

ANALIZA OSONČENOSTI STAVB V SKLADU Z ZAHTEVAMI PURES 2010

BUILDING INSOLATION ANALYSIS IN ACORDANCE TO PURES 2010

asist. dr. Mitja Košir, univ. dipl. inž. arh.
prof. dr. Aleš Krainer, univ. dipl. inž. arh.
doc. dr. Živa Kristl, univ. dipl. inž. arh.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, Slovenija
Tel: +386 1 4768 609
Faks: +386 1 4250 688
E-pošta: mitja.kosir@fgg.uni-lj.si

Znanstveni članek

UDK: 551.5:620.91/.93:721

Povzetek | PURES 2010 uvaja pri gradnji stavb instrumente, ki so potrebni, da bi lahko Slovenija sledila zastavljenim zahtevam EU glede zmanjšanja porabe energije. Najpomembnejša funkcija bivalnega in delovnega okolja je dinamična komunikacija z zunanjim okoljem. Povezana je tako z oblikovanjem zdravega, udobnega in prijetnega okolja kot z učinkovito uporabo razpoložljivih naravnih virov, od zraka in dnevne svetlobe do toplotne energije. V članku je predstavljena študija osončenosti na tipičnih primerih pozidav, ki predstavljajo splošen pregled dejanskega stanja pri osončenju stavbnega ovoja v Sloveniji. Z računalniškim orodjem Shading II smo zazidalne vzorce obravnavali s stališča vpliva posameznih faktorjev na trajanje osončenosti: upoštevanja strehe na trajanje osončenosti stavbnega ovoja, medsebojnega senčenja objektov, oblike stavbe in orientacije. Analize osončenosti stavbnega ovoja različnih zazidalnih vzorcev kot tudi različnih oblik stavb kažejo na kompleksnost in večplastnost problematike zagotavljanja zadostnega osončenja stavbnega ovoja. Ugotovili smo, da je vpliv medsebojnega senčenja najbolj izrazit v času zimskega solsticija. Vpliv orientacije stavbe na osončenost njenega ovoja je dvojen, vpliva na izpostavljenost osončenju in trajanje osončenosti. V povezavi z orientacijo stavbe ima oblika stavbnega ovoja poglobljeno vlogo pri določitvi maksimalnega potenciala osončenosti. kateri od naštetih vplivnih faktorjev je dominanten, pa je odvisno od specifik posameznega primera.

Ključne besede: osončenost, PURES 2010, zakonodaja, zazidalni vzorci, oblika stavb

Summary | PURES 2010 introduces the necessary instruments to implement the EU goals regarding the reduction of energy use in Slovenia. The most important function of the living and working environment is the dynamic interaction with the external environment. It relates to the design of healthy, comfortable and pleasant environment and the effective use of available natural sources like air, daylight, and thermal energy. The paper presents a solar exposure study of typical urban patterns in Slovenia. A general overview of the state of art in the field of solar exposure of building envelopes in our country is presented. For calculations the computer tool Shading II was used. Specific influential factors on the length of solar exposure were studied: specific envelope area, mutual shading of buildings, building shape and orientation. Shading analyses confirm the complexity of the problematics taking into account urban patterns and building shapes. We established that mutual shading in most cases is problematical during winter. The influence of mutual shading is dual; it influences the solar exposure area and time duration. In connection with building orientation the building shape has the major role in achieving the maximum solar exposure. Which of the influential factors is going to have the major impact depends on the specifics of each case.

Keywords: insolation, PURES 2010, legislation, urban patterns, building shape

1 • UVOD

Konec junija 2010 je bil objavljen pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) (PURES 2010, 2010), ki je začel veljati 1. januarja 2011, hkrati z njim pa je treba upoštevati tudi Tehnično smernico za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije (TSG4) (TSG-1-004, 2010). Oba dokumenta moramo obravnavati v tesni povezavi. Pravilnik je pravzaprav prenos zahtev, usmeritev in priporočil evropske zakonodaje (DEUS 2010/31/EU, 2010) na uporabno raven in njihova formalizacija v nacionalnem pravnem sistemu. PURES 2010 uvaja pri gradnji stavb instrumente, ki so potrebni, da bi lahko Slovenija sledila zastavljenim zahtevam EU glede zmanjšanja porabe energije. V članku je predstavljena študija osončenosti na tipičnih primerih stanovanjskih pozidav, ki predstavljajo splošen pregled dejanskega stanja. To stavbno tkivo bo v bližnji prihodnosti treba temeljito obnoviti – pri temeljitih prenovah pa je treba obstoječe stavbe uskladiti s trenutno veljavno zakonodajo. Pri tem se postavlja vprašanje, katere od obstoječih sosesk sploh še odgovarjajo novim zahtevam in se jih potemtakem še splača oziroma jih je mogoče prenavljati. Prvi kriterij za odločitev za ali proti je osončenost.

1.1 Zakonodajni okvir

Najstarejša pravna podlaga za PURES 2010 je direktiva o gradbenih proizvodih 89/106/EEC iz leta 1988 (DGP 89/106/EEC, 1988), ki jo je 2011. nadomestila uredba EU o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive sveta 89/106/EGS št. 305/2011 (Uredba št. 305/2011, 2011). Ta obravnava temeljne zahteve za elemente, ki so za stalno vgrajeni v objekte, in za bivalne pogoje v grajenem okolju ter uvaja novo, 7. osnovno zahtevo – Trajnostna raba naravnih virov. Druga pravna podlaga je prenovljena **Direktiva** o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU (DEUS 2010/31/EU, 2010). Ta obravnava povečanje energetske učinkovitosti v stavbah z namenom zmanjšanja odvisnosti EU od uvožene energije. Njena neposredna zahteva je uporaba določenega deleža obnovljivih virov energije za obratovanje stavb in vpeljava zahtev v zvezi s skoraj ničenergijskimi stavbami, ki zahteva, da so do 31. decembra 2020 vse nove stavbe skoraj ničenergijske in da po 31. decembru 2018 za vse nove stavbe, ki jih javni organi uporabljajo kot lastniki, ti zagotovijo, da so to skoraj ničenergijske

stavbe. Tretja podlaga je **Direktiva** o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov 2009/28/ES (DUEO 2009/28/ES, 2009). Opozoriti je treba še na **Predlog Direktive** o energetske učinkovitosti ter razveljavitvi Direktiv 2004/8/ES in 2006/32/ES (DEU 2006/32/ES, 2006).

EU si je zastavila cilj, da do leta 2020 doseže 20-odstotni prihranek primarne energije. Zadnje ocene komisije kažejo, da bo EU leta 2020 dosegla le polovico tega 20-odstotnega cilja. Da bi komisija ponovno spodbudila energetske učinkovitost, je predložila nov načrt za energetske učinkovitost, v katerem je določila ukrepe za doseganje dodatnega prihranka pri oskrbi z energijo in rabi energije. S tem zakonodajnim predlogom so nekateri vidiki načrta za energetske učinkovitost preoblikovani v zavezujoče ukrepe. Energetske učinkovitost je stroškovno najučinkovitejši in najhitrejši način za povečanje zanesljivosti oskrbe ter učinkovit način za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, ki so vzrok za podnebne spremembe. Kot je navedeno v sporočilu **komisije Načrt za prehod** na konkurenčno gospodarstvo z nizkimi emisijami ogljika do leta 2050 (Evropska komisija, 2011), bi lahko EU z energetske učinkovitostjo dosegla in celo preseгла svoj cilj zmanjšanja emisij toplogrednih plinov.

PURES 2010 uvaja pri gradnji stavb instrumente, ki so potrebni, da bi lahko Slovenija sledila zastavljenim zahtevam, ki ne zajemajo le strogo »energetsko-tehničnih vidikov rabe energije«, ampak posredno z zahtevami, povezanimi z osončenjem, tudi področji zdravja in učinkovitosti, ki sta pomembna vidika trajnostne gradnje.

Temeljna vsebinska člena PURES 2010 sta šesti in osmi. Šesti člen določa, da je pri zagotavljanju učinkovite rabe energije v stavbah treba upoštevati celotno življenjsko dobo stavbe, njeno namembnost, podnebne podatke, materiale konstrukcije ter ovoj, lego in orientiranost, parametre notranjega okolja, vgrajene sisteme in naprave ter uporabo obnovljivih virov energije. Osmi člen pa določa, da je stavbo treba zasnovati in graditi tako, da je energetske ustrezno orientirana, da je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in njeno kondicionirano prostornino z energetskega stališča ugodno, da so prostori energetske optimalno razporejeni ter da materiali in elementi konstrukcije in celotna zunanja površina stavbe omogočajo učinkovito uprav-

ljanje energetskih tokov. Pri tem se moramo zavedati, da je jedro težave energetska neodvisnost, zato je pomembna absolutna količina energije, ki jo je treba po letu 2020 zagotoviti večinoma z obnovljivimi viri.

Cilji so zelo zahtevni vsebinsko in časovno. Vodilo je najprej narediti pravilno in nato racionalno, kajti če je nekaj racionalno, ni nujno, da je tudi pravilno. Namen dokumentov, kot je PURES 2010, je omogočiti zagotavljanje učinkovitosti. Zavedati se moramo, da skoraj ničenergijske hiše, tako predpisuje EU-zakonodaja, ne moremo doseči brez zajemanja energije iz okolja. Najpogosteje je to sončno sevanje, do katerega moramo zagotoviti dostop vsem stavbam. V zakonodaji je to urejeno v PURES 2010 in TSG4.

1.2 Študije in praksa

Kaj pa se bo zgodilo v praksi? Cilj te študije je ugotoviti, kako bo zahteva glede osončenosti, navedena v TSG4, vplivala na preнове in zasnovi novih pozidav. Reprezentativnih oziroma preglednih študij osončenosti v skladu z novimi zahtevami ni. V Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente UL FGG smo v preteklosti izdelali nekaj študij osončenosti v skladu s predhodnimi zahtevami (Kristl, 2001, 2007), treba pa se je zavedati, da so zahteve, navedene v TSG4, bistveno drugačne. V tuji literaturi so pregledne študije redke, predvsem se ukvarjajo s posameznimi primeri (Seong, 2011) ali pa se navezujejo na izrabo energije ((Lam, 2000), (van Escha, 2012)).

Ker novih pozidav v Sloveniji v tem trenutku praktično ni, smo obravnavali realne obstoječe pozidave, posebno zato, ker se predvideva, da bodo v prihodnjih letih znatne investicije usmerjene predvsem v preнове obstoječih stavb. Izbrali smo pet tipičnih vzorcev pozidav v Sloveniji in z dodatkom za Google SketchUp (Google Inc., 2011), Shading II ((Yeziro, 1999), (Shading II, 2011)), izračunali potencialno trajanje osončenosti na stavbnem ovoju. Zazidalne vzorce smo obravnavali s stališča vpliva posameznih faktorjev na trajanje osončenosti: upoštevanja strehe na trajanje osončenosti stavbnega ovoja, medsebojnega senčenja objektov, oblike stavbe in orientacije. Ker so zahteve TSG4 na prvi pogled strožje, kot so bile obstoječe, pričakujemo, da nekatere pozidave ne bodo zadovoljile novih kriterijev. Predvsem to velja za zelo gosto pozidana območja, karejske zazidave in lamele, orientirane vzhod-zahod. Ravno tako se je postavilo vprašanje, do katere mere je še smotrno zgoščevanje pozidave kot posledica pritiskov nepremičninskih špekulacij.

2 • IZHODIŠČA

2.1 Cilji

V okviru študij, ki se opravljajo za Kompetenčni center TIGR (KC TIGR, 2011), postavljamo naslednje cilje. Globalni cilj je učinkovitost delovanja sistema. Pogoj za doseg tega cilja je neodvisnost. Najbolj problematična so področja virov – energija, materiali in hrana. Postavlja se vprašanje, ali je cilj blaženje napovedanih podnebnih razmer. Odgovorimo lahko: tudi.

Pri gradbeništvu postavljamo naslednje prioritete:

1. Zdravje in učinkovitost: pomembni faktorji bivalnega in delovnega okolja so poleg temperature predvsem dnevna svetloba, kakovost zraka, vizualno in zvočno udobje.

2. Energija: pomembna faktorja sta učinkovita raba energije in izkoriščanje obnovljivih virov energije.

Pri porabi energije v stavbah obstajata dva specifična cilja.

Strateški cilj: optimalna izraba dnevne svetlobe skupaj s kakovostjo zraka (človekova učinkovitost) in optimalna izraba toplotnega dela sončnega sevanja (energetska neodvisnost).

Taktični cilj: (blizu) ničenergijska hiša, ki jo lahko dosežemo le z učinkovito rabo energije.

Najpomembnejša funkcija bivalnega in delovnega okolja je dinamična komunikacija z zunanjim okoljem. Povezana je z oblikovanjem zdravega, udobnega in prijetnega okolja kot tudi z učinkovito uporabo razpoložljivih naravnih virov, od zraka in dnevne svetlobe do toplotne energije. Večina naporov v zvezi z bivalnim okoljem je usmerjena v skrajno poenostavljene načine varčevanja z energijo, veliko manj v materiale, še manj v zdravje in učinkovitost. Čim manjša poraba energije, ki prihaja iz neobnovljivih virov, je lahko le instrument za doseganje glavnega cilja: zdravega bivalnega in delovnega okolja ter energetske neodvisnosti. Naš cilj je učinkovitost in z njo povezana kakovost življenja. Na eni strani imamo odprte sisteme, pri katerih oblikovanje prostora temelji na bioklimatskem konceptu, na drugi strani pa zaprte sisteme, ki omejujejo komunikacije, so stacionarni, obrambni, in ki lahko kaznujejo uporabnika.

Glede na zastavljene cilje in problematičnost pokrivanja osnovnih potreb z domačimi viri je pri gradnji poleg izbire lokacije bistven vzorec pozidave. V TSG4 so določeni vpadni koti

sončnega sevanja, ki jih lahko izkoriščamo kot obnovljivi vir energije. S primerno urbanistično zasnovo je treba zagotoviti dostop do tega vira.

2.2 Razlaga zahtev

Z začetkom veljave PURES 2010 in s tem obvezne Tehnične smernice je postala ena od zahtev, ki jih morajo izpolniti načrtovane stavbe, tudi zadostno osončenje stavbnega ovoja, ki opravlja »toplotnoenergijsko« funkcijo. Zahteva o osončenju je eksplicitno navedena v TSG4 v poglavju o arhitekturnih zahtevah, poglavje 2.2, 3. alineja, in sicer:

»Sončnemu sevanju izpostavljena površina zunanega ovoja stavbe (zbiralna površina), ki opravlja toplotnoenergijsko funkcijo (zunanje stene in streha), mora biti osončena od povprečne višine 1 m nad terenom navzgor, v času:

zimskega solsticija (21. 12.) najmanj 2 uri, pošteva se horizontalna projekcija vpadnega

kota sonca v območju ± 30° odstopanj od smeri jug,

ekvinokcija (21. 3. in 21. 9.), najmanj 4 ure, pošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju ± 60° odstopanj od smeri jug,

poletnega solsticija (21. 6.), najmanj 6 ur, pošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju ± 110° odstopanj od smeri jug.«

Tehnična smernica zahteva preverjanje osončenosti stavbnega ovoja v štirih kritičnih dnevih, in sicer v času zimskega solsticija (21. 12.), spomladanskega in jesenskega enakonočja (21. 3. in 21. 9.) ter poletnega solsticija (21. 6.). Za vsakega od predpisanih dni je treba zadostiti zadovoljivo trajanje osončenosti, pri čemer so zahteve za 21. 3. in 21. 9. enake. Trajanje osončenosti stavbnega ovoja predstavlja minimalno časovno obdobje, v katerem mora biti obravnavani del stavbnega ovoja osončen 100-odstotno. Tako so zahteve TSG4 o osončenosti stavbnega ovoja izpolnjene, če je sončnemu sevanju izpostavljeni stavbni ovoj osončen 100-odstotno v zahtevanem časovnem obdobju ali pa v

21. 12.		
upoštevano trajanje osončenosti po TSG4	±30° od smeri J	
azimut	150°	210°
elevacija	14,80°	14,70°
ura	09.50	14.05
maksimalno trajanje osončenja (potencial)	255 min.	
zahtevana 100 % osončenost po TSG4	120 min.	

21. 3. in 21. 9.		
upoštevano trajanje osončenosti po TSG4	±60° od smeri J	
azimut	120°	240°
elevacija	25,50°	25,40°
ura	08.41	15.33
maksimalno trajanje osončenja (potencial)	412 min.	
zahtevana 100 % osončenost po TSG4	240 min.	

21. 6.		
upoštevano trajanje osončenosti po TSG4	±110° od smeri J	
azimut	70°	290°
elevacija	13,30°	13,30°
ura	05.51	18.21
maksimalno trajanje osončenja (potencial)	760 min.	
zahtevana 100 % osončenost po TSG4	360 min.	

Preglednica 1 • Zahteve TSG-01-004 in njihova interpretacija za lokacijo v Ljubljani

ekvivalentno daljšem časovnem obdobju v primeru delno osenčenega ovoja. Tako je na primer 21. 12. upoštevan stavbni ovoj lahko izpostavljen sončnemu sevanju le dve uri pod pogojem, da je konstantno osenčen (100-odstotno osenčen). Ekvivalentno pa so zahteve tehnične smernice izpolnjene tudi v primeru, da je stavbni ovoj osenčen le 50-odstotno, vendar v daljšem časovnem obdobju – štiri ure. Kot dodatna omejitev je določeno tudi obdobje, v katerem se osenčenost stavbnega ovoja upošteva. To je določeno s florisno projekcijo sonca in z odmiki od južne smeri, torej z azimutom pozicije sonca na nebu. Celoten povzetek zahtev TSG4 glede osenčenosti stavbnega ovoja in pripadajoče interpretacije so predstavljene v preglednici 1. Pri preverjanju izpolnjevanja zahtev TSG4 je pomembna tudi določitev obravnavanih površin, kjer je zahtevana osenčenost mišljena za površine, ki lahko opravljajo toplotnoenergijsko funkcijo. Ta zahteva torej predvideva izpolnjevanje zahtevanih minimalnih kriterijev za tiste dele stavbnega ovoja (fasada in/ali streha), ki omogočajo neposredni zajem sončnega sevanja (transparentni deli stavbnega ovoja) in posredni zajem preko solarnih kolektorjev, steklenjakov in zbiralno shranjevalnih elementov. Poudariti je treba, da so zahteve glede osenčenosti stavbnega ovoja, ki jih podaja Tehnična smernica, naravnane na zagotavljanje zadostnega izkoriščanja energije sončnega sevanja in niso namenjene preverjanju osenčenosti prostorov in zasteklitev z vidika zahtev po dnevni svetlobi.

2.3 Metoda

V študiji smo analizirali različne realne pozidave, ki so bile izbrane kot tipični primeri pozidav in tako predstavljajo splošen pregled dejanskega stanja v prostoru. Različne realne pozidave med seboj niso neposredno primerljive, njihova skupna točka je ocena z gledišča zahtev TSG4, ki predstavlja izhodišče



Slika 1 • Ortofoto posnetek izbrane lokacije (Grosuplje, Pod gozdom cesta V) in odgovarjajoči idealizirani prostorski model (Vir fotografije: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso)

za bodoče intervencije. V nadaljevanju bodo predstavljeni naslednji primeri:

- PRIMER 1: naselje individualnih družinskih hiš – Grosuplje, Pod gozdom cesta V
- PRIMER 2: naselje individualnih družinskih hiš – Ljubljana, Soussenska ulica
- PRIMER 3: naselje večstanovanjskih blokov – Ljubljana, BS-3
- PRIMER 4: naselje večstanovanjskih stolpnic – Ljubljana, Streliška ulica
- PRIMER 5: naselje večstanovanjskih blokov – Ljubljana, Župančičeva jama

Pri analizi osenčenosti obravnavanih vzorcev pozidave je bila upoštevana idealizirana geometrija naselij, določena na podlagi realne geometrije, pridobljene iz javno dostopnih baz (ARSO, 2011). Etažnost in oblika posameznih enot sta bili poenoteni, s čimer je bil zmanjšan vpliv različnih geometrij stavb na pridobljene rezultate, naklon terena je bil zanemarljivo oziroma je bil privzet kot raven. Z opisanimi poenostavitvami je bil pridobljen geometrijski model (slika 1), na osnovi katerega so bili opravljeni izračuni osenčenosti stavbnega ovoja. Izračun osenčenosti je bil opravljen s programom Shading II, ki omogoča izračun osenčenosti stavbnega ovoja v določenem

časovnem intervalu. Pridobljeni rezultati predstavljajo odstotek osenčenosti v določenem časovnem obdobju, ta pa je primerjan z zahtevami, navedenimi v TSG4, kjer 100 % predstavlja minimalno zahtevano osenčenje. Pri rezultatih tako predstavlja vrednost nad 100 % preseganje zahtev TSG4, nižja vrednost pa nezadostno osenčenost glede na zastavljena merila.

Za vsak primer pozidave so bile izvedene štiri serije izračunov v treh kritičnih dnevih (21. 12., 21. 3., 21. 6.). Izračuni so obsegali analizo osenčenosti stavbe brez sosednjih stavb in z njimi ter z upoštevanjem in brez upoštevanja vpliva strehe. Tako analiza brez upoštevanja sosednjih objektov predstavlja izračun maksimalnega potenciala osenčenja pri dani obliki in orientiranosti stavbe. Primerjava z rezultati, izračunanimi ob upoštevanju sosednjih objektov, pa omogoča oceno vpliva senčenja okolice na osenčenost stavbnega ovoja analizirane stavbe. Podobno izračuni, opravljeni pri upoštevanju in neupoštevanju strehe, prikažejo strukturo doprinosa strehe (če ta opravlja toplotnoenergijsko funkcijo) in upoštevanega dela fasadnega ovoja k zagotavljanju zahtevane osenčenosti stavbe.

3 • IZRAČUN OSOČENOSTI NA RAZLIČNIH PRIMERIH

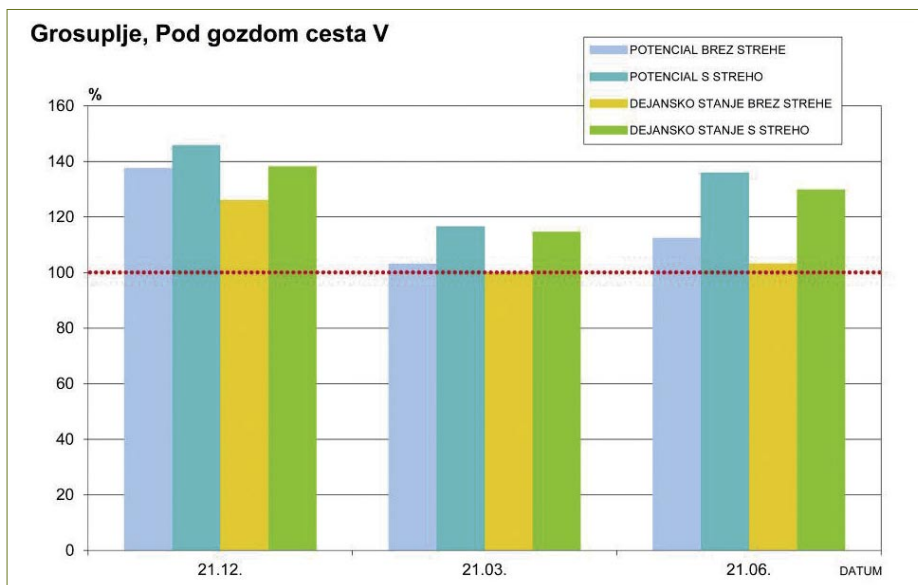
3.1 PRIMER 1: Naselje individualnih družinskih hiš – Grosuplje, Pod gozdom cesta V

Za naselje individualnih stanovanjskih hiš v Grosupljem je značilna skoraj kvadratna oblika stavb, ki so razporejene v enakomerno mrežo z zamikom vsake druge vrste in odklikom 30° od smeri sever (slika 1). Dimenzija stavb je

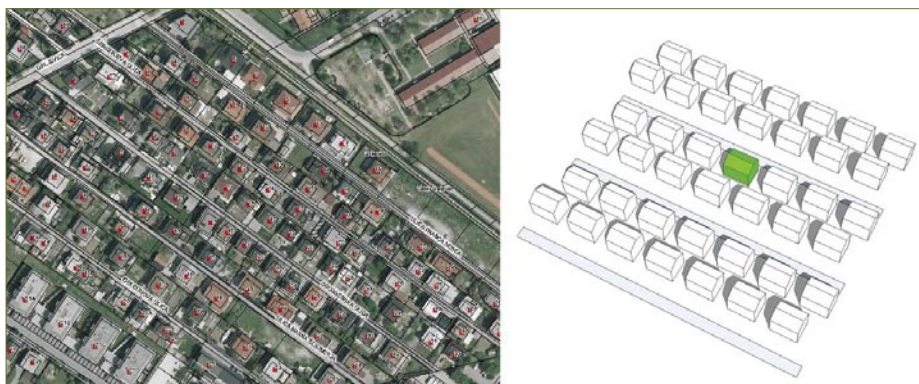
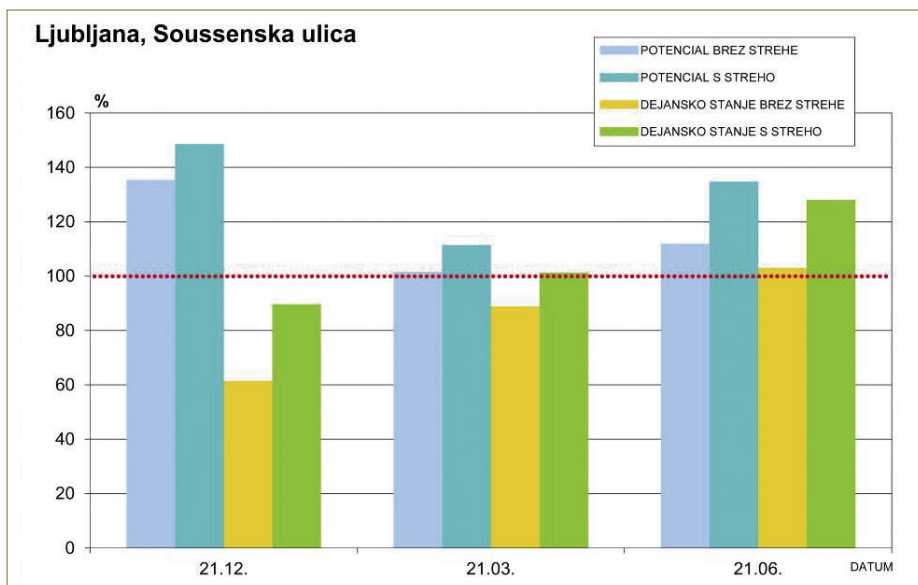
11/11 m, višina 9 m (tri etaže) z dvokapno streho v naklonu 30° s strešinami, orientiranimi proti vzhodu in zahodu. V smeri sever-jug so stavbe med seboj razmaknjene za 21 m, v smeri **vzhod-zahod** pa 6 m. Pri analizi osenčenosti so bile upoštevane južna, vzhodna in zahodna fasada (na teh površinah se pojavljajo transparentni elementi) in celotna streha,

v primeru, če bi bila izkoriščena za zajem sončnega sevanja, pozicija analizirane stavbe v zazidalnem vzorcu je na sliki 1 označena z zeleno barvo. Pri izračunu osenčenosti je bila upoštevana površina fasade nad višino 1 m od tal, tako kot je določeno v TSG4.

Slika 2 prikazuje izračunane rezultate za analizirano stavbo v treh kritičnih dnevih za dejansko stanje (z upoštevanjem strehe in brez upoštevanja strehe) in maksimalen potencial brez senčenja sosednjih objektov (s streho in brez nje). Vrednost 100 % sovпада z minimal-



Slika 2 • Rezultati analize osončenosti stavbe v zazidalnem vzorcu Grosuplje, Pod gozdom cesta V

Slika 3 • Ortofoto posnetek izbrane lokacije (Ljubljana, Soussenska ulica) in odgovarjajoči idealizirani prostorski model (Vir fotografije: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso)

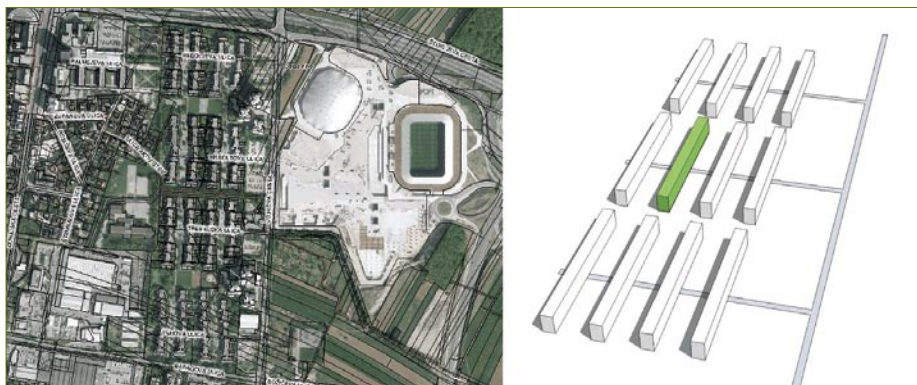
Slika 4 • Rezultati analize osončenosti stavbe v zazidalnem vzorcu Ljubljana, Soussenska ulica

no zahtevo TSG4 v določenem kritičnem dnevu. Iz diagrama je razvidno, da je pri dani orientaciji in obliki stavbe maksimalen potencial osončenosti 21. 12. pri upoštevanju strehe za 45,75 odstotne točke večji od zahtev Tehnične smernice. Dejansko stanje ob upoštevanju senčenja sosednjih stavb pa ni veliko slabše kot v primeru maksimalnega potenciala, saj je zahteva Tehnične smernice presežena za 38,20 odstotne točke v primeru upoštevanja strehe, brez upoštevanja osončenosti strehe pa za 26,12 odstotne točke. Najslabši rezultati so pričakovano 21. 3., saj so zahteve določene v TSG4 takrat najbolj stroge (razmerje med zahtevanim osončenjem in potencialnim trajanjem osončenja je najmanjše). Kljub vsemu pa je stavba zadovoljivo osončena, čeprav mejno (osončenost brez upoštevanja strehe je le za 0,12 odstotne točke nad minimalno zahtevano). Relativno majhna razlika med rezultati z upoštevanjem strehe in brez upoštevanja strehe kaže na zadovoljivo osončenost fasadnega ovoja, ki je posledica relativno velikih razmikov med posameznimi stavbami.

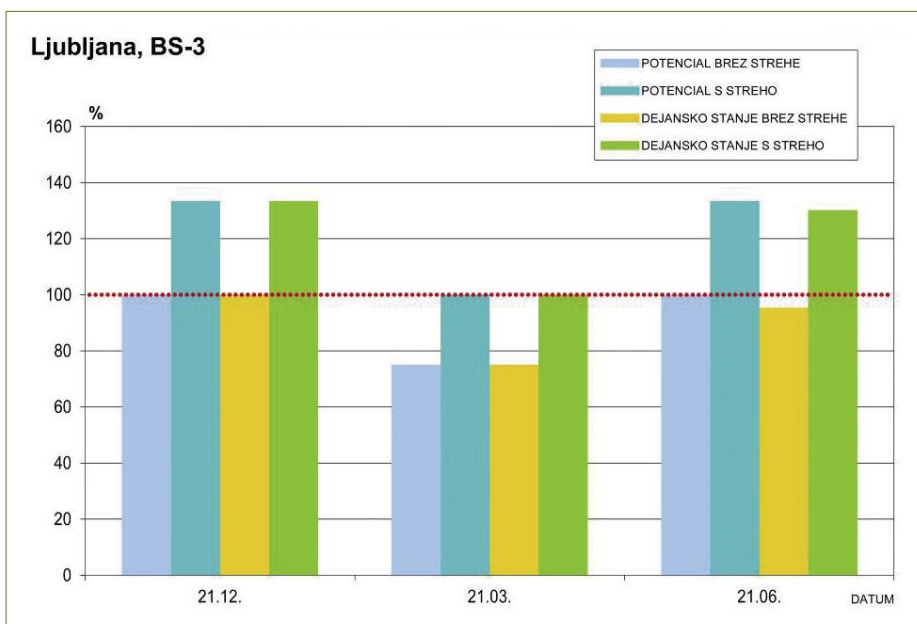
3.2 PRIMER 2: Naselje individualnih družinskih hiš – Ljubljana, Soussenska ulica

Za pozidavo individualnih stanovanjskih stavb v Soussenski ulici v Ljubljani je značilna oblika enakomerne pravokotne mreže z zamiki in odmikom 30° od smeri sever (slika 3). Stavbe so florisnih dimenzij 11/8,5 m z daljšo stranico, orientirano v smeri vzhod–zahod. Višina stavbe je 7,8 m (pritličje, nadstropje in mansarda), dvokapna streha ima naklon 30° in ima sleme orientirano vzporedno z daljšo stranico stavbe. V smeri sever–jug so stavbe med seboj razmaknjene maksimalno 14 m in minimalno 5 m, v smeri vzhod–zahod pa 6 m. Pri analizi osončenosti so bile upoštevane južna, vzhodna in zahodna fasada. V izračunih, ki upoštevajo tudi streho, je bila upoštevana le jugovzhodna strešina, saj severovzhodna strešina večino leta ni osončena. Pozicija analizirane stavbe v zazidalnem vzorcu je na sliki 3 označena z zeleno barvo. Pri izračunu osončenosti je bila upoštevana površina fasade nad višino 1 m od tal.

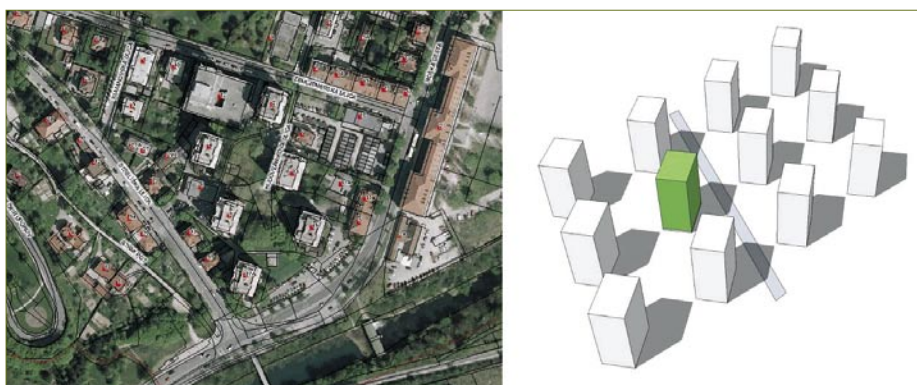
Slika 4 prikazuje rezultate osončenosti za analizirano stavbo v treh kritičnih dneh za dejansko stanje (z upoštevanjem strehe in brez upoštevanja strehe) in maksimalen potencial brez senčenja sosednjih objektov (s streho in brez nje). Vrednost 100 % sovпада z minimalno zahtevo TSG4 v določenem kritičnem dnevu. Iz predstavljenih rezultatov je razvidna



Slika 5 • Ortofoto posnetek izbrane lokacije (Ljubljana, Puhova, Trebinska, Maroltova in Reboljeva ulica) ter odgovarjajoči idealizirani prostorski model (Vir fotografije: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso)



Slika 6 • Rezultati analize osončenosti stavbe v zazidalnem vzorcu Ljubljana, Puhova, Trebinska, Maroltova in Reboljeva ulica



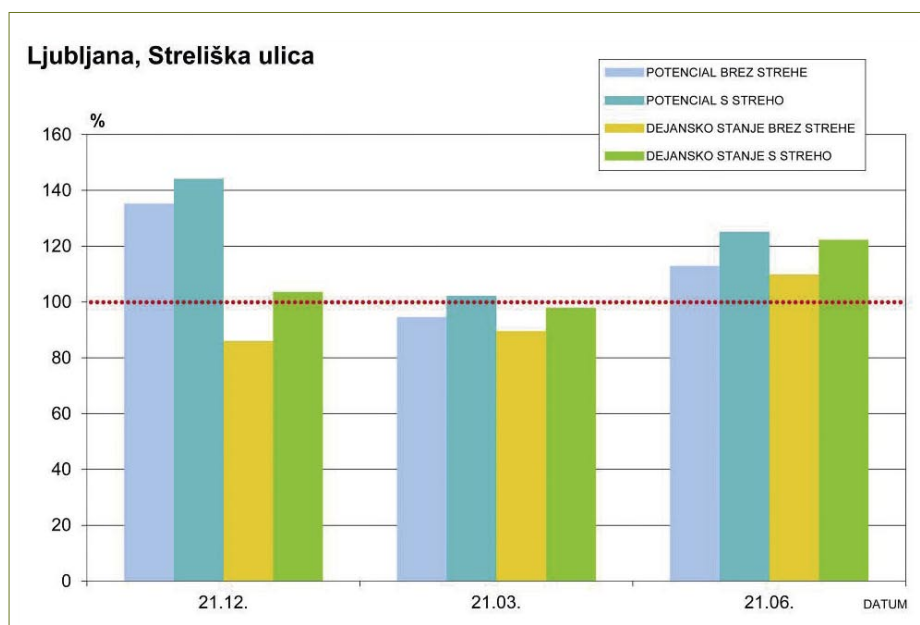
Slika 7 • Ortofoto posnetek izbrane lokacije (Ljubljana, Streliška ulica) in odgovarjajoči idealizirani prostorski model (Vir fotografije: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso)

nezadostna osončenost stavbe 21. 12., saj je ta za 38,6 odstotne točke manjša od minimalno zahtevane osončenosti v primeru izračuna osončenosti brez upoštevanja strehe. Osončenost v primeru upoštevanja strehe pa je kljub temu še vedno 10,35 odstotne točke manjša od minimalne zahteve Tehnične smernice. Slabi rezultati so posledica pregoste pozidave, kar je razvidno iz rezultatov osončenja stavbe brez upoštevanja sosednjih objektov (slika 4). Osončenost je slaba tudi 21. 3., saj je stavba brez upoštevanja strehe nezadostno osončena (11,08 odstotne točke manj od zahtevane osončenosti), z upoštevanjem strehe pa je minimalna vrednost osončenosti presežena le za 1,35 odstotne točke. Slaba osončenost izbrane stavbe kaže na neprimerno gostoto pozidave, saj sosednji objekti močno vplivajo na zmanjšanje osončenosti stavbnega ovoja 21. 12. in v manjši meri tudi na zmanjšanje osončenosti v drugih dveh kritičnih dneh. Primerjava rezultatov med potencialno in dejansko osončenostjo stavbnega ovoja, prikazanih na sliki 4 v dneh 21. 3. in 21. 6., kaže tudi na vpliv orientacije in oblike stavbe, saj je ta, zaradi tega tudi brez vpliva sosednjih stavb, komaj zadovoljivo osončen.

3.3 PRIMER 3: Naselje večstanovanjskih blokov – Ljubljana, BS-3

Prostorska organizacija stanovanjskega blokovskega naselja med Puhovo in Reboljevo ulico (BS-3) v Ljubljani je značilen izrazit linearen zazidalni vzorec z orientacijo sever–jug. Stavbe so florisnih dimenzij 140/11 m z daljšo stranico, orientirano v smeri sever–jug. Višina stavbe je 18 m (delno vkopana klet, pritličje, štiri nadstropja), stavba ima ravno streho. V smeri sever–jug so stavbe med seboj razmaknjene 30 m, v smeri vzhod–zahod prav tako 30 m. Pri analizi osončenosti so bile upoštene vzhodna in zahodna fasada in ravna streha. Južna fasada ni bila upošteneva, saj je bilo privzeto, da je brez transparentnih površin oziroma so te minimalnih dimenzij in tako ne opravljajo funkcije neposrednega zajema sončne energije. Takšna interpretacije geometrije stavbe sicer ne ustreza popolnoma dejanskemu stanju stavb v naselju BS-3 (stavbe so v realnosti oblikovane v obliki črke T z južno orientiranimi stanovanji), zato pa bolj nazorno ilustrira arhetip linearne blokovske stavbe. Pozicija analizirane stavbe v zazidalnem vzorcu je na sliki 5 označena z zeleno barvo. Pri izračunu osončenosti je bila upošteneva površina fasade nad višino 1 m od ravnine tal.

Slika 6 prikazuje rezultate osončenosti za analizirano stavbo v treh kritičnih dneh za de-



Slika 8 • Rezultati analize osončenosti stavbe v zazidalnem vzorcu Ljubljana, Streliška ulica

jansko stanje (z upoštevanjem strehe in brez upoštevanja strehe) in maksimalen potencial brez senčenja sosednjih objektov (s streho in brez nje). Vrednost 100 % sovpada z minimalno zahtevo TSG4 v določenem kritičnem dnevu. Iz predstavljenih rezultatov je razvidna nezadostna osončenost stavbe 21. 3., saj je ta za 25 odstotnih točk manjša od minimalno zahtevane osončenosti, in sicer v primeru potencialne kot tudi dejanske osončenosti brez upoštevanja strehe. Z upoštevanjem strehe pa je osončenost mejna in ravno izpolni zahtevo TSG4. Identične vrednosti osončenja stavbe pri upoštevanju sosednjih stavb kot tudi brez njih (slika 6) izvirajo iz neprimerne oblike stavbe oziroma njene orientacije, kar pomeni, da sosednje stavbe ne senčijo analizirane stavbe, ampak je ta sama neprimerno oblikovana

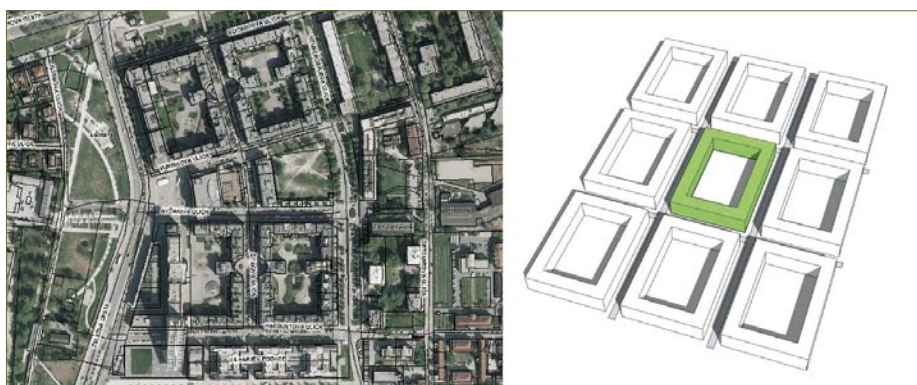
in/ali neprimerno orientirana. Vzrok za nastalo situacijo je v izredno veliki površini vzhodne in zahodne fasade, od katerih je polovico dneva vsaj ena vedno v popolni senci, s tem pa močno zniža povprečno osončenost celotnega stavbnega ovoja, izpostavljenega sončnemu sevanju.

3.4 PRIMER 4: Naselje večstanovanjskih stolpnic – Ljubljana, Streliška ulica

Naselje stanovanjski stolpnic ob Streliški ulici v Ljubljani, oblikovano na principu enakomerne mreže z medsebojnim zamikom posameznih enot. Tlorisna dimenzija stavb je 14/20 m z daljšo stranico, usmerjeno vzdolž smeri sever–jug, odmaknjena za 16° od smeri sever. V višino stavba meri 33 m (11 nadstropij, vkopana klet ni upoštevana), stavbe imajo ravno

streho. Odmik med posameznimi stavbami v smeri sever–jug je 56 m v smeri vzhod–zahod pa 41 m. V analizi osončenosti stavbe so bile upoštevane južna, vzhodna in zahodna fasada (upoštevana je površina fasade nad 1 m od nivoja tal) kot tudi ravna streha. Na sliki 7 je obravnavana stavba označena z zeleno barvo.

Rezultati analize osončenosti za stanovanjske stolpnice v naselju ob Streliški ulici so prikazani na sliki 8. Prikazani rezultati so deljeni na dejansko stanje ob upoštevanju senčenja sosednjih stavb (z upoštevanjem strehe in brez upoštevanja strehe) in na maksimalen potencial osončenosti stavbe ob dani orientaciji in obliki stavbe (z upoštevanjem strehe in brez upoštevanja strehe). Vrednost 100 % sovpada z minimalno zahtevo TSG4 v določenem kritičnem dnevu. Rezultati opravljene analize kažejo na nezadostno osončenost stavbnega ovoja 21. 3. kot tudi 21. 12., takrat je osončenost stavbe brez upoštevanja strehe za 14 odstotnih točk pod minimalno zahtevo in kar za 49,25 odstotne točke manjša od maksimalnega potenciala. V primeru upoštevanje strehe je osončenost 21. 12. zadovoljiva, saj presega minimalno zahtevo za 3,65 odstotne točke, kljub vsemu pa je za 40,53 odstotne točke pod nivojem maksimalnega potenciala. Situacija je še slabša 21. 3., saj takrat minimalnih zahtev stavba ne izpolnjuje tudi v primeru maksimalnega potenciala, ta je v primeru neupoštevanja strehe za 5,50 odstotne točke pod minimalno zahtevo, z upoštevanjem strehe pa je presežena za 2,15 odstotne točke. Rezultati simulacij na zimski solsticij (21. 12.) kažejo na velik vpliv sosednjih stavb, saj se te med seboj močno senčijo, kar znatno zmanjša osončenost v primerjavi z maksimalnim potencialom. Nasprotno pa osončenost 21. 3. ni zadovoljiva predvsem zaradi oblike oziroma orientiranosti posameznih stavb, kar je razvidno iz minimalnih razlik med dejanskim osončenjem in maksimalnim potencialom.

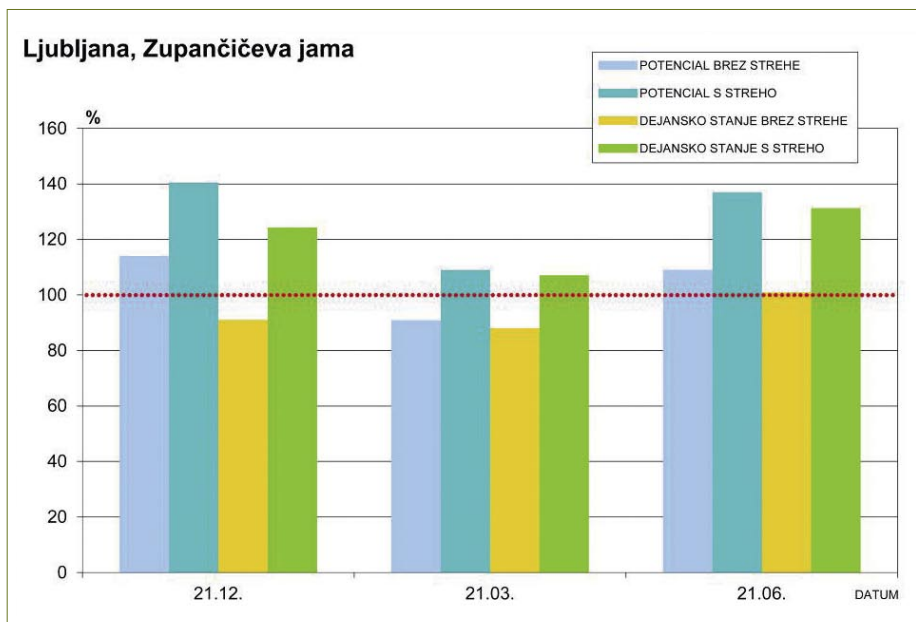
Slika 9 • Ortofoto posnetek izbrane lokacije (Ljubljana, Štihova, Vurnikova, Avčinova, Hacquetova in Neubergerjeva ulica) in odgovarjajoči idealizirani prostorski model (Vir fotografije: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso)

3.5 PRIMER 5: Naselje večstanovanjskih blokov – Ljubljana, Zupančičeva jama

Naselje stanovanjskih blokov ob Štihovi, Vurnikovi, Avčinovi, Hacquetovi in Neubergerjevi ulici v Ljubljani predstavlja tipičen primer karejske pozidave, kjer stanovanjska stavba obdaja z vseh strani notranje dvorišče. Stavbe so tlorisnih dimenzij 105 m vzdolž smeri sever–jug in 75 m vzdolž smeri vzhod–zahod. Notranje dvorišče ima tlorisno dimenzijo 81/51 m, v višino pa stavba obsega 6 etaž oziroma 18 m. Razmik med posameznimi kareji zanaša v vse

smeri 16 m. V analizi osončenosti stavbe so bile upoštewane notranje in zunanje fasade kareja, orientirane proti jugu, vzhodu in zahodu (upoštevana je površina fasade nad 1 m od nivoja tal) kot tudi streha. Na sliki 9 je obravnavana stavba označena z zeleno barvo.

Rezultat izračuna osončenosti stanovanjskega karejskega bloka v Štihovi ulici so prikazani na sliki 10. Prikazana sta maksimalen potencial z upoštevanjem strehe in brez upoštevanja strehe ter dejansko stanje (z upoštevanjem strehe in brez) ob upoštevanju senčenja sosednjih stavb. Vrednost 100 % sovpada z minimalno zahtevo TSG4 v določenem kritičnem dnevu. Iz rezultatov analize je razvidno, da je stavba brez upoštevanja strehe premalo osončena 21. 12. (9,05 odstotne točke manjša od minimalne zahteve) in 21. 3. (11,95 odstotne točke manjša od minimalne zahteve) ter mejna 21. 6., ko je minimalna zahteva Tehnične smernice presežena le za 0,89 odstotne točke. Ob upoštevanju strehe pa je zahteva Tehnične smernice izpolnjena v vseh kritičnih dneh, kar kaže na relativno velik vpliv osončenosti strehe na osončenost celotnega stavbnega ovoja. Razlika med osončenostjo stavbe brez upoštevanja strehe in z upoštevanjem strehe je 21. 12. kar 33,43 odstotne točke. Relativno majhne razlike med



Slika 10 • Rezultati analize osončenosti stavbe v zazidalnem vzorcu Ljubljana, Štihova, Vurnikova, Avčinova, Hacquetova in Neubergerjeva ulica

osončenostjo brez upoštevanja sosednjih stavb in z upoštevanjem le-teh (21. 3. je razlika le 1,93 odstotne točke) kažejo na majhen vpliv medsebojnega senčenja stavb in na velik vpliv

oblike stavbe. Stavbe namreč zelo močno senčijo same sebe, saj južna prečna lamela senči zahodno in vzhodno notranjo (atrijsko) fasado stanovanjskega bloka.

4 • ANALIZA VPLIVNIH FAKTORJEV

Predstavljeni pregled analiziranih primerov urbanih zazidalnih vzorcev in osončenosti ovoja različnih stavb kaže na večplastnost problematike zagotavljanja zadostne količine osončenosti glede na zahteve TSG4. Z analizo izračunanih vrednosti osončenosti je mogoče faktorje, ki vplivajo na količino osončenosti stavbnega ovoja, razdeliti v dve skupini, in sicer na morfološke vplive okolice in morfološke vplive stavbe. Med vplivi okolice imata izrazit vpliv na osončenost stavb gostota (razdalja med sosednjimi stavbami) in geometrija (razporeditev stavb v prostoru) zazidalnega vzorca ob predpostavki, da je vpliv terena minimalen oziroma zanemarljiv. Vpliv morfologije stavbe na njeno osončenost pa je odvisen od oblike (razgibanost ovoja), orientacije (katere površine so izpostavljene sevanju) in strukture (kateri deli stavbe vršijo toplotnoenergijsko funkcijo) posameznih površin.

4.1 Gostota zazidalnega vzorca

Z zmanjševanjem razdalje med sosednjimi stavbami se nelinearno povečuje vpliv senčenja stavbnega ovoja zaradi senc, ki jih dajejo sosednje stavbe. Na splošno gledano,

se ta pojav odraža kot razlika med potencialno osončenostjo stavbe (brez senčenja sosednjih stavb) in dejansko osončenostjo ob upoštevanju sosednjih stavb. Gledano v kontekstu štirih kritičnih dni, je vpliv medsebojnega senčenja najbolj izrazit v času zimskega solsticija (21. 12.), ko so vpadni koti sončnih žarkov najnižji in posledično sence najdaljše. Primer nezadostnih odmikov med

	21. 12.		21. 3. in 21. 9.		21. 6.	
	potencial	dejansko	potencial	dejansko	potencial	dejansko
PRIMER 1	137,60	126,13	103,18	100,21	112,52	103,32
PRIMER 2	135,40	61,43	101,55	88,93	111,80	102,95
PRIMER 3	100,00	100,00	75,00	75,00	100,00	95,30
PRIMER 4	135,25	86,00	94,50	89,50	113,00	109,81
PRIMER 5	114,03	90,95	90,87	88,05	109,03	100,89

Preglednica 2 • Primerjava potenciala osončenosti stavbnega ovoja in dejanske osončenosti vseh obravnavanih primerov. Prikazane vrednosti veljajo v primeru, ko streha ni upoštevana, obarvana polja označujejo dneve, ko zahteve TSG4 niso izpolnjene

sosednjimi stavbami je naselje enodružinskih stavb v Soussenski ulici v Ljubljani (primer 2), kjer razlika med potencialno osončenostjo in dejansko osončenostjo 21. 12. znaša 58,95 odstotne točke (preglednica 3), in v nekoliko manjši meri tudi primer stanovanjskih stolpnic v Streliški ulici, kjer je razlika 40,53 odstotne točke.

4.2 Geometrija zazidalnega vzorca

Geometrija oziroma vzorec postavitev stavb v prostoru lahko odločilno vpliva na osončenost stavbnega ovoja, saj je v neposredni zvezi z efektivno razdaljo med posameznimi stavbami. Že dolgo so znani in uporabljeni zazidalni vzorci, kjer se pri relativno gosti pozidavi lahko z zamikanjem ortogonalne ureditve naselja doseže boljše osončenost posameznih stavb (primeri 1, 2 in 4). Kljub vsemu pa se je treba zavedati, da je geometrija zazidalnega vzorca ključno povezana z gostoto tega, kar je razvidno iz primerjave rezultatov osončenosti stavb v naselju enodružinskih stavb v Soussenski ulici v Ljubljani (primer 2) in Pod gozdom cesta V v Grosupljem (primer 1). Omenjeni naselji imata zelo podobno geometrijo zazidalnega vzorca, vendar je naselje v Soussenski ulici izrazito bolj gosto pozidano, kar pripelje do nezadostne osončenosti stavbnega ovoja. Ob pogoju, da se med posameznimi stavbami ohranjajo dovolj veliki odmiki, je mogoče z izborom primerne geometrije zazidalnega vzorca doseči nekoliko gostejšo pozidavo ob hkratnem zagotavljanju zadostne osončenosti stavbnega ovoja.

4.3 Orientacija stavbe

Vpliv orientacije stavbe na osončenost nje-nega ovoja je dvojen, in sicer vpliva na to, katere površine so izpostavljene in koliko časa so izpostavljene sončnemu sevanju. Načeloma je zaželeno, da je največja površina stavbnega ovoja orientirana proti jugu (azimut = 180°), hkrati pa najmanjša proti smerem med severozahodom (azimut $\geq 315^\circ$) in severovzhodom (azimut $\leq 45^\circ$). Glede na zahteve Tehnične smernice se za preverjanje zadostne osončenosti stavbnega ovoja oziroma za definiranje »zbiralne površine« načeloma upoštevajo vse površine stavbnega ovoja, orientirane od smeri severovzhod (azimut $> 45^\circ$) preko juga (azimut = 180°) do severozahoda (azimut $< 315^\circ$). Primerjava navedenih upoštevanih orientacij stavbnega ovoja z omejitvami trajanja osončenosti, določenimi v TSG4 (preglednica 1), kaže na veliko verjetnost nezadostnega osončenja mejno orientiranih površin (okvirno azimut $< 90^\circ$ in $> 270^\circ$) stavbnega ovoja. Kadar takšne

	21. 12.		21. 3. in 21. 9.		21. 6.	
	potencial	dejansko	potencial	dejansko	potencial	dejansko
PRIMER 1	145,75	138,20	116,58	114,63	136,00	129,87
PRIMER 2	148,60	89,65	111,45	101,35	134,70	128,07
PRIMER 3	133,33	133,33	100,00	100,00	133,33	130,20
PRIMER 4	144,18	103,65	102,15	97,89	125,05	122,33
PRIMER 5	140,40	124,38	108,99	107,06	136,94	131,29

Preglednica 3 • Primerjava potenciala osončenosti stavbnega ovoja in dejanske osončenosti vseh obravnavanih primerov. Prikazane vrednosti veljajo v primeru upoštevanja strehe, obarvana polja označujejo dneve, ko zahteve TSG4 niso izpolnjene

mejne površine predstavljajo razmeroma velik del celotnega upoštevane stavbnega ovoja, lahko to pripelje do neizpolnitve zahtev TSG4. Opisana težava je izrazita pri večstanovanjskih stavbah v naselju BS-3 v Ljubljani (primer 3), kjer je majhna oziroma v primeru 21. 3. in 21. 9. celo nezadostna osončenost posledica kombinacije oblike stavbe in njene orientacije. Vzhodno in zahodno orientirane površine stavbnega ovoja predstavljajo večino »zbiralne površine«, te pa zaradi orientiranosti niso zadostno osončene. Posledično stavbe v naselju BS-3 dosegajo najslabše rezultate potencialnega osončenja od vseh analiziranih primerov (preglednici 2 in 3).

4.4 Oblika stavbe

V povezavi z orientacijo stavbe ima oblika stavbnega ovoja poglobilno vlogo pri določitvi maksimalnega potenciala osončenosti. Podobno kot pri orientaciji je tudi pri obliki stavbnega ovoja zaželeno, da je oblikovan tako, da so deli stavbnega ovoja čim bolj izpostavljeni sončnemu sevanju. Poglavitni problem pri oblikovanju dobro osončenega stavbnega ovoja je izločitev samosenčenja, torej senčenja, ki je povzročeno zaradi vplivov posameznih delov stavbe. Pri analiziranih primerih se pri vseh stavbah, razen pri večstanovanjskih, v naselju Zupančičeva jama (slika 9) senčenje stavbnega ovoja zaradi vpliva oblike stavbe ni pojavljalo. Pri omenjenem primeru so notranje atrijske fasadne površine senčene zaradi oblike stavbe. Težava je bolj izrazita pozimi zaradi nižjih vpadnih kotov sončnih žarkov in posledično daljših senc. Pri omenjenem primeru je bila razlika med osončenostjo zunanje in notranje zahodne fasadne površine (podobno velja tudi za vzhodni fasadi) 21. 12. 13,83 odstotne točke v korist zunanje fasade. Razlika med notranjo in zunanjo južno orientirano fasado pa je znašala 10,40 odstotne

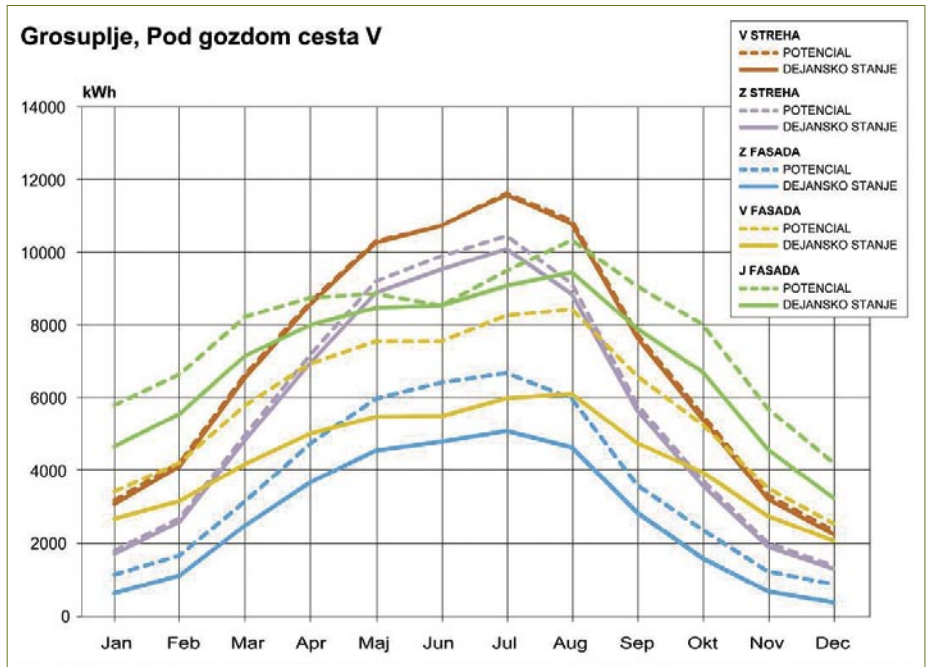
točke v korist zunanje fasade. Poleti (21. 6.) je razlika med osončenostjo zahodne notranje in zunanje fasade le zanemarljivih 0,38 odstotne točke, pri južnih fasadah pa 5,71 odstotne točke, obakrat v korist zunanjim fasadnim površinam. Navedene vrednosti predstavljajo stanje brez upoštevanja senčenja sosednjih stavb, ob upoštevanju le-teh pa se rezultati lahko drastično spremenijo v korist notranjim fasadnim površinam. V takšnem primeru je pozimi (21. 12.) razlika med notranjo in zunanjo južno fasado kar 54,85 odstotne točke v korist notranje fasade. Podobno velja tudi za zahodne (in vzhodne) fasadne površine poleti, ko je razlika 7,95 odstotne točke v korist notranjim fasadnim površinam.

4.5 Ocena energetskega potenciala

TSG4 ne podaja zahtev za osončenost posameznih elementov stavbnega ovoja, govori le o stavbnem ovoju kot celoti. Projektant je tisti, ki se odloči, kako bo zagotovljeno osončenost izkoristil. Kot ilustracijo smo v zaključek dodali demonstracijo izračuna potenciala sončnega sevanja na posameznih površinah stavbnega ovoja. Količino vpadle energije lahko zelo enostavno izračunamo z na spletu prosto dostopnimi orodji, kot je na primer PVGIS (JRC, 2012). Na sliki 11 so predstavljene vrednosti energije sončnega obsevanja, ki jo prejmejo posamezni deli ovoja stavbe, obravnavane v primeru 1 (Grosuplje, Pod gozdom cesta V). Iz grafa je razviden medsebojen vpliv velikosti, orientacije in naklona na potencial zbiralne površine. Na primer 105 m² jugozahodno orientirana fasada (naklon 90°) ima načeloma boljše orientacijo in poleg tega bistveno večjo površino, vendar ima zaradi naklona na letni ravni praktično isti potencial kot 70 m² velika vzhodno orientirana strešina (naklon 30°). Razlika med potencialno in dejansko prejeto energijo lahko nastane zaradi senčenja sosednjih stavb. Največji vpliv

imajo okoliške stavbe na vzhodno fasado, kjer se količina potencialne energije na letni ravni zmanjša za 26 % na prej omenjeni jugozahodno orientirani fasadi pa 11 %. Najmanjši vpliv senčenja pa je pričakovano na vzhodni strešini, kjer je razlika med potencialno in dejansko prejeto energijo na letni ravni le 1 %.

Iz opravljene analize je razviden tudi ogromen potencial, ki ga predstavlja sončno sevanje, saj celoten ovoj stavbe prejme v enem letu kar 318 MWh sončne energije. Kljub vsemu je dejanski izkoristek osončenja zelo odvisen od izbrane tehnologije (neposredni zajem preko zasteklitve, posredni zajem preko steklenjaka, sončni kolektorji, PV-moduli). Tehnologije se med seboj razlikujejo glede na kakovost (nekateri imajo večji, nekatere manjši izkoristek), količino lahko reguliramo tudi s površino elementov. Izkoristek v končni fazi diktirata potreba (koliko energije potrebujemo) in izbor tehnologij. Naloga zakonodaje je v tem primeru zagotoviti razmere za zajem sončnega sevanja, projektantova naloga je to energijo primerno uporabiti.



Slika 11 • Rezultati analize prejetega sončnega obsevanja za posamezne dele obravnavanega stavbnega ovoja

5 • SKLEP

Analiza osončenost stavbnega ovoja predstavlja demonstracijo aplikacije zahtev TSG4 na obstoječih izbranih realnih zazidalnih vzorcih. Pridobljeni rezultati petih različnih tipov zazidalnih vzorcev omogočajo grob pregled stanja slovenskega urbanega prostora s stališča potencialnega izkoriščanja sončne sevanja, ki pače na stavbni ovoj. Za vsakega od petih primerov je bila opravljena analiza v treh kritičnih dneh ter z upoštevanjem strehe in brez upoštevanja strehe in sosednjih stavb. Takšna struktura pridobljenih rezultatov je omogočila poglobljeno analizo vplivov oziroma določitev vplivnih faktorjev glede osončenosti stavbnega ovoja. Vplivi morfologije okolice in morfologije stavbe skupaj prispevajo h končni osončenosti stavbnega ovoja. Koliko in kateri od identificiranih vplivnih faktorjev zmanjšuje osončenost, pa se je izkazalo za zelo odvisno od specifik posameznega analiziranega primera. Na podlagi analize relativno majhnega števila primerov se je zelo hitro izkazalo, da splošno prevladujočega parametra ni. Trajanje osončenosti je vedno odvisno od kombinacije različnih parametrov: geometrije stavbe, orientacije, vzorca pozidave in odmikov. Splošno veljavnih smernic za vse obravnavane zazidalne vzorce ni mogoče podati.

V splošnem je mogoče vsaj za predstavljene primere trditi, da imata največji vpliv gostota zazidalnega vzorca in orientiranost zbiralnih površin stavbnega ovoja. Vpliv gostote pozidave je razločen iz primerjave med potencialno osončenostjo in osončenostjo ob vplivu sosednjih stavb, razlika predstavlja vpliv okolice na analizirano stavbo. Pri analiziranih primerih se je vpliv okolice izkazal za kritičnega v primeru 2 (21. 12.) in primeru 4 (21. 3.). Če se pri analizi osončenosti izključi prispevek strehe, pa se situacija še dodatno poslabša (preglednica 2), iz sledečega je nadalje mogoče oceniti tudi vpliv strehe, ki se z višanjem stavbe proporcionalno manjša (primer 4) in je najbolj izrazit pri večstanovanjskih blokih (primera 3 in 5). Kot drugi izrazito vpliven faktor se je pokazala orientacija oziroma usmerjenost posameznih površin, ki sestavljajo stavbni ovoj. Vpliv oblike in/ali orientacije stavbe je mogoče tako kot pri vplivu okolice določiti s primerjavo potencialne in dejanske osončenosti stavbe. Če je dejanska osončenost stavbe enaka potencialu osončenosti, to pomeni, da okolica ne vpliva na stavbo, in seveda če je ta manjša, kot je minimalno zahtevano trajanje osončenosti, to kaže na nepravilno oblikovanost oziroma orientiranost stavbe. Primer takšne situacije so stano-

vanski bloki v naselju BS-3, ki 21. 3. tudi ob upoštevanju strehe ne dosežejo minimalno zahtevane osončenosti (preglednica 3), razlog za nastalo situacijo pa je neprimerna orientiranost večinskega dela stavbnega ovoja (vzhodne in zahodne fasade). Vpliv geometrije zazidalnega vzorca se je pri analiziranih primerih izkazal kot minimalen, zato bi na tem področju bilo treba opraviti dodatne in bolj poglobljene raziskave, predvsem na bolj kompleksnih zazidalnih vzorcih z raznovrstnimi oblikami stavb. Zadnji vplivni faktor predstavlja vpliv senčenja zaradi oblike same stavbe, izrazit je bil le v primeru karejske pozidave v Zupančičevi jami. Primerjava med zunanjimi in notranjimi (atrijskimi) fasadami pokaže na nezanemarljivo razliko v korist zunanjih fasad, ta pa ob upoštevanju sosednjih stavb splashni oziroma se celo obrne v korist notranjim fasadam. Predstavljeni primer sicer kaže na relativno majhen vpliv samosenčenja v primerjavi z drugimi vplivnimi faktorji, kljub vsemu pa je zaradi velikega nabora možnih oblik stavb vpliv tega treba oceniti za vsak specifični primer posamezno. Na podlagi analiz lahko nadalje sklepamo, da ima oblika stavbe odločilno vlogo predvsem v primerih, ko je delež površine strehe izrazito majhen glede na celotni stavbni ovoj oziroma površino fasad. V takih primerih zaradi pogostejšega senčenja fasad lahko hitro nastopi nezadovoljiva osončenost stavbnega ovoja.

6 • ZAHVALA

Raziskavo je opravila Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katetra za stavbe in konstrukcijske elemente v okviru dejavnosti Kompetenčnega centra za trajnostno in inovativno gradbeništvo (KC TIGR, P13.1.1.2.03.0003).

7 • LITERATURA

- ARSO, Agencija Republike Slovenije za okolje, Atlas okolja, povzeto po: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso, dostop 17. 12. 2011.
- DEU 2006/32/ES, Direktiva o učinkovitosti rabe končne energije in o energetskih storitvah ter o razveljavitvi Direktive Sveta 93/76/EGS, povzeto po: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0064:0064:SL:PDF>, dostop 10. 1. 2012.
- DEUS 2010/31/EU, Direktiva o enrgetski učinkovitosti stavb, povzeto po: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>, dostop 10. 1. 2012.
- DGP 89/106/EEC, Direktiva o približevanju zakonov in drugih predpisov držav članic, ki se nanašajo na gradbene proizvode, povzeto po: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:09:31989L0106:SL:PDF>, dostop 10. 1. 2012.
- DUEO 2009/28/ES, Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv 2001/77/ES in 2003/30/ES, povzeto po: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:sl:PDF>, dostop 10. 1. 2012.
- Google Inc., SketchUp V.7, povzeto po: <http://sketchup.google.com/>, dostop 20. 8. 2011.
- JRC, Joint Research Center Institute for Energy and Transport, PVGIS – PV potential estimation utility, povzeto po: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>, dostop 25. 6. 2012.
- KC TIGR, P13.1.1.2.03.0003, 2011.
- Kristl, Ž., Krainer, A., Določanje vplivnega območja s sončno ovojnico = Determination of influential area with solar envelope, *Gradbeni vestnik*, l. 56, št. 6, 156–163, 2007.
- Kristl, Ž., Krainer, A., Energy evaluation of urban structure and dimensioning of building site using iso-shadow method, *Solar energy*, Elsevier, l. 70, št. 1, 23–34, 2001.
- Lam, J. C., Shading effects due to nearby buildings and energy Implications, *Energy Conversion & Management*, Elsevier, l. 41, št. 7, 647–659, 2000.
- PURES 2010, Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list Republike Slovenije, št. 52, 2010.
- Seong, Y. B., Kim, Y. Y., Seok, H. T., Choi, J. M., Yeo, M. S., Kim, K. W., Automatic computation for optimum height planning of apartment buildings to improve solar access, *Solar Energy*, Elsevier, l. 85, št. 1, 154–173, 2011.
- Shading II, povzeto po: <http://ayezioro.technion.ac.il/Downloads/ShadingII/index.php>, dostop 16. 11. 2011.
- TSG-1-004, Tehnična smernica za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije, povzeto po: http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf, dostop 30. 11. 2011.
- Uredba št. 305/2011, Direktiva o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS, povzeto po: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF>, dostop 10. 1. 2012.
- Van Escha, M. M. E., Loomana, R. H. J., de Bruin-Hordijka, G. J., The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies, *Energy and Buildings*, Elsevier, l. 47, 189–200, 2012.
- Yezioro, A., Shaviv, E., Analyzing Mutual Shading Among Buildings, IBPSA International Conference on Building Simulation, Kyoto, Japan, 587–593, 1999.