

asist. dr. Nataša Šprah, univ. dipl. inž. arh.

natasa.sprah@um.si

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo,
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana



Znanstveni članek

UDK/UDC: 620.9:728.2(497.4)(078.7)

SKLADNOST DNEVNE OSVETLJENOSTI PROSTOROV V VEČSTANOVANJSKIH ZAZIDAVAH V SLOVENIJI S PRIPOROČILI STANDARDA SIST EN 17037 – ŠTUDIJA PRIMERA

COMPLIANCE OF DAYLIGHT PROVISION OF INDOOR SPACES IN MULTI-DWELLING BUILDINGS IN SLOVENIA WITH THE RECOMMENDATIONS OF SIST EN 17037 – A CASE STUDY

Povzetek

Grajeno okolje zmanjšuje razpoložljivost dnevne svetlobe in s tem pomembno vpliva na človeško zdravje. Pomanjkanje izpostavljenosti dnevni svetlobi se odraža na dolgoročnem delovanju naših bioloških cirkadianih ritmov in številnih drugih vidikih psihofizičnega počutja. Predvsem stanovanjske stavbe so močan okoljski dejavnik, ki vpliva na zdravje in počutje uporabnikov, saj v njih preživimo največji del svojega življenja. V Sloveniji edine zahteve po osvetljevanju specifično stanovanjskih stavb, ki veljajo na nacionalnem nivoju, predpisujejo velikost odprtine za osvetljevanje in razmerja dimenzij bivalnih prostorov, medtem ko dejanska minimalna količina dnevne svetlobe v prostoru ni določena. V članku sta predstavljeni študiji primerov osvetljenosti prostorov dveh pritličnih stanovanj v večstanovanjskih zazidavah z višjo gostoto, katerih cilj je bil ugotoviti, v kolikšni meri izpolnjujejo najnižjo priporočeno raven osvetljenosti z dnevno svetlobo standarda SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah. Rezultati simulacij kažejo, da je raven osvetljenosti v stanovanjih veliko nižja od minimalne priporočene, medtem ko simulacije osvetljenosti z dodatnim oknom in odstranjenimi izzidki nad okni pokažejo na možnosti za njeno zvišanje. V zaključku so podani ukrepi za zagotavljanje zadostne osvetljenosti stanovanj z dnevno svetlobo in usmeritve za nadaljnje raziskave.

Ključne besede: trajnostno načrtovanje stavb, večstanovanjska zazidava, osvetljevanje z dnevno svetlobo, SIST EN 17037, simulacija osvetljenosti z dnevno svetlobo

Summary

The built environment reduces the availability of daylight and thus has a significant impact on human health. The lack of daylight affects the long-term functioning of our biological circadian rhythms and many other aspects of psychophysical well-being. Residential buildings, in particular, are an important environmental factor affecting the health and well-being of their occupants, since we spend most of our lives in them. In Slovenia, the only daylighting requirements that apply specifically to residential buildings at the national level prescribe the size of daylight openings and the dimensions of living spaces, while the actual minimum amount of daylight in the space is not specified. This article presents case studies of the daylighting of the occupied indoor spaces of two ground-floor apartments in higher-density residential complexes to determine the extent to which they meet the recommended minimum level of daylight as defined in the standard SIST EN 17037: Daylight in Buildings. The results of the simulations show that the level of daylight in the apartments is far below the recommended minimum level, while the simulations show the possibility of increasing it by adding windows and eliminating the overhangs above the windows. In the conclusion, measures to ensure adequate daylighting in the apartments and recommendations for further research are given.

Key words: sustainable building design, residential developments, daylighting, SIST EN 17037, daylighting simulation

1 UVOD

1.1 Pomen dnevne svetlobe v grajenem okolju za človekovo zdravje

Dnevna svetloba pomaga pri izpolnjevanju človekovih fizioloških in psiholoških potreb z edinstvenimi lastnostmi, ki jih z umetno svetlobo ne moremo nadomestiti [Boubekri, 2008]. Številne raziskave so pokazale, da med zdravjem ljudi in izpostavljenostjo dnevni svetlobi obstaja vzročna povezava [Dovjak, 2019]. Pred dvema desetletjema je odkritje specializiranega fotoreceptorja v očesu, odgovornega za sinhronizacijo notranjega cirkadianega spodbujevalnika [Berson, 2022], razširilo razumevanje povezave med svetlobo in dnevno-nočnim ciklom pri ljudeh. Nezadostna izpostavljenost svetlobi iz okolja čez dan zmanjša nočno izločanje melatonina, hormona, ki uravnava cikle spanja in budnosti, in tako negativno vpliva na spanje ([Mishima, 2001], [Scheuermaier, 2010]), medtem ko višja raven izpostavljenosti svetlobi dokazano spodbuja telesno aktivnost in daljše trajanje spanja [Boubekri, 2014].

Grajeno okolje tudi zaradi zmanjšane razpoložljivosti svetlobe pomembno vpliva na človeško zdravje. Ugotovljeno je bilo, da je stopnja razširjenosti psihiatričnih motenj, motenj razpoloženja in anksioznih motenj znatno višja v mestih v primerjavi s podeželjem [Peen, 2010]. Pomanjkanje dnevne svetlobe v stavbah je povezano z depresijo [Brown, 2017], motnjami spanja in večjim pojavljanjem rakavih obolenj [Davis, 2001]. V grajenem okolju so stanovanjske stavbe močan okoljski dejavnik, ki vpliva na zdravje in počutje uporabnikov, saj v njih preživimo največji del svojega življenja ([Klepeis, 2001], [Schweizer, 2007]). Med epidemijo covida se je zaradi izolacij, karanten in dela od doma ta vpliv še povečal [Isaac, 2022].

1.2 Zakonodaja na področju osvetljevanja stanovanj z dnevno svetlobo

Zaradi dokazanega pozitivnega vpliva dnevne svetlobe na zdravje so standardi in predpisi o osvetljevanju stanovanjskih prostorov in določiti minimalnih zahtev ključnega pomena. V Sloveniji so edine zahteve po osvetljevanju specifično stanovanjskih stavb, ki veljajo na nacionalnem nivoju, podane v Pravilniku o minimalnih tehničnih zahtevah za gradnjo stanovanjskih stavb in stanovanj [UL RS, 2011]. V 1. odstavku 14. člena je zapisano, da morajo biti stanovanjski prostori naravno osvetljeni, čemur v 7. členu sledi zapis, da naravna osvetljenost stanovanja z več kot štirimi ležišči ne sme biti zagotovljena izključno skozi odprtine, ki so orientirane v območju od severovzhodne do severozahodne smeri. Zahtevana neposredna osvetljenost prostora oz. dela stanovanja je dosežena, če skupna površina obdelanih zidarskih odprtin, namenjenih osvetljevanju, dosega najmanj 20 % neto tlorisne površine teh delov stanovanja; podani sta omejitev globine (tri svetle višine) in širine (polovica dolžine) enostransko osvetljenih prostorov. Ob tem zahteve pravilnika ne upoštevajo dejanske količine dnevne svetlobe, ki pada v prostor, torej zane-marjajo lastnosti oken, ki močno vplivajo na količino svetlobe v interierju [Potočnik, 2020], ter vpliv senčenja, ki ga lahko povzročijo sosednje stavbe ali zaradi členjenosti ovoja stavba sama. Na osvetlitev bivalnih prostorov zaradi senčenja sosednjih stavb vpliva tudi gostota večstanovanjskih zazidav [Šprah, 2020], ki se je pri zazidavah, nastalih po osamosvojitvi Slovenije, zvišala ([Lestan, 2013], [Planišček, 2010]).

1.3 Vpliv gostote zazidave na osvetljenost stanovanj

Kompaktnost grajenega okolja je generalno priznana kot strategija, s katero bi lahko dosegli bolj trajnostne urbane oblike [Jabareen, 2006]. Raziskave o ekološkem odtisu so pokazale, da so za trajnostni urbani razvoj optimalna gosta mesta s kratkimi razdaljami med domovi in javnimi/zasebnimi storitvami [Holden, 2004]. Urbana gostota prav tako vodi do nižje skupne porabe energije v mestih [Güneralp, 2017]. Obenem obstajajo nekateri vidiki družbene trajnosti, na katere ima gostota zazidave negativen vpliv, kot sta na primer večja izpostavljenost onesnaževalcem zraka [Schweizer, 2007] in socialna pravičnost [Bramley, 2009]. Višanje gostote zazidave pomeni tudi zmanjšanje naravne osvetlitve bivalnih prostorov v notranjosti stavb [Šprah, 2020]. Ker pomanjkanje izpostavljenosti dnevni svetlobi pomembno vpliva na dolgoročno delovanje naših bioloških cirkadianih ritmov in številne druge vidike našega psihofizičnega počutja [Foster, 2021], lahko izsledke raziskav o duševnem zdravju v urbanih območjih [Peen, 2010] povežemo z razpoložljivostjo dnevne svetlobe v grajenem okolju. Premajhna osvetljenost z dnevno svetlobo je pri stanovanjski zazidavi največji problem stanovanj v pritličjih, saj so med vsemi zaradi močnejšega senčenja sosednjih stavb ter zaradi lege pod izsidki ali balkoni najslabše osvetljena [Bizjak Železnik, 2015].

1.4 Standard SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah

Razvoj informacijske tehnologije v zadnjih desetletjih je omogočil relativno enostavno preveritev osvetlitve prostorov v notranjosti stavb z dnevno svetlobo z računalniškimi simulacijami [Ayoub, 2019]. Rezultati simulacij nam o dejanski osvetlitvi prostora povedo več kot upoštevanje zakonodaje o deležu fasadnih odprtin, namenjenih osvetlitvi, in količina ur neposredne osončenosti, ki je predpisana v veliko članicah EU [Darula, 2015] in je v Sloveniji pogosto določena v občinskih prostorskih načrtih posameznih občin. Napredek v razvoju simulacijskih orodij je upošteval slovenski nacionalni standard SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah [SIST, 2019]. Ta je najbolj izčrpen veljavni dokument o naravnem osvetljevanju v Sloveniji, saj opredeljuje dejavnike za doseganje ustrezne dnevne osvetljenosti notranjih prostorov s priporočili osvetljenosti notranjih bivalnih in drugih naseljenih prostorov z naravno svetlobo, zagotavljanje ustreznega pogleda navzven in podaja priporočila za trajanje osončenosti v bivalnih prostorih ter za omejitve bleščanja. Ker je standard povzet po evropskem, si prizadeva zagotoviti enako raven osvetljenosti bivalnih prostorov ne glede na to, za katero geografsko območje v Evropi se uporablja, kar pomeni, da je količina odprtin za osvetljevanje med drugim odvisna od geografske lokacije stavbe [Paule, 2019]. Slovenska zakonodaja upoštevanje določil standarda SIST EN 17037 predpisuje v Tehnični smernici za graditev TSG-1-004: 2022 Energijska učinkovitost stavb [MOP, 2022], kjer so navedene vrednosti osvetljenosti prostorov iz standarda SIST EN 17037 kot osnova za načrtovanje porabe energije električne osvetlitve v stavbah, medtem ko upoštevanje priporočil o osvetljenosti z dnevno svetlobo s slovensko zakonodajo ni predpisano. Izsledki raziskave o pogojih standarda SIST EN 17037 kot omejitve za trajnostno urbanistično načrtovanje stanovanjske zazidave [Šprah, 2020] so pokazali, da je za minimalno osvetlitev po slovenski zakonodaji najglobljega bivalnega prostora z minimalno odprtino za osvetljevanje v pritličjih stavb potrebna razmeroma nizka gostota zazidave.

1.5 Cilj raziskave in raziskovalno vprašanje

Raziskovalno vprašanje predstavljene raziskave se glasi: V kolikšni meri bivalni prostori v izbranih pritličnih stanovanjih večstanovanjskih zazidav z višjo gostoto izpolnjujejo najnižjo priporočeno raven osvetljenosti z dnevno svetlobo iz standarda SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah [SIST, 2019]? Cilj raziskave je doseči boljše razumevanje stanja osvetljenosti z dnevno svetlobo pritličnih bivalnih prostorov v večstanovanjskih zazidavah v Sloveniji in opozoriti na morebitne posledice uporabe novega standarda v načrtovalski praksi.

2 METODA

Opravljen raziskavo lahko metodološko razdelimo na dva dela, ki sta predstavljena v podpoglavjih. V prvem delu (2.1) je predstavljena izbira prostorov, ki smo ju uporabili kot osnovo za zasnovo modelov za simulacijo osvetljenosti in preveritev skladnosti z zahtevami SIST EN 17037. V drugem (2.2) so predstavljeni zasnova modelov in računalniški programi, s katerimi je bila izvedena simulacija osvetljenosti izbranih bivalnih prostorov.

2.1 Opis izbranih prostorov

Za preizkus s simulacijo naravne osvetljenosti smo izbrali sobi v dveh večstanovanjskih zazidavah, nastalih pod okriljem Stanovanjskega sklada Republike Slovenije (SSRS) in Javnega stanovanjskega sklada Mestne občine Ljubljana (JS MOL) v Ljubljani (slika 1). Razlog za izbor večstanovanjskih zazidav, nastalih pod okriljem stanovanjskih skladov, je, da sta izvajalca stanovanjske politike države in občine [UL RS, 2015], katere cilj je med drugim dolgoročno zagotavljanje kakovosti bivanja za vse prebivalce. Arhitekturna zasnova obeh zazidav je nastala na podlagi natečajev, kar je predstavljalo dodaten razlog za predpostavko, da zazidavi predstavljata kvalitetni stanovanjski okolji. Izmed drugih, ki sta jih zgradila opisana stanovanjska sklada, sta bili večstanovanjski zazidavi ob Mesarski cesti in Polju II izbrani zaradi visokega faktorja zazidanosti (FZ) in faktorja izrabe zemljišča (FI), saj smo želeli preveriti osvetljenost v najslabših možnih razmerah, ki jih za osvetlitev z dnevno svetlobo predstavljajo prav visoke gostote zazidave [Šprah, 2020]. Tudi sobi sta bili izbrani kot primer najslabših možnih razmer zaradi velike globine prostora in pritlične lege za ložo oz. pod konzolo ter bližine sosednjih stavb, ki povzročajo dodatno senčenje.



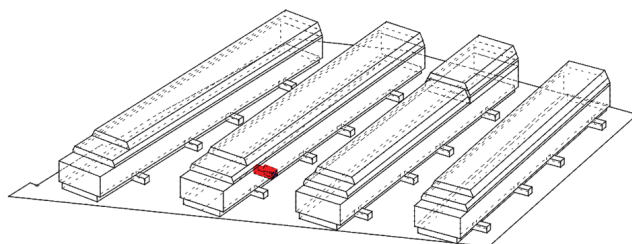
(a)



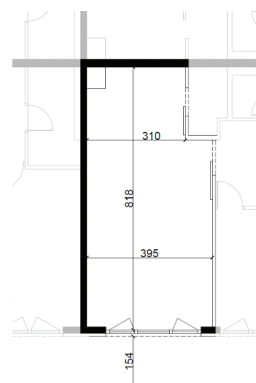
(b)

Slika 1. Večstanovanjski zazidavi ob (a) Mesarski cesti in (b) Polju II v Ljubljani.

Štirje večstanovanjski, dvostransko orientirani koridorski bloki ob Mesarski cesti, izgrajeni leta 2004, so z izjemo dela enega, za etažo višjega bloka visoki šest etaž. Osvetljenost smo preverjali v dnevni sobi z jedilnico in kuhinjo 2,5-sobnega stanovanja v pritličju drugega bloka z vzhodne strani (slika 2(a)). Soba v pritličju je bila izbrana kot primer potencialno slabo osvetljenega prostora zaradi izredne globine in lege v pritličju pod konzolo (slika 2(b)). Je ena izmed šestnajstih enakih sob v pritličju te večstanovanjske zazidave.



(a)

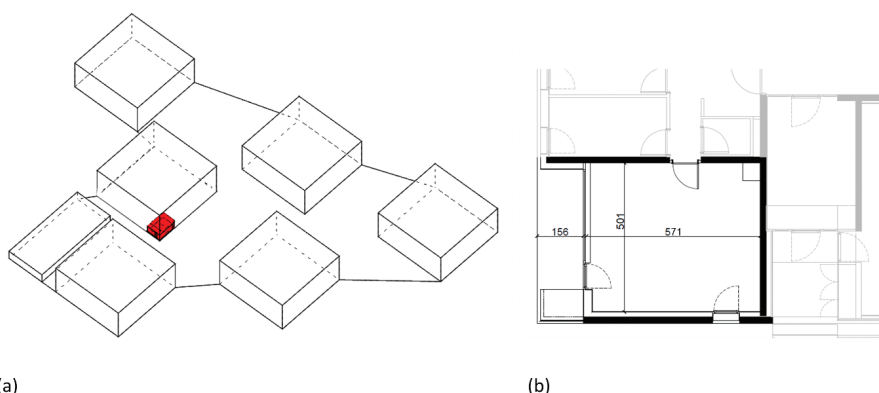


(b)

Slika 2. Izbrana soba v večstanovanjski zazidavi ob Mesarski ulici v Ljubljani, (a) označena z rdečo v modelu zazidave in (b) prikazana v tlorisu. Lastna risba, povzeta po načrtih arhitekture, pridobljenih na SSRS (dimenzije v centimetrih).

Večstanovanjsko zazidavo Polje II sestavlja šest točkovnih večstanovanjskih stavb s štirimi etažami, postavljenih v vzorcu šahovnice. Osvetljenost smo preverjali v bivalnem delu 2,5-sobnega stanovanja v jugozahodnem vogalu pritličja najbolj osenčenega bloka, ki ga sestavljajo kuhinja, dnevna soba in jedilnica (slika 3(a)). Soba je bila kot primer potencialno slabo osvetljenega prostora izbrana zaradi pritlične lege, v bližini sosednje stavbe in lože pred večjim oknom (slika 3(b)). Je ena izmed devetintridesetih podobnih sob v pritličju te večstanovanjske zazidave, med katerimi samo dve ležita tako blizu nasproti stoječe stavbe. Zaradi lože na zahodni strani smo lahko preverili njen negativni vpliv na osvetlitev prostora, medtem ko je dodatno okno na južni strani prostora omogočilo preveritev vpliva dvostranske orientacije sobe na njeno osvetljenost.

[McNeel, 2010], medtem ko smo simulacijo osvetljenosti z dnevno svetlobo izvedli s pomočjo vtičnika za Rhinoceros, DIVA-for-Rhino [Solemma LCC, 2019]. Ta je bil prvotno razvit na podiplomski šoli za oblikovanje na univerzi v Harvardu in omogoča izvedbo različnih ocen okoljske učinkovitosti stavb, med drugim modeliranje sončnega sevanja in dnevne svetlobe v stavbah in njihovi okolici. Diva za simulacijo dnevne svetlobe uporablja odprtokodni program Radiance [Ward Larson, 1998], ki omogoča izračune z metodo sledenja žarkom. Istočasno uporablja dve metodi sledenja žarkov – deterministično, ki sledi žarkom od proučevanega objekta do njihovega izvora, in stohastično, pri kateri žarki potekajo in se odbijajo v naključne smeri, kar omogoča izračun tako direktne kot difuzne komponente osvetlitve. Program omogoča simulacijo s šestimi od



Slika 3. Izbrana soba v večstanovanjski zazidavi Polje II v Ljubljani, (a) označena z rdečo v modelu zazidave in (b) prikazana v tlorisu. Lastna risba, povzeta po načrtih arhitekture, pridobljenih na JSS MOL (dimenzije v centimetrih).

2.2 Opis modelov za simulacijo osvetljenosti

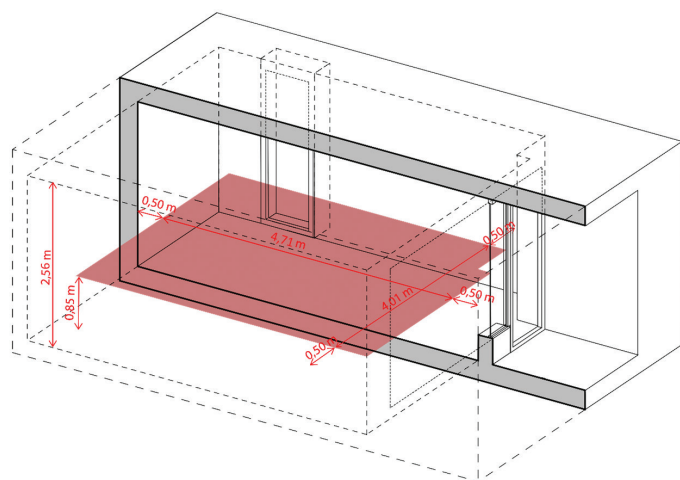
Za osnovo za preveritev naravne osvetljenosti izbranih dveh prostorov smo uporabili določila standarda SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah o osvetljenosti z dnevno svetlobo. Ta navaja, da je prostor z dnevno svetlobo ustrezno osvetljen, če so ciljne ravni osvetljenosti dosežene na določenem delu referenčne ravnine v prostoru vsaj polovico svetlih ur dneva. Podane so tri ravni ciljne osvetljenosti: visoka, srednja in najnižja. Glede na metodologijo, priporočeno v SIST EN 17037, obstajata dva načina za izračun dnevne svetlobe: prvi predvideva izračun faktorja dnevne svetlobe (D) na referenčni ravnini z določenimi vrednostmi za D, ki jih je treba doseči glede na dano lokacijo. Drugi način je izračun stopnje osvetljenosti z uporabo podnebnih podatkov o osvetljenosti in ustreznega časovnega koraka. Metoda določitve D, ki predstavlja razmerje med osvetljenostjo točke v prostoru ter osvetljenostjo točke na horizontalni ravnini pri neovirani hemisferi v istem časovnem obdobju, je enostavnejša, saj predvideva oblačno nebo in zato ne vključuje vpliva direktne osenčenosti. V raziskavi je bila ta metoda uporabljena, ker je primerna za preveritev osvetljenosti v najslabših možnih razmerah, ki vključujejo oblačno nebo [Tregenza, 2018].

Modele izbranih dveh bivalnih prostorov in volumnov stavb večstanovanjskih zazidav ob Mesarski cesti in Polju II smo ustvarili z orodjem za tridimenzionalno modeliranje Rhinoceros

šestnajstih vrst standardnih tipov neba, od močno oblačnega do jasnega, definiranih pri Mednarodni komisiji za razsvetljavo [CIE, 2003]. Pri simulacijah svetlobe pod oblačnim nebom, ki smo jih uporabili za izračun D, Radiance uporablja CIE tip neba 16. Radiance je bil izbran zaradi validiranosti s številnimi raziskavami ([Mrdaljevic, 1995], [Reinhart, 2000], [Reinhart, 2001]).

V skladu s priporočili standarda SIST EN 17037 smo s simulacijami pridobljeni D na referenčni ravnini primerjali z določenimi vrednostmi za ciljni in minimalni D, ki jih je treba doseči glede na dano lokacijo. Preveriti smo želeli, če izbrana prostora izpolnjujeta minimalna priporočila o osvetljenosti z dnevno svetlobo, torej smo preverili najnižje priporočene ravni dnevne osvetljenosti. V Sloveniji je za doseganje najnižje priporočene ravni dnevne osvetljenosti treba doseči najmanjšo ciljno osvetljenost 100 lux na 95 % referenčne ravnine in 300 lux na 50 % referenčne ravnine polovico svetlih ur dneva, kar pomeni doseči $D = 0,6$ % na 95 % referenčne ravnine in $D = 1,8$ % na 50 % referenčne ravnine. Vrednosti D v prostoru so bile simulirane na referenčni ravnini 850 mm nad tlemi, izvzemši območje oboda ravnine v razdalji 500 mm od stene, na mreži 250 mm × 250 mm (slika 4).

Pri simulacijah osvetljenosti prostorov smo predpostavili svetlobno prepustnost zasteklitve 0,81, kar ustreza vrednostim, značilnim za sodobne dvoslojne zasteklitve [Reflex, 2023]. Odsevnosti notranjih sten, stropa, tal in fasad analiziranih ter nas-



Slika 4. Umestitev referenčne ravnine za simulacijo D v izbrani sobi večstanovanjske zazidave Polje II.

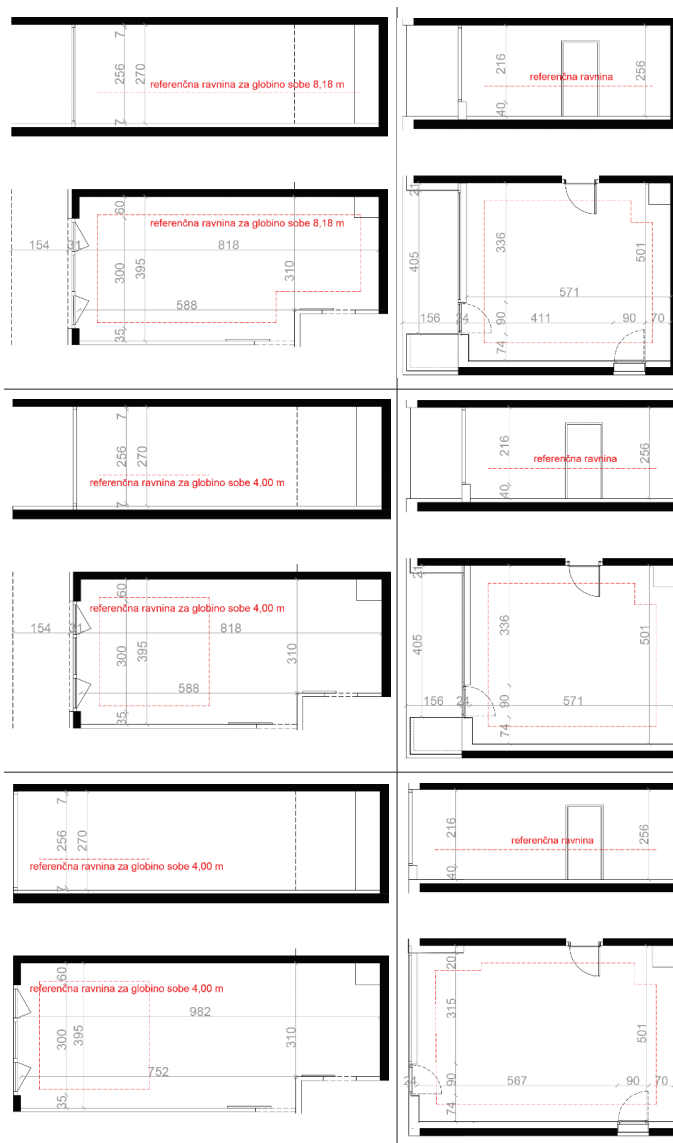
proti stoječih stavb smo določili v skladu s priporočili standarda SIST EN 17037 (preglednica 1). Potencialnega vpliva senčenja dreves zaradi kompleksnosti nismo vključili, saj bi bilo poleg njihove natančne pozicije treba določiti tudi vrsto, velikost in delež listov na njih glede na letni čas [López-Ordóñez, 2017].

površina	odsevnost
notranje stene	0,7
notranji strop	0,8
tla sobe	0,4
fasada	0,3
zunanja tla	0,2

Preglednica 1. Uporabljene nastavitve odsevnosti materialov za različne površine v simulacijah z Divo-for-Rhino.

Izsledki raziskave o povezavi gostote večstanovanjske zazidave in osvetljenosti bivalnih prostorov [Šprah, 2020] so pokazali, da je globina v pritličje umeščene primerno enostransko osvetljene sobe pri večstanovanjskih zazidavah z višjimi faktorji zazidanosti (med 30 % in 50 %) in izrabe (med 1 in 2) med 4 in 5 m. Ker so v tej raziskavi preverjeni prostori globlji, smo v naslednjem koraku globino meritve D z referenčno mrežo daljšega prostora v stanovanju na Mesarski cesti skrajšali do dolžine, ko bi naj bila glede na izsledke predhodne raziskave najnižja priporočena raven dosežena (preglednica 2). Tako naj bi identificirali dejansko globino bivalnega prostora, ki dosega najnižjo priporočeno raven dnevne osvetljenosti po standardu SIST EN 17037.

V zadnjem koraku smo raziskali vpliv konzole pred oknom modela bivalnega prostora v večstanovanjski zazidavi na Mesarski ter lože pred oknom in vpliv dodatnega okna v večstanovanjski zazidavi Polje II. V modelu bivalnega prostora stanovanja v večstanovanjski zazidavi na Mesarski cesti smo odstranili konzolo nad oknom ter ponovno izvedli simulacijo D na referenčni mreži (preglednica 2). V modelu bivalnega prostora stanovanja v večstanovanjski zazidavi Polje II smo pred ponovitvijo simulacije prostor podaljšali do konca lože. Simulacijo smo ponovili še z nespremenjeno pozicijo lože in brez dodatnega okna.



Preglednica 2. Geometrične lastnosti vseh modelov prostorov za simulacijo D (dimenzije v centimetrih).

3 REZULTATI

3.1 Bivalni prostor v večstanovanjski zazidavi dvostransko orientiranih koridorskih blokov

Simulacija osvetljenosti izbranega primera sobe na Mesarski cesti pokaže, da najnižji $D \geq 0,6 \%$, in s tem najmanjšo ciljno osvetljenost 100 lx, dosega le 41,87 % celic referenčne ravnine v sobi, medtem ko bi moral v skladu s SIST EN 17037 ta vrednost dosežati 95 % (preglednica 3). Delež celic z $D \geq 1,8 \%$ in s tem doseženo ciljno osvetljenostjo 300 lx je le 9,64 %, medtem ko bi moral biti v skladu s SIST EN 17037 enak ali višji od 50 %. Tudi pri zmanjšani globini meritve osvetljenosti na 4 m je delež celic z $D \geq 0,6 \%$ le 76,92 %, medtem ko je delež celic z $D \geq 1,8 \%$, 15,38 %. Po odstranitvi

konzole nad oknom vse celice referenčne ravnine v sobi dosegajo vrednost $D \geq 0,6 \%$, medtem ko $D \geq 1,8 \%$ dosega ali presega 55,95 % celic. To pomeni, da je najnižja priporočena raven osvetljenosti glede na SIST EN 17037 dosežena komaj pri za več kot polovico zmanjšani globini sobe in odstranjeni konzoli pred njo.

znaša 54,72 %, medtem ko je delež celic z $D \geq 1,8 \%$ 8,49 %. Ob podaljšanju sobe do konca lože in dodatnim oknom na južni stranici sobe sta deleža celic na referenčni ravni, ki dosegajo zadosten D , skladna z najnižjo priporočeno ravno iz SIST EN 17037, saj je najmanjši ciljni D dosežen na celotni površini referenčne ravnine sobe, medtem ko delež celic z $D \geq 1,8 \%$ znaša 50,24 %.

	globina meritve 8,18 m	globina meritve 4 m	
	soba z ložo		soba brez lože
delež celic z $D \geq 0,6 \%$	41,87 %	76,92 %	100,00 %
delež celic z $D \geq 1,8 \%$	9,64 %	15,38 %	55,95 %

Preglednica 3. Osvetljenost sobe z dnevno svetlobo v večstanovanjski zazidavi na Mesarski cesti. Z rdečim okvirjem je označena nespremenjena osnovna konfiguracija sobe.

3.2 Bivalni prostor v točkovni večstanovanjski zazidavi

	soba z ložo		soba brez lože
	soba brez stranskega okna	soba s stranskim oknom	
delež celic z $D \geq 0,6 \%$	54,72 %	100,00 %	100,00 %
delež celic z $D \geq 1,8 \%$	8,49 %	22,64 %	50,24 %

Preglednica 4. Osvetljenost sobe z dnevno svetlobo v večstanovanjski zazidavi stolpičev Polje II. Z rdečim okvirjem je označena nespremenjena osnovna konfiguracija sobe.

Kot je razvidno iz preglednice 4, sta najnižji $D \geq 0,6 \%$ in s tem najmanjša ciljna osvetljenost 100 lx dosežena na celotni površini referenčne ravnine sobe v večstanovanjski zazidavi Polje II. Delež celic z $D \geq 1,8 \%$ in s tem ciljna osvetljenost 300 lx sta dosežena na 22,64 % površine, medtem ko bi moral glede na priporočila o najnižji ciljni osvetljenosti v SIST EN 17037 ta delež znašati 50 % ali več. Pri odstranitvi dodatnega okna se oba deleža celic prepolovita: delež celic z $D \geq 0,6 \%$

4 DISKUSIJA IN ZAKLJUČKI

Pritlična stanovanja v gosti stanovanjski zazidavi so sicer najslabši možni primer osvetljenosti z dnevno svetlobo, vendar vseeno predstavljajo določen delež stanovanjskega fonda, ki lahko negativno vpliva na zdravje stanovalcev. Rezultati študije primerov bivalnih prostorov in iz-

branih pritličnih stanovanjih večstanovanjskih zazidav ob Mesarski cesti in Polje II v Ljubljani so pokazali, da ta ne izpolnjujeta priporočil standarda SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah [SIST, 2019] o najnižji priporočeni ravni osvetljenosti z dnevno svetlobo. Izbrana metoda preveritve s faktorjem dnevne svetlobe zanemari neposredno komponento osončenosti, kar predstavlja omejitev raziskave. Kljub temu smo jo v raziskavi uporabili, ker je D dober pokazatelj osvetljenosti v neugodnih razmerah – ob oblačnem nebu, kar se sklada s kontekstom raziskave, kjer raziskujemo osvetljenost stanovanj v najslabših možnih razmerah.

Ob tem je treba poudariti, da je bil v študiji zanemarjen vpliv vegetacije, kar pomeni, da je dejanska osvetljenost lahko še bistveno nižja. Med omejitve raziskave vpliva tudi izbira tipa zasteklitve, torej njegove svetlobnotehnične lastnosti. Osvetljenost z dnevno svetlobo je bila simulirana za dvoslojno zasteklitev; pri vedno bolj uporabljani trojni zasteklitvi bi se svetlobna prehodnost in posledično osvetljenost prostora dodatno zmanjšali. Rezultati študije primerov kažejo, da zgolj upoštevanje trenutne zakonodaje o deležu odprtini za osvetljevanje in merah notranjih prostorov nista zagotovilo za izgradnjo dovolj osvetljenih stanovanj. Res je, da smo v obeh zazidavah preverjali predvidoma najslabše osvetljeni prostor – v zazidavi na Mesarski je takšnih prostorov šestnajst, medtem ko sta v zazidavi Polje II takšna prostora samo dva, vseeno pa velja, da je treba zadostno osvetljenost zagotoviti vsem bivalnim prostorom. Še posebej bi to moralo veljati za stanovanja, ki so nastala na podlagi javnih natečajev pod okriljem javnih stanovanjskih skladov. Enostavno rešitev za izboljšanje osvetljenosti bi predstavljalo normativno povečanje razmerja med površino odprtini za osvetljevanje s tlorisno površino bivalnega prostora, ob čemer je treba poudariti, da je s Pravilnikom o minimalnih tehničnih zahtevah za gradnjo stanovanjskih stavb in stanovanj [UL RS, 2011] predpisani 20-% delež odprtini glede na tlorisno površino stavbe med najvišjimi v Evropski uniji – na Švedskem in Danskem znaša 10 %, na Poljskem, v Italiji in Nemčiji 12,5 % in v Franciji 17 % [Kunkel, 2015] – zato je njegovo povečanje malo verjetno. Prav tako so kritiki standarda [Paule, 2019] med drugim zapisali, da ta v sedanji obliki jasno spodbuja načrtovalce k povečanju zastekljenih površin, kar ni v skladu s ciljem zmanjševanja porabe energije v stavbah, in pozvali k ponovnemu razmisleku o oznakah priporočenih ravni osvetljenosti z dnevno svetlobo.

Obstajajo tudi drugi načini zagotovitve zadostne osvetljenosti pritličnih stanovanj. Predhodna raziskava [Šprah, 2020] je pokazala, da prostori v pritličnih stanovanjih večstanovanjskih zazidav nižje gostote, zasnovani v skladu s Pravilnikom o minimalnih tehničnih zahtevah za gradnjo stanovanjskih stavb in stanovanj [UL RS, 2011], izpolnjujejo priporočila standarda SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah [SIST, 2019] o najnižji priporočeni ravni osvetljenosti z dnevno svetlobo. Kadar nižje gostote zazidave ni mogoče implementirati, so možni posegi na nivoju arhitekturne zasnove stavb. Kot je pokazal rezultat simulacije v

prostoru z dvostransko orientacijo, dodatno okno na drugi stranici prostora bistveno poveča raven osvetljenosti. Ob tem pomembno vlogo igra tipologija večstanovanjske stavbe, saj ta med drugim prejudicira eno-, dvo- ali večstransko orientacijo bivalnih prostorov. Pri točkovnem vzorcu zidave je praviloma več globljih prostorov umeščenih v vogale stavb, kar omogoča dvostransko postavitve oken in s tem vsaj teoretično boljše pogoje za osvetljenost z dnevno svetlobo, medtem ko ima pri dvostransko orientiranem koridorskem bloku s poudarjeno vzdolžno tlorisno dimenzijo, ki spada v linijski vzorec zidave, večina stanovanj enostransko orientacijo. Razlog za to je tlorisna zasnova, sestavljena iz stanovanj, nanizanih v dve vrsti ob osrednjem skupnem hodniku z vertikalnimi jedri. Stanovanja so dostopna s skupnega hodnika in so, razen vogalnih, enostransko osvetljena. Izbira tipologije stavbe prav tako lahko vpliva na globino prostorov, ki morajo biti glede na rezultate simulacije osvetljenosti s skrajšano referenčno ravnino v pritličnih stanovanjih gostejših večstanovanjskih zazidav za doseganje najnižjih priporočenih ravni osvetljenosti z dnevno svetlobo relativno plitki.

Simulaciji z odstranitvijo konzole in lože sta pokazali, da izzidki, ki senčijo zastekljeno odprtino, osvetljenost prostorov bistveno zmanjšujejo. Zunanji bivalni prostor je pomemben element stanovanja, ki pomaga izpolniti psihološke potrebe po različnih prostorskih izkušnjah in namenski [Smektała, 2022], katerega pomen se je med pandemijo še povečal [Duarte, 2023]. Zato se ga zaradi potencialnega zmanjšanja osvetljenosti notranjega prostora iz arhitekturne zasnove ne sme odstraniti, bi pa k večji osvetljenosti notranjih prostorov pripomoglo, da ni umeščen nad zastekljeno površino najglobljega prostora pritličnih stanovanj.

Rezultati študije primerov v povezavi z rezultati predhodne raziskave o osvetljenosti z dnevno svetlobo in gostoti večstanovanjske zazidave [Šprah, 2020] kažejo, da priporočeno minimalno raven osvetljenosti glede na SIST EN 17037 v prostorih pritličnih stanovanj gostejših večstanovanjskih zazidav težko doseči. Na podlagi izsledkov lahko zaključimo, da je v primeru, ko umestitev večjih, z izzidki nezasenčenih zastekljenih odprtini in plitvejših bivalnih prostorov z večstransko orientacijo v pritličje ni mogoča in kadar je zaradi drugih ciljev trajnostnega razvoja zagotovitev določene gostote večstanovanjske zazidave nujno potrebna, zaradi zagotavljanja zdravega stanovanjskega okolja kot najnižjo stanovanjsko etažo bolje zasnovati prvo etažo stavbe in pritličje nameniti drugim funkcijam.

Načrtovanje trajnostne večstanovanjske zazidave je kompleksno. Posamični vidiki trajnostnega razvoja, predvsem okoljski in sociološki, vodijo do različnih smernic za načrtovanje. Že tema osvetljevanja z dnevno svetlobo vključuje zdravstvene in energetske vidike, ki se lahko znajdejo v jukstapoziciji. V iskanju optimuma je treba upoštevati vrsto področij, med katerimi je treba najti ravnovesje. Predložena raziskava je ob tem želela opozoriti tudi na razko-

rak med zahtevami veljavnega slovenskega standarda o dnevni svetlobi v stavbah in dejanskim stanjem, ki je posledica zakonodaje na tem področju. Izsledki predložene študije primerov in predhodne raziskave o osvetljevanju in gostoti zazidave [Šprah, 2020] so nakazali nekatere možne ukrepe za boljše osvetljevanje bivalnih prostorov večstanovanjske zazidave, kot so izbira tipologij, ki omogočajo dvostransko orientacijo globljih prostorov, in nižja gostota večstanovanjskih zazidav. K razumevanju kompleksnosti teme osvetljevanja z dnevno svetlobo bi pripomogle nadaljnje raziskave povezave vpliva gostote večstanovanjskih zazidav z arhitekturnim oblikovanjem stavb, ki bi lahko predstavljale osnovo za pripravo priporočil o optimizaciji zasnove večstanovanjskih zazidav glede na osvetljevanje z dnevno svetlobo.

Ob predpostavki, da je izpolnjevanje zahtev standarda SIST EN 17037 glede najnižje priporočene ravni osvetljenosti pogoj za zagotavljanje zdravega bivalnega okolja, ga je treba implementirati v načrtovalsko prakso. Začetek implementacije bi lahko predstavljala predpisana preveritev dnevne osvetlitve pritličnih stanovanj v natečajnih rešitvah javnih natečajev večstanovanjskih zazidav pod okriljem stanovanjskih skladov.

5 LITERATURA

Ayoub, M., 100 Years of daylighting: A chronological review of daylight prediction and calculation methods, *Solar Energy*, 194(November), 360–390, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.10.072>, 2019.

Berson, D. M., Dunn, F. A., Takao, M., Phototransduction by Retinal Ganglion Cells That Set the Circadian Clock, *Science*, 295(RC191), 1070–1073, <https://doi.org/10.1126/science.1067262>, 2002.

Bizjak Železnik, B., Kakovost bivanja v pritličnih stanovanjih večstanovanjskih stavb, *Urbani Izziv*, posebna iz, 88–97, URN:NBN:SI:doc-ROXQ5S46, 2015.

Boubekri, M., *Daylighting, architecture and health: building design strategies* (1st ed.). Amsterdam: Elsevier/ Architectural Press, <https://doi.org/10.4324/9780080940717>, 2008.

Boubekri, M., Cheung, I. N., Reid, K. J., Wang, C. H., Zee, P. C., Impact of Windows and Daylight Exposure on Overall Health and Sleep Quality of Office Workers, *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10(6), 603–11, <https://doi.org/10.5664/jcsm.3780>, 2014.

Bramley, G., Power, S., Urban form and social sustainability: The role of density and housing type, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(1), 30–48, <https://doi.org/10.1068/b33129>, 2009.

Brown, M. J., Jacobs, D. E., Residential Light and Risk for Depression and Falls: Results from the LARES Study of Eight European Cities, *Public Health Reports*, 126(1_

suppl), 131–140, <https://doi.org/10.1177/00333549111260s117>, 2017.

Darula, S., Christoffersen, J., Malikova, M., Sunlight and insulation of building interiors, *Energy Procedia*, 78, 1245–1250, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.266>, 2015.

Davis, S., Kaune, W. T., Mirick, D. K., Chen, C., Stevens, R. G., Residential magnetic fields, light-at-night, and nocturnal urinary 6-sulfatoxymelatonin concentration in women, *American Journal of Epidemiology*, 154(7), 591–600, <https://doi.org/10.1093/aje/154.7.591>, 2001.

Dovjak, M., Kukec, A., *Creating Healthy and Sustainable Buildings*, *Creating Healthy and Sustainable Buildings*. Cham.: Springer Open, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-19412-3>, 2019.

Duarte, C. C., Cortiços, N. D., Stefańska, A., Stefańska, A., Home Balconies during the COVID-19 Pandemic: Future Architect's Preferences in Lisbon and Warsaw, *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(298), <https://doi.org/10.3390/app13010298>, 2023.

Foster, R. G., Fundamentals of circadian entrainment by light, *Lighting Research and Technology*, 53(5), 377–393, <https://doi.org/10.1177/14771535211014792>, 2021.

Güneralp, B., Zhou, Y., Ürge-Vorsatz, D., Gupta, M., Yu, S., Patel, P. L., ... Seto, K. C., Global scenarios of urban density and its impacts on building energy use through 2050, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(34), 8945–8950, <https://doi.org/10.1073/pnas.1606035114>, 2017.

Holden, E., Ecological footprints and sustainable urban form, *Journal of Housing and the Built Environment*, 19(1), 91–109, <https://doi.org/10.1023/B:JOHO.0000017708.98013.cb>, 2004.

Isaac, M., Hemeida, F. A., ScienceDirect Study of natural ventilation and daylight in a multi-storey residential building to address the problems of COVID-19, *Energy Reports*, 8(May), 863–880, <https://doi.org/10.1016/j.egypr.2022.07.078>, 2022.

Jabareen, Y. R., Sustainable urban forms: Their typologies, models, and concepts, *Journal of Planning Education and Research*, 26(1), 38–52, <https://doi.org/10.1177/0739456X05285119>, 2006.

Klepeis, N. E., Nelson, W. C., Ott, W. R., Robinson, J. P., Tsang, A. M., Switzer, P., ... Engelmann, W. H., The National Human Activity Pattern Survey, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 11(3), 231–252, <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500165>, 2001.

Lestan, K., Goličnik Marušić, B., Eržen, I., Golobič, M., Odprti prostor stanovanjskih naselij povečuje kakovost grajenega, *IB Revija*, 41–55, URN:NBN:SI:DOC-MIRJQMSM, 2013.

López-Ordóñez, C. F., Roset, J., Rojas-Cortorreal, C., Análisis de la radiación solar directa en las calles de barcelona,

en base a la relación entre su morfología y vegetación, *Architecture, City and Environment*, 12(34), 45–68, <https://doi.org/10.5821/ace.12.34.4708>, 2017.

MOP, Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: 2022 Energijska učinkovitost stavb, Ministrstvo za okolje in prostor, 2022.

Mrdaljevic, J., Validation of a lighting simulation program under real sky conditions, *International Journal of Lighting Research and Technology*, 27(4), 181–188, <https://doi.org/10.1177/14771535950270040701>, 1995.

Paule, B., Flourentzou, F., Perspective on daylight provision according to the new European standard "daylight in Buildings" (EN 17037), *Journal of Physics: Conference Series*, 1343(1), <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1343/1/012165>, 2019.

Peen, J., Schoevers, R. A., Beekman, A. T., Dekker, J., The current status of urban-rural differences in psychiatric disorders, *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 121(2), 84–93, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0447.2009.01438.x>, 2010.

Planišček, A., Razvoj stanovanjske gradnje v Sloveniji, Stanovanjske Ne/Politike, Stanovanjske Arhitektura Med 2000–2010, Zbornica za arhitekturo in prostor Slovenije, 2010.

Potočnik, J., Košir, M., Influence of commercial glazing and wall colours on the resulting non-visual daylight conditions of an office, *Building and Environment*, 171(December 2019), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106627>, 2020.

REFLEX, spletna stran podjetja Reflex d. o. o. - <http://www.reflex.si/si/steklo/toplotna-zascita>, datum vpogleda 17. 3. 2023, 2023.

Reinhart, C. F., Herkel, S., The simulation of annual daylight illuminance distributions-a state-of-the-art comparison of six RADIANCE-based methods, *Energy and Buildings*, 32(2), 167–187, [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00042-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00042-6), 2000.

Reinhart, C. F., Walkenhorst, O., Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds, *Energy and Buildings*, 33(7), 683–697, [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00058-5](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00058-5), 2001.

UL RS, Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj, Uradni list RS št. 1/11, 133–136, 2011.

UL RS, Resolucija o nacionalnem stanovanjskem programu 2015–2025, Uradni list RS, št. 92/15 § (2015), 2015.

Schweizer, C., Edwards, R. D., Bayer-Oglesby, L., Gauderman, W. J., Ilacqua, V., Juhani Jantunen, M., Künzli, N., Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 17(2), 170–181, <https://doi.org/10.1038/sj.jes.7500490>, 2007.

SIST, SIST EN 17037:2019 Dnevna svetloba v stavbah, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2019.

Smektała, M., Baborska-Narožny, M., The use of apartment balconies: context, design and social norms, *Buildings and Cities*, 3(1), 134–152, <https://doi.org/10.5334/bc.193>, 2022.

Šprah, N., Košir, M., Daylight Provision Requirements According to EN 17037 as a Restriction for Sustainable Urban Planning of Residential Developments, *Sustainability (Switzerland)*, 12(1)(315), 1–22, <https://doi.org/10.3390/su12010315>, 2020.

Tregenza, P., Mardaljevic, J., Daylighting buildings: Standards and the needs of the designer, *Lighting Research and Technology*, 50(1), 63–79, <https://doi.org/10.1177/1477153517740611>, 2018.

Ward Larson, G., Shakespeare, R., *Rendering with Radiance: The Art and Science of Lighting Visualization*. San Francisco: Morgan Kaufman Publishers, Inc, 1998.