osvetljenosti referenčno ravnino razdelimo z enakomerno kvadratno ali pravokotno mrežo. Velikost celic mora biti primerna velikosti prostora. V vsaki celici izmerimo ali izračunamo osvetljenost. Običajno računalniška orodja ne računajo osvetljenosti v odmiku pol metra od roba prostora in s tem ne upoštevajo odbite svetlobe, ki bi lahko popačila rezultate.

4. KVALITETA SVETLOBE V PROSTORU

Vidno udobje je povezano s fiziološkimi lastnostmi človekovega očesa, zato moramo zagotoviti:

- primerno distribucijo svetlobe v prostoru,
- primerne kontraste,
- preprečiti bleščanje,
- primerno smer svetlobe,
- primerno odražanje barv v prostoru.

Distribucija svetlobe

Enakomerna razporeditev dnevne svetlobe v prostoru je eno najbolj kritičnih vprašanj dnevnega osvetljevanja. Distribucija svetlobe v stavbi je odvisna od velikosti in geometrije prostorov, velikosti, položaja in izvedbe svetlobnih odprtih, lastnosti zasteklitve, in reflektivnosti notranjih površin. Večina kritičnih odločitev, ki so pomembne za dobro distribucijo dnevne svetlobe se zgodi v zgodnjih fazah projektiranja. Prostori v katerih so zahteve glede dnevne osvetljenosti zelo pomembne ali specifične, morajo biti locirani na primernih položajih in orientacijah v stavbi. Prostore zato lociramo v določeni »svetlobni hierarhiji«.

Enakomernost (U_0) je razmerje minimalne proti povprečni osvetljenosti na dani ravnini. Izrazimo jo kot brezenotno vrednost (-). Podobno lahko enakomernost izrazimo tudi s pomočjo količnika dnevne svetlobe. Z dnevno svetlobo je enakomernost, kot jo razumemo pri umetni razsvetljavi, nemogoče doseči, saj vir dnevne svetlobe močno variira ob tem, da svetloba v prostore prehaja skozi svetlobne odprtine na obodu stavbe. Raven osvetljenosti pada, ko se oddaljamo od svetlobnih odprtih, zato je doseganje primerne osvetljenosti v globini prostora eden glavnih izzivov dnevnega osvetljevanja. Pri prostorih z majhnimi globinami (od 4 m do 6 m) običajno nimamo težav s količino dnevne svetlobe, ker to vprašanje reguliramo s pravilnim položajem in dimenzijami svetlobnih odprtih. Če pa so prostori globlji, svetlobne odprtine lahko močno vplivajo na konstrukcijske elemente (npr. visoko nameščena okna, nadsvetlobe).

Pri stransko osvetljenih prostorih največjo enakomernost osvetljenosti dosežemo z namestitvijo oken na sredino okenske stene ali, če je prostor širši, z enakomerno razporeditvijo oken na okenski steni. Pri globljih prostorih je priporočljivo uporabiti okna na več kot eni steni ali nadsvetlobe. Količina in distribucija svetlobe v prostoru je zelo odvisna od reflektivnosti sten in ostalih površin, zato je nujno, da finalno obdelavo sten, stropov in tal izbiramo tudi z mislijo na njihovo reflektivnost. Praviloma primerno razporeditev svetlobe dosežemo z izbiro svetlih barv za velike površine in intenzivnejših za manjše površine kot so določeni elementi pohištva, vratni podboji itd.. Kot odlično smatramo vrednost 0,4, kot dobro vrednost 0,2, medtem ko je vrednost 0,1 še komaj zadovoljiva.

Tabela 5: Svetlobna reflektivnost različnih površin

Vrsta površine	Reflektivnost (-)
Bel gladek omet	0,80
Bel grobi omet	0,40
Opeka	0,15
Vidni beton	0,10
Siva tekstilna obloga	0,05
Črna tekstilna obloga	0,01

Bleščanje

Distribucija svetlobe v prostoru mora biti takšna, da v vidnem polju ne zaznavamo prevelikih razlik med svetlimi in temnimi površinami. Človeško oko se prilagodi povprečni svetlosti v vidnem polju, zato močni kontrasti otežujejo vidno zaznavanje. Pri velikih razlikah svetlosti se lahko zgodi, da manj

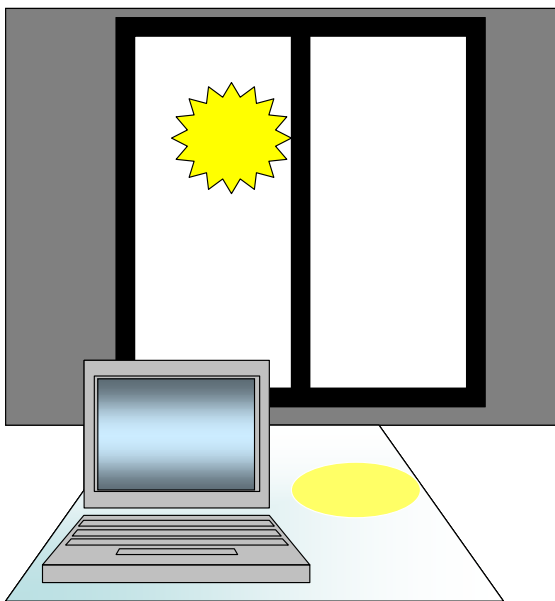
osvetljenih področij oko ne zaznava, bolj osvetljena področja pa povzročajo neprijeten občutek. Vendar pa moramo zagotoviti dovolj kontrasta, da struktura površin ostane vidna.

Bleščanje je stanje vida, ko zaznavamo nelagodje ali zmanjšano zmožnost razločevanja detajlov ali objektov, ki jo povzroča neprimerna distribucija ali jakost svetlobe ali ekstremni kontrasti v vidnem polju. Bleščanje je najpomembnejši problem vizualnega udobja in kakovosti osvetlitve. Lahko ga povzročita dva pojava: premočen kontrast (več kot 10:1) ali pretirana svetlost v vidnem polju. Lahko je blago moteče ali pa uporabniku popolnoma onemogoči gledati (slepeče bleščanje). Ne glede na intenzivnost, bleščanje vedno povzroči občutek neugodja in napora pri gledanju.

Bleščanje pri dnevni osvetljenosti prostorov je lahko:

- direktno (pogled v sonce, pogled na svetlo okno),
- indirektno (pogled na svetle površine),
- odsevno (zrcalni odboji od gladkih površin),
- posledica premočnih kontrastov.

Direktno bleščanje je povzročeno, kadar naraven ali umeten vir svetlobe z visoko svetlostjo vstopi neposredno v opazovalčevo vidno polje. Lahko nastopi zaradi notranjih svetlobnih virov (luči) ali kadar sta sonce ali nebo vidna direktno skozi okno. Indirektno bleščanje nastopi kadar je nivo osvetljenosti površin zelo visok. Odsevno bleščanje je povzročeno z zrcalnim odbojem svetlobe od gladkih (odsevnih) površin. Pri dnevnem osvetljevanju je potencialni vir bleščanja okno, pogled na svetlo nebo ali svetle zunanje objekte, ki jih vidimo skozi okno.



Slika 7: Različni viri bleščanja na delovnem mestu (vir: Ž. Kristl).

Oblikovanje dnevnega osvetljevanja vključuje odločitve povezane z orientacijo in lego oken, njihovo velikostjo, zasteklitvijo in senčili. Veliko teh odločitev je odvisnih tudi od drugih faktorjev ne le od dnevne osvetlitve. Zato pri načrtovanju lahko pride do nasprotujočih si teženj, ko želimo z večjimi okni doseči višjo osvetljenost, nadzor bleščanja pa narekuje manjša okna ali namestitev senčil.

Tabela 6: Predlagane vrednosti DGP_t za različne ravni zaščite pred bleščanjem (ppvzeto po prEN 17037, 2016)

Priporočilo	DGP_t	Maksimalna dovoljena presežna vrednost tekom časa uporabe

Priporočilo za minimalno zaščito pred bleščanjem	0,45	5%
Priporočilo za srednjo zaščito pred bleščanjem	0,40	5%
Priporočilo za visoko zaščito pred bleščanjem	0,35	5%

DGP_t verjetnost pojava bleščanja (daylight glare probability)

Popolno izogibanje bleščanju ni vedno dobrodošlo. V mnogih primerih lahko monoton in nevtralen videz prostora preprečimo z določeno (kontrolirano) količino bleščanja.

5. VIDNI STIK Z ZUNANJOSTJO

Vidni stik z zunanostjo zagotavlja informacije o značilnostih zunanjega prostora, vremenskih spremembah in poteku časa. Poleg tega nam pogled v daljavo omogoča sproščanje očesa, ki je pri dolgotrajnem delu in koncentraciji na bližnje objekte nujno potrebno. V skladu s standardom (prEN 17037, 2016) bi moralo biti okno, ki zagotavlja pogled v zunanost, veliko vsaj 1,0 m / 1,25 m. Zunanost bi morala biti vidna vsaj s 75% površine uporabnega prostora. Med zunanji objekti in oknom bi moralo biti vsaj 6 m razmika.

Kvaliteta pogleda je zelo pomembna. Pogled naj zajema tri nivoje: tla, vmesni del, kjer se običajno odvija življenje, in nebo. Kvaliteta pogleda je posebej pomembna za prostore, v katerih se ljudje zadržujejo daljši čas (npr. bolnišnice, domovi za starejše, stanovanjski prostori).

Tabela 7: Ocena kvalitete pogleda (prEN 17037, 2016)

Parameter	Ocena kvalitete pogleda		
	Minimalno	Srednje	Maksimalno
Širina pogleda (horizontalen kot pogleda)	> 14°	> 28°	> 54°
Zunanji odmik ovir	> 6 m	> 20 m	> 50 m
Število nivojev, ki jih vidimo skozi okno z vsaj 75% površine prostora	Vsaj pogled na pokrajino	Minimalno dva nivoja	Vsi nivoji

Ko se odmikamo od okna je kot, s tem pa tudi obseg pogleda, skozi okno vedno manjši. Zato moramo svetlobne odprtine dimenzionirati v skladu z globino prostora in želeno kvaliteto pogleda.

Tabela 8: Priporočila za velikosti okenskih odprtin pri globokih prostorih, ki imajo okna le na eni steni (povzeto po BS 8206-2, 2008)

Največja globina prostora (m)	Minimalni delež odprtine na okenski steni
do 8	20%
8-11	25%
11-14	30%
več kot 14	35%

6. OSONČENOST

V grajenem okolju je dostop do sonca pomemben zaradi kvalitete bivalnega okolja in zaradi energijskih vplivov na stavbo. Dokaze za to trditev najdemo v številnih zgodovinskih primerih in v avtohtoni gradnji. Za izračun in oceno trajanja osončenja lahko uporabimo različne metode od izrisa senc na terenu, dnevnih, mesečnih ali letnih izo-senc, izračuna osončenosti opazovališča v različnih projekcijah ali metode izrisa sončne ovojnice (Kristl in Krainer, 2001, 2007).

Glede na zahteve po izredno nizki porabi energije in težnji po kvalitetnem bivalnem in delovnem okolju je izhodišče za izrabo zemljišča in gostoto pozidave izkoriščanje ugodnih klimatskih razmer. Zato je potrebno upoštevati dnevne in sezonske spremembe sončnega sevanja in njegove vplive na porabo energije. Če želimo ogrevati in osvetljevati stavbe, moramo omogočiti zajem sončne energije na tistem delu stavbnega ovoja, kjer ga lahko sprejmemo. Tekom ogrevalne sezone vegetacija ali sosednji objekti ne smejo senčiti tistih površin, ki so potencialno namenjene zajemu sončnega sevanja. Ravno tako moramo paziti, da dostopa do sonca ne oviramo sosedom. Zasnova ulic, oblika in velikost parcel pri tem igrajo veliko vlogo.

Večina izračunov dnevne osvetljenosti je osnovanih na difuzni svetlobi in izključuje doprinos direktne sončne svetlobe. Vendar uporabniki sončno svetlobo v stavbah dojemajo kot pozitiven faktor pod pogojem, da ne povzroča vizualnih in toplotnih neprijetnosti. V prostorih, kjer je vizualna toleranca visoka (komunikaciji prostori, postaje javnega prometa, sakralni objekti, nakupovalni centri), s pridom uporabljamo tako direktno sončno kot difuzno svetlobo.

V Sloveniji zajem sončnega sevanja v smislu zmanjševanja potreb po toplotni energiji v stavbah regulirata Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES, 2010) in Tehnična smernica Učinkovita raba energije (TSG-1-004, 2010). Glede osončenosti so pomembni predvsem naslednji vidiki (TSG-1-004, 2010): premišljena umestitev stavbe v prostor, sončnemu sevanju izpostavljena površina stavbnega ovoja, ki mora biti osončena od povprečne višine 1 m nad terenom navzgor v času:

- 21. 12. najmanj 2 uri v območju azimuta $\pm 30^\circ$ od smeri jug,
- 21. 3. in 23. 9. najmanj 4 ure v območju azimuta $\pm 60^\circ$ od smeri jug,
- 21. 6. najmanj 6 ur v območju azimuta $\pm 110^\circ$ od smeri jug,

ter obliko in razmerje zasteklitve, ki mora zagotoviti zahtevano osvetljenost prostorov obenem pa zagotoviti čim večje dobitke toplote pozimi in zaščito pred čezmernim sončnim obsevanjem in pregrevanjem poleti.

Pravila za določanje velikosti parcel, razmike, dovoljene gabarite in orientacijo stavb v različnih državah (regijah, občinah) niso enotna. Če poznamo maksimalni dovoljen gabarit stavbe na neki lokaciji, lahko stavbne kubuse lociramo glede na vpadne kote sonca. S takim pristopom je mogoče zaščititi dostop do sonca na zazidanih in še nepozidanih površinah. Osončenje je priporočljivo zagotoviti na zasteklitvi prostorov, kolektorjih (solarnih, PV) in na zunanjih bivalnih površinah, če gre za stanovanjske stavbe.

V praksi se velikokrat zgodi, da si interesi glede dnevne osvetljenosti in osončenosti nasprotujejo. Po eni strani želimo zagotoviti primeren nivo in distribucijo dnevne svetlobe ter zagotoviti pogled navzven, po drugi strani želimo regulirati toplotne dobitke in preprečevati bleščanje. Vstop direktnega sončnega sevanja v prostor moramo obravnavati usklajeno in hkrati z več stališč: z zdravstvenega (psihofiziološki vplivi), s stališča vizualnega in toplotnega udobja ter energetskega odziva stavbe (ogrevanje in preprečevanje pregrevanja).

7. PRIPOROČILA

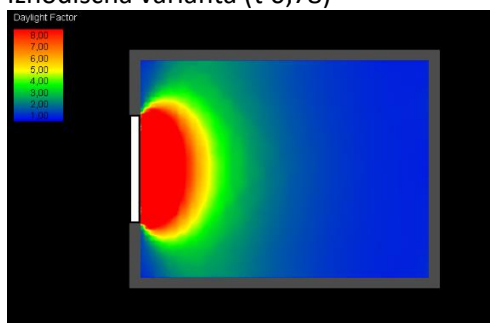
Osnovni element, ki zagotavlja vpad dnevne svetlobe v prostor in omogoča vidni stik z zunanostjo, je svetlobna odprtina, ki mora biti primerno oblikovana in opremljena s senčili. Pri osvetlitvi prostora z dnevno svetlobo morajo biti izpolnjeni kvantitativni in kvalitativni kriteriji ter psiho-fiziološke zahteve. Količine in kvalitete dnevne osvetljenosti ni mogoče ocenjevati »preko prsta«. Potreben je izračun dnevne osvetljenosti prostora (E, D) in preveritev potencialnega pojava bleščanja kot tudi vertikalne osvetljenosti v smeri pogleda.

Tako EU kot slovenska regulativa načelno podpirata dnevno osvetljevanje prostorov, vendar natančne in sistematične definicije zahtev v obliki pravilnika nimamo. Zahteve glede ravni osvetljenosti z dnevno svetlobo najdemo razdrobljene, skozi vrsto predpisov, ki se nanašajo na različne objekte bivalnega in delovnega okolja. Večji del teh predpisov navede zahtevo po osvetljevanju z naravno svetlobo, vendar ne poda natančnih kriterijev ali zahtevanih vrednosti. Pri nas so natančno predpisani le kriteriji glede osončenosti stavbnega ovoja vidiki (TSG-1-004, 2010).

Kar zadeva slovenske standarde na področju osvetljevanja prostorov je najpomembnejši standard Svetloba in razsvetljava – razsvetljava na delovnem mestu – 1. del: Notranji delovni prostori (SIST EN 12464, 2014), v katerem so navedene priporočene vrednosti osvetljenosti za delovna mesta. Slovenskih smernic in priporočil, ki bi se nanašala izključno na osvetljevanje z dnevno svetlobo, nimamo. Priporočila glede naravnega osvetljevanja so vključena v smernice notranje umetne razsvetljave. Trenutno je v postopku sprejemanja standard (prEN 17037, 2016), ki se nanaša izključno na dnevno svetlobo in ki predstavlja osnovo za nadaljnjo pripravo predpisov.

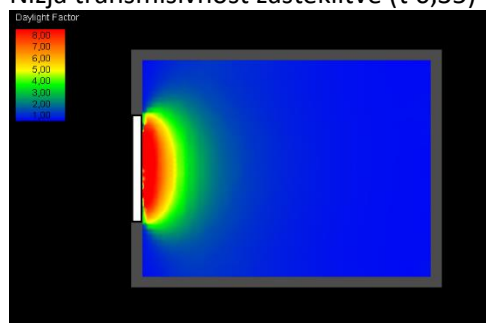
Tabela 9: Primerjava vpliva lastnosti površin

Izhodiščna varianta (τ 0,78)



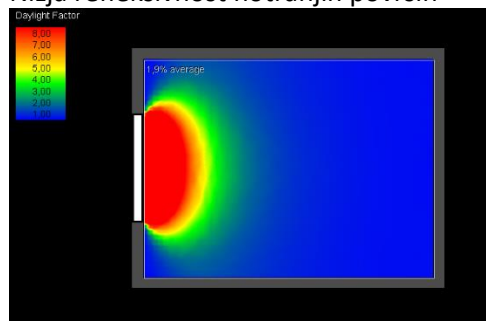
D_{av} 2,50

Nižja transmisivnost zasteklitve (τ 0,35)



D_{av} 0,90

Nižja reflektivnost notranjih površin



D_{av} 1,90

Po svetu in tudi pri nas se za zagotavljanje primerne dnevne osvetljenosti prostorov trenutno najpogosteje predpiše velikost okenske odprtine, ki je definirana v deležu glede na talno površino prostora ali na površino okenske stene. Primeri tako predpisanih vrednosti so npr.:

Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (2017), ki predpisuje, da je »neposredna naravna osvetlitev dosežena, če skupna površina obdelanih zidarskih odprtin (pri tem se upošteva samo tisti del odprtine, ki je več kakor 50 cm nad gotovim podom), namenjenih osvetlitvi, dosega najmanj 20 odstotkov neto tlorisne površine prostora«.

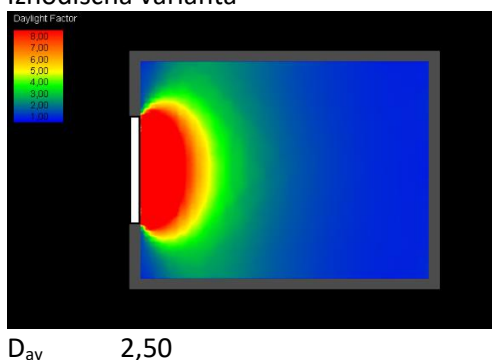
Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj (2017) predpisuje, da so »prostori ali deli prostorov, namenjeni uživanju in pripravi hrane, spanju in bivanju naravno osvetljeni, naravna osvetlitev je lahko neposredna ali posredna.« V nadaljevanju so zahteve podrobneje definirane v smislu velikosti svetlobnih odprtin: »Neposredna osvetlitev je dosežena, če skupna površina obdelanih zidarskih odprtin (pri tem se upošteva samo tisti del odprtine, ki je več kakor 0,50 metra nad gotovim podom), namenjenih osvetlitvi, dosega najmanj 20 odstotkov neto tlorisne površine teh delov stanovanja« in »če je del stanovanja neposredno naravno osvetljen le z ene strani, njegova globina ne sme meriti več kot tri svetle višine prostora. Skupna globina neposredno in posredno osvetljenega prostora, ki sta osvetljena le z ene strani, ne sme meriti več kot tri svetle višine neposredno osvetljenega prostora«.

Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (2011), ki predpisuje obveznost delodajalca da zagotovi, »da so delovni prostori podnevi praviloma osvetljeni z naravno svetlobo. Velikost površin za osvetljevanje delovnih mest z naravno svetlobo v posameznem delovnem prostoru mora znašati najmanj 1/8 talne površine prostora. Prozorna površina posameznega okna mora, v odvisnosti od globine prostora, znašati najmanj:

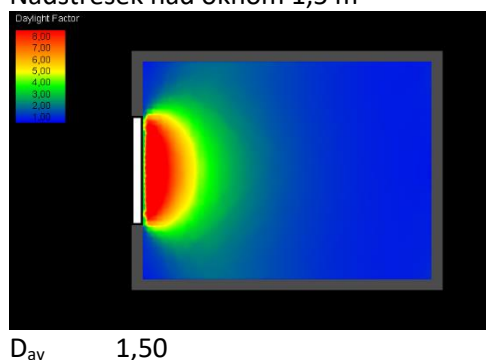
- 1 m² pri globini prostora do 4 m;
- 1,5 m² pri globini prostora nad 4 m«.

V tovrstnih predpisih so zahteve za dnevno osvetljenost lahko le posredne in okvirne, saj primerne ravni in kvalitete dnevne osvetljenosti ne moremo izračunati le na podlagi predpisanih velikosti okenskih odprtin. Pazljivo moramo brati opredelitve velikosti odprtin v predpisih in dognati ali gre pri zahtevani dimenziji za zidarsko mero, mero okenskega elementa ali dimenzijo zasteklitve. Poleg velikosti, oblike in položaja okenske odprtine na dnevno osvetljenost prostora v veliki meri vplivajo tudi optične lastnosti zasteklitve in notranjih površin, ki v primeru tovrstnega predpisovanja niso upoštevane oz. so upoštevane le posredno. Zelo pomembne so tudi zunanje ovire, ki lahko zelo znižajo raven osvetljenosti.

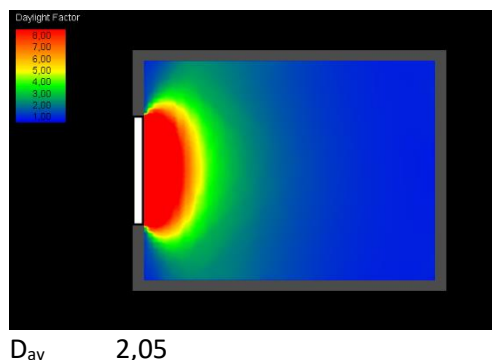
Tabela 10: Primerjava vpliva zunanjih ovir
Izhodiščna varianta



Nadstrešek nad oknom 1,5 m



Zunanja ovira oddaljena 4 m in visoka 6 m



Naslednji način predpisovanja se nanaša na raven dnevne osvetljenosti. Zaradi dnevne dinamike svetlobe in vremenskih sprememb je definiranje ravni osvetljenosti izredno zahtevno, zato so vrednosti večinoma predpisane v obliki količnika dnevne svetlobe (D). Ker nivo dnevne osvetljenosti močno pada, ko se pomikamo v globino prostora, se primernost splošne dnevne osvetljenosti najpogosteje izrazi v obliki povprečnega količnika dnevne svetlobe (D_{av}) (CIE, 1970; Simons in Bean, 2001). Priporočeni nivoji osvetljenosti prostora so odvisni od dejavnosti, ki se odvija v prostoru. Pri dnevnem osvetljevanju minimalne vrednosti osvetljenosti (E) lahko prevedemo v minimalne vrednosti D, ki upoštevajo variabilnost in lokacijo. V predpisih so navadno navedene povprečne in minimalne vrednosti D v prostoru, da se zagotovi tudi enakomernost osvetljenosti.

Novi standard (prEN 17037, 2016) naslavlja dnevno osvetljevanje širše kot doslej. Z dnevno svetlobo naj bi osvetljevali stavbe tekom večjega dela leta in večino časa, ko je dnevna svetloba na voljo.

Tabela 11: Minimalna priporočila za zagotavljanje dnevnega osvetljevanja prostorov skozi fasadne in strešne odprtine (povzeto po prEN 17037, 2016)

Raven priporočila	Tip svetlobne odprtine	Osvetljenost (E)	Količnik dnevne svetlobe (D)
Minimalna raven	Fasadna	300lx preko 50% površine prostora v trajanju 50% časa, ko je dnevna svetloba na voljo in 100lx preko 100% površine prostora v trajanju 50% časa, ko je dnevna svetloba na voljo	$D_T > D_{300}$ preko 50% površine in $D_{TM} > D_{300}$ preko 100% površine
	Strešna	300lx preko 100% površine prostora v trajanju 50% časa, ko je dnevna svetloba na voljo	$D_T > D_{300}$ preko 100% površine
Srednja raven	Fasadna	500lx preko 50% površine prostora v trajanju 50% časa, ko je dnevna svetloba na voljo in 300lx preko 100% površine prostora v trajanju 50% časa, ko je dnevna svetloba na voljo	$D > D_{500}$ preko 50% površine in $D > D_{300}$ preko 100% površine

	Strešna	500lx preko 100% površine prostora v trajanju 50% časa, ko je dnevna svetloba na voljo	$D > D_{500}$ preko 100% površine
Visoka raven	Fasadna	750lx preko 50% površine prostora v trajanju 50% časa, ko je dnevna svetloba na voljo in 500lx preko 100% površine prostora v trajanju 100% časa	$D > D_{750}$ preko 50% površine in $D > D_{500}$ preko 100% površine
	Strešna	750lx preko 100% površine prostora v trajanju 50% časa, ko je dnevna svetloba na voljo	$D_T > D_{750}$ preko 100% površine

Ciljni količnik dnevne svetlobe (target daylight factor) D_T in minimalni ciljni količnik dnevne svetlobe (minimul target daylight factor) D_{TM}

Kakšen D je potrebno doseči, če želimo preseči vrednost E 100 lx ali 300 lx, lahko izračunamo na podlagi klimatskih podatkov za posamezno lokacijo. V novem standardu (prEN 17037, 2016) so podani tudi podatki za Ljubljano.

Tabela 12: Minimalne vrednosti D za okna in nadsvetlobe pri katerih je presežena raven 100, 300, 500 ali 750 lx v deležu dneva $F_{time, \%} = 50\%$ (podatki ne veljajo za strešne nadsvetlobe s horizontalnimi difuznimi paneli) (povzeto po prEN 17037, 2016)

Ljubljana	
Geografska širina φ [°]	46°22'
Srednja zunanja globalna osvetljenost $E_{v,g,med}$ [lx]	17.000
$D > D_{100}$ za 50% časa [%]	0,6
$D > D_{300}$ za 50% časa [%]	1,8
$D > D_{500}$ za 50% časa [%]	2,9
$D > D_{750}$ za 50% časa [%]	4,4

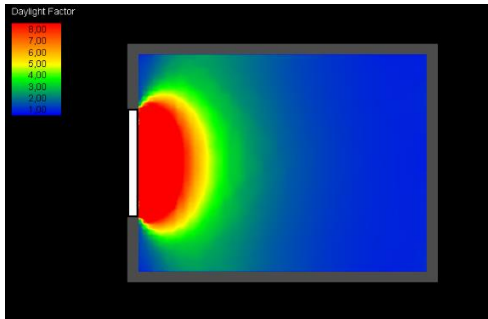
Študije so pokazale, da je vrednost D_{av} pri kateri uporabniki občutijo vizualno udobje in z lahkoto opravljajo vizualne naloge od 2% do 5%. Če je vrednost višja (npr. 10%) se uporabniki pritožujejo zaradi prevelike svetlosti v vidnem polju in občutijo bleščanje. Pri vrednostih pod 2% prostor lahko izgleda temačno in uporabniki ga zaznavajo kot pretemnega (Heschong, 2003a). Te vrednosti je potrebno upoštevati z ozirom na lokacijo. V primeru višjih geografskih širin, kjer so dnevi krajši, intenziteta zunanjega sevanja pa nižja, je potrebno te vrednosti smiselno prilagoditi.

V predpisih niso nikjer definirane zahteve glede psiho-fizioloških potreb in vpada dnevne svetlobe določene intenzitete direktno v oko, navedene pa so zahteve po zagotavljanju vidnega stika z zunanostjo. Primera takih predpisov sta pravilnika, ki obravnavata delovna mesta in stanovanjske stavbe. Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (2011), ki predpisuje »višino in širino okna, ki morata znašati najmanj 1 m. Višina spodnjega roba okna oziroma parapet ne sme biti višji od 1,5 m. Razpored, velikost, število in kakovost površin za osvetljevanje z naravno svetlobo mora zagotoviti osvetljenost delovnih mest v skladu s standardi, delavcem pa vidni stik z okoljem«. Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj (2017), ki predpiše da mora biti v stanovanju »najmanj ena odprtina za naravno osvetlitev prostora, ki

omogoča bivanje v dnevnem času in je projektirana in grajena tako, da znaša višina parapeta največ 0,90 metra nad gotovim podom in omogoča pogled v zunanji prostor».

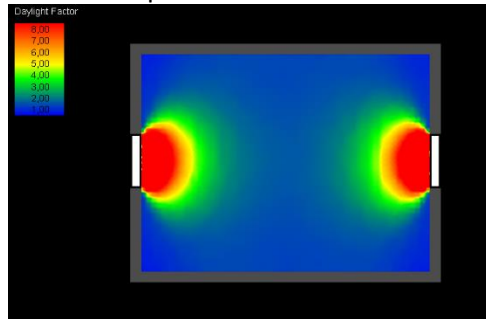
Tabela 13: Primerjava vpliva različnih položajev svetlobnih odprtin (površina odprtin je enaka)

Izhodiščna varianta



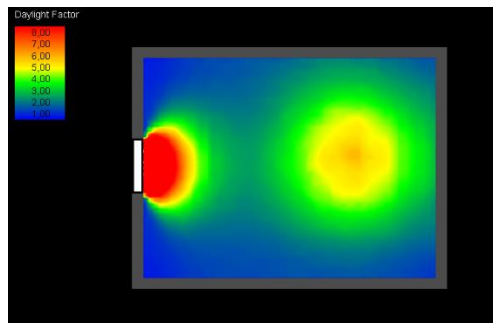
D_{av} 2,50

Okni na nasprotnih stenah



D_{av} 2,45

Okno in nadsvetloba



D_{av} 2,60

8. ZAKLJUČEK

Posamezne komponente okolja vplivajo druga na drugo, zato jih ne moremo obravnavati povsem diskretno. Podobno svoje okolje kot celovit sistem dojema tudi človek in ne ločuje med posameznimi vplivnimi faktorji. Udobnega okolja kot celote tudi ne moremo standardizirati, saj vsak človek pojem udobja definira nekoliko drugače. V tem kontekstu dnevna svetloba igra pomembno vlogo kot dejavnik, ki vpliva na več področij hkrati.

Dnevna svetloba se v naravi neprestano spreminja, zato je njeno točno količino in kvaliteto težko predvideti. Ta lastnost je bistvena za dobro psiho-fiziološko počutje uporabnikov, toda tudi zahtevna za načrtovanje. V stavbah želimo imeti osončenost in primerno dnevno osvetljenost, ne maramo pa bleščanja, prepiha, izgube zasebnosti, škode zaradi ultravijoličnega sevanja in velikih temperaturnih nihanj. Eden od učinkovitih načinov za učinkovit nadzor notranjega okolja je avtomatska regulacija (Košir et al., 2011), ki vedno bolj prodira v sisteme upravljanja stavb.

S pomočjo analize stanja lahko kompetentno definiramo potrebe uporabnikov in potencialne izzive v obstoječem okolju. Na ta način je tudi veliko lažje določiti prioritete načrtovanja in kriterije za ocenjevanje doseženih rezultatov. Po končani izvedbi je ključen monitoring delovanja stavbe, saj brez povratnih informacij ne more biti napredka v obliki znanja in izkušenj. V stavbah ni pomembna le poraba energije, temveč tudi kvaliteta notranjega okolja (kvaliteta dnevne osvetljenosti, toplotno udobje, kvaliteta zraka, hrup, ergonomija) (Pajek et al., 2017).

Trenutno je večina naporov na področju izkoriščanja dnevne svetlobe usmerjena v zmanjšanje porabe neobnovljivih virov energije in s tem posredno zmanjšanje negativnih vplivov na okolje. Pri tem je treba opozoriti, da to ne sme biti edino vodilo, saj je poleg zmanjšanja porabe energije potrebno vzpostavljati ali ohranjati zdrave in udobne bivalne razmere v stavbah. Poudariti je potrebno, da je pomen dobrega projektne okolja izrednega pomena za uspešen potek projekta. Od temeljito pripravljene projektne naloge in ustrezne regulative do tesnega sodelovanja med investitorjem, uporabnikom, projektanti in izvajalci.

7. LITERATURA

- Amundadottir M.L., Rockcastle S., Khanie M.S., Andersen M. (2017) A human-centric approach to assess daylight in buildings for non-visual health potential, visual interest and gaze behavior . V: *Building and Environment*, 113/15, str.: 5-21.
- Aries, M. (2005) *Human lighting demands - Healthy lighting in an office environment*, Technische Universiteit Eindhoven.
- Berson, D.M., Dunn, F.A., Takao, M. (2002) Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. V: *Science, AAAS*, 295/5557, str. 1070-1073.
- Boubekri, M. (2008) *Daylighting, architecture and health: Building design strategies*. Elsevier/Architectural Press, Boston.
- Brainard, G.C. (2002) Photoreception for Regulation of Melatonin & Circadian System' 5 th International LRO, Lighting Research Symposium, Orlando
- Brainard, G.C., Hanifin, J.P, Rollag, M.D., Greeson, J., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E., Sanford, B. (2001) Human melatonin regulation is not mediated by the three cone photopic visual system. V: *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, The Endocrine Society*, 86, str. 433-436.
- BS 8206-2 (2008) *Lighting for buildings, Code of practice for daylighting*
- CIE 16 (1970) *Daylight*, International Commission on Illumination
- Dogrusoy, I. T., Tureyen, M. A. (2007) Field study on determination of preferences for windows in office environments. *Building and Environment, Elsevier*, 42 (10), str. 3660–3668.
- Espiritu, R. C., Kripke, D. F., Ancoli-Israel, S., Mowen, M. A., Mason, W. J., Fell, R. L. et al. (1994) Low illumination experienced by San Diego adults: Association with atypical depressive symptoms. *Biological Psychiatry*, 35(6), 403-407.
- Evans, G. W., McCoy, J. M. (1998) When buildings don't work: The role of architecture in human health. V: *Env. Pschy.*, 18, str.: 85–94.
- Heschong Mahone group (1999) *Daylighting in schools, Condensed report* (naročnik: California board for energy efficiency).
- Heschong Mahone group (2003a) *Daylighting in schools, re-analyses report* (naročnik: California board for energy efficiency).
- Heschong Mahone group (2003b) *Windows and offices: A study of office performance and the indoor environment, Technical report*, Heschong Mahone Group, California Energy Commission
- Hoffmann, G., Gufler, V., Griesmacherb, A., Bartenbach, C., Canazeic, M., Staggic, S., Schobersberger, W. (2008) Effects of variable lighting intensities and colour temperatures on sulphatoxymelatonin and subjective mood in an experimental office workplace, *Applied Ergonomics, Elsevier*, 39 (6), str. 719–728.
- <https://velcdn.azureedge.net/~media/com/deic/daylight/1-1/1.jpg> (10. 05. 2018)
- ISO 15469 (2004) *Spatial distribution of daylight – CIE standard general sky*, CIE Cental Bureau, Dunaj.
- Knoop, M. (2006) Dynamic lighting for well-being in work places: addressing the visual, emotional and biological aspects of lighting design. V: *Zbornik Razsvetljava 2006: Razsvetljava delovnih mest*, Bled, 2006-10-12, Maribor, SDR, str. 63-74.
- Košir, M., Krainer, A., Dovjak, M., Kristl, Ž. (2011) Automatically controlled daylighting for visual and nonvisual effects. V: *Lighting research & technology*, 20, 43 (4), str.: 439-455.

Kristl, Ž., Košir, M., Dovjak, M., Krainer, A. (2011) Študija dnevne osvetljenosti pisarniškega prostora glede na vizualne in biološke vplive = Study of daylight office space regarding visual and biological influences. V: *Gradbeni vestnik*, 60/3, str.: 84-91.

Kristl, Ž., Krainer, A. (2007) Določanje vplivnega območja s sončno ovojnico = determination of influential area with solar envelope. *Gradbeni vestnik : glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije*, 56 (6), str.: 156-163.

Kristl, Ž., Krainer, A. (2001) Energy evaluation of urban structure and dimensioning of building site using iso-shadow method. *Solar energy*, 70 (1), str.: 23-34.

Mills, P.R., Tomkins, S.C., Schlangen, J.M. (2007) The effect of high correlated colour temperature office lighting on employee wellbeing and work performance, *Journal of Circadian Rhythms*, BioMed Central 5 (2).

Moon, P., Spencer, D.E. (1942) Illumination from a non-uniform sky, *Illuminating Engineering*, str.: 37, 10, 707.

Pajek, L., Košir, M., Kristl, Ž., Kacjan Žgajnar, K., Dovjak, M. (2017) Indoor environmental quality (IEQ) in Slovenian children daycare centres. Part I, Results of in-situ measurements. *Sanitarno inženirstvo*, , 11 (1), str.: 4-18.

Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj (2017) Uradni list RS, št. 1/11 in 61/17

Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (2017) Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10, 47/13, 74/16 in 20/17)

Pravilnik o učinkoviti rabi energije PURES (2010) Ur.l. RS št. 52/2010

Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (2011) Uradni list RS, št. 89/99, 39/05 in 43/11

Roenneberg T., Merrow M. (2016) The Circadian Clock and Human Health. V: *Current Biology*, 26/10, 23, str.: 432-443.

Simons R. H, Bean A. R (2001) 14 – Daylight calculation. *Lighting engineering, Applied Calculations*, str.: 452-70.

SIST EN 12464, (2014) Light and lighting — Lighting of work places — Part 1: Indoor work places

Sobocki P, Jönsson B, Angst J, Rehnberg C. (2006) Cost of depression in Europe, *J Ment Health Policy Econ.*, 9(2), str.: 87-98.

Standard prEN 17037 (2016) Daylighting of Buildings

Tehnična smernica TSG-1-004 (2010) Učinkovita raba energije