

Uticaj primene zelenog krova na energetska svojstva individualnog stambenog objekta sa staklenom verandom

ANA V. VUKADINOVIĆ, Univerzitet u Nišu,

Fakultet zaštite na radu, Niš

JASMINA M. RADOSAVLJEVIĆ, Univerzitet u Nišu,

Fakultet zaštite na radu, Niš

AMELIJA V. ĐORĐEVIĆ, Univerzitet u Nišu,

Fakultet zaštite na radu, Niš

NEMANJA P. PETROVIĆ, Akademija tehničko-vaspitačkih

strukovnih studija, Odsek Niš, Niš

Stručni rad

UDC: 692.43.024

DOI: 10.5937/tehnika2103281V

Izgradnjom zelenih, vegetacionih, krovova postiže se ublažavanje efekta toplotog ostrva, smanjenje potrebne energije za hlađenje objekata, efikasno upravljanje atmosferskim vodama, poboljšanje kvaliteta vazduha, povećanje biološke raznovrsnosti, smanjenje buke itd. U radu je, primenom metode dinamičke simulacije, korišćenjem softverskog paketa EnergyPlus™, istraživana uticaj primene različitih tipova zelenog krova na energetska svojstva individualnog stambenog objekta sa staklenom verandom. Razmatrana lokacija stambenog objekta je grad Niš. Dobijeni rezultati pokazuju da primenom ekstenzivnog tipa zelenog krova, kod razmatranog modela objekta sa staklenom verandom, ne dolazi do značajnih promena u potrebnoj energiji za grejanje ili hlađenje. Najveći uticaj na smanjenje potrebne energije za grejanje i potrebne energije za hlađenje je pri primeni intenzivnog zelenog krova. Kod podvarijante modela sa intenzivnim zelenim krovom, potrebna energija za grejanje bila je manja 0.34% dok je potrebna energija za hlađenje bila manja 2.32%, u odnosu na model objekta bez zelenog krova.

Ključne reči: zeleni krov, individualni stambeni objekat, staklena veranda, energetska svojstva

1. UVOD

Sa porastom brojnosti ljudske populacije povećava se i gustina naseljenosti u urbanim područjima. To dovodi do pretvaranja prirodnih, neizgrađenih površina u građevinsko zemljište što dalje uzrokuje degradaciju kvaliteta životne sredine, posebno u gradskim centrima, koja se ogleda u promeni mikroklimatskih uslova, zagađenju vazduha, pojavi buke i dr. [1] Izgradnja zelenih krovova, mogla bi ublažiti efekte ovih promena i poboljšati uslove života u urbanim sredinama.

Zeleni krovovi datiraju još iz perioda 500 godina pre nove ere, kada se pominju u visećim vrtovima Babilona i ziguratima u Mesopotamiji. [2, 3] Termin zeleni (vegetacioni) krov koristi se za opisivanje krovnog sistema čija je konstrukcija prekrivena vegetacijom ko-

ja se nalazi na poslednjoj etaži zgrade ili na bilo kojoj koti objekta i predstavlja njenu završnu krovnu površinu. [4, 5] U naučnim istraživanjima, u upotrebi su i termini: krovni vrtovi, krovne bašte, živi krovovi (living roofs) i eko krovovi (eco roofs). [6] Krovni vrt (zeleni krov) je otvoreni prostor ili vrt izgrađen kao složena biofizička struktura preko krovne konstrukcije gde je omogućen rast vegetacije u supstratu [4, 5]

2. KLASIFIKACIJA ZELENIH KROVOVA

Najrasprostranjenija klasifikacija zelenih krovova obuhvata: ekstenzivne, poluintenzivne i intenzivne zelene krovove. [2, 6, 7] Ova klasifikacija izvršena je na osnovu dubine sloja podloge, vrste vegetacije, održavanja zelenog krova, navodnjavanja i troškova izgradnje [8].

Ekstenzivni zeleni krovovi su lakši za izgradnju. Njihova ukupna debljina je 5-20 cm tako da predstavljaju manje opterećenje za krovnu konstrukciju a debljina sloja supstrata je manja od 15 cm. Zbog tankog sloja supstrata, ekstenzivni zeleni krovovi se mogu koristiti za ograničen broj biljnih vrsta koje su

Adresa autora: Ana Vukadinović, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš, Aleksandra Medvedeva 10

e-mail: ana.vukadinovic@znrfak.ni.ac.rs

Rad primljen: 26.03.2021.

Rad prihvaćen: 26.04.2021.

otporne na toplotu, vetar, hladnoću, neplodno tlo, štetnoće i bolesti. One moraju imati visoku pokrivnu moć kao i visoke mogućnosti samorazmnožavanja. Najčešće korišćene biljke za ekstenzivne zelene krovove su sedumi, sukulenti, pokrivači tla, mahovine i nisko žbunje. Ekstenzivni zeleni krovovi su lagani i najčešće ne zahtevaju dodatno ojačanje noseće konstrukcije. Opterećenje na krovnu konstrukciju je u opsegu 50-100 kg/m². Mogu se postaviti i na površinama u nagibu. Zbog jednostavnosti postupka izgradnje mogu se postaviti i na krovovima velikih dimenzija. Troškovi izgradnje, održavanje i potreba za navodnjavanjem ekstenzivnih zelenih krovova su niske. [8]

Intenzivni zeleni krovovi najčešće se grade sa supstratom debljine preko 20 cm. Zahtevaju više održavanja u odnosu na ekstenzivne i skuplji su za izgradnju ali je na njima moguć rast širokog spektra vegetacije, uključujući i drvenaste vrste. Sa porastom debljine supstrata raste i opterećenje na krovnu konstrukciju (250-1000 kg/m²) tako da ova vrsta krova predstavlja izazov za izgradnju. Ovi krovovi zahtevaju visok nivo

održavanja, đubrenja, zalivanja, uklanjanja korova itd. Intenzivni zeleni krovovi se obično grade za visok stepen korišćenja u smislu odmora i rekreacije i takođe predstavljaju prirodno okruženje sa poboljšanim biodiverzitetom.

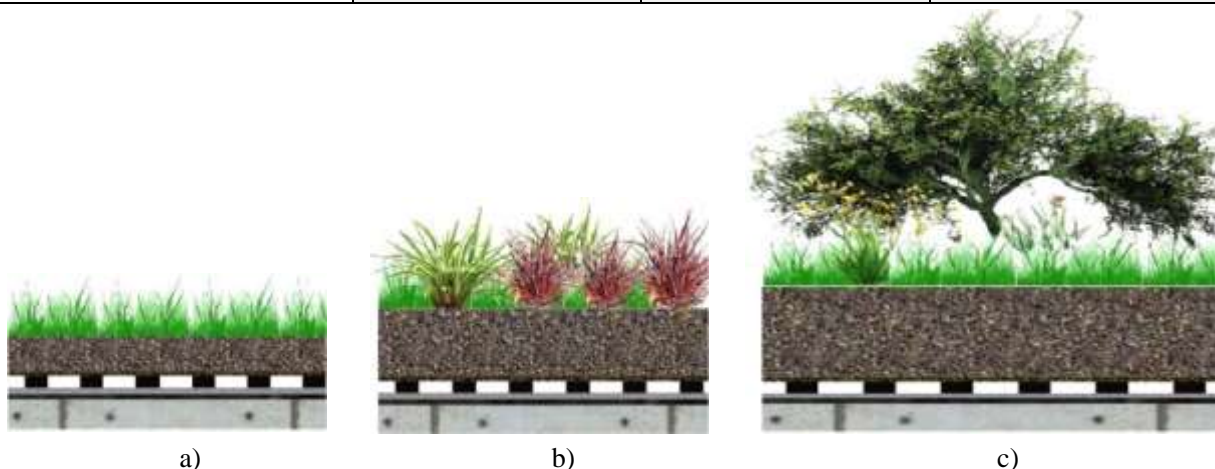
Performanse ovih krovova u odnosu na ekstenzivne, kada se razmatra upravljanje atmosferskim oticajem, smanjenje zagađenja i ušteda u potrebnoj energiji za grejanje i hlađenje, su značajno bolje. [8]

Poluintenzivni zeleni krovovi imaju performanse između intenzivnih i ekstenzivnih krovova. Ovi krovovi delimično obuhvataju prostor za odmor i rekreaciju pri čemu zadržavaju osobine ekstenzivnih krovova u smislu niskog režima održavanja. Uobičajena visina biljaka kod poluintenzivnih krovova je 25-50 cm a opterećenje zelenog krova je 80-150 kg/m². [2, 7]

U tabeli 1. dat je prikaz osnovnih karakteristika zelenog krova u odnosu na tip. Na slici 1. prikazan je poprečni presek konstrukcije zelenog krova u odnosu na tip.

Tabela 1. Vrste zelenog krova i njihove osnovne karakteristike [2,9]

	Vrsta zelenog krova		
	Ekstenzivni	Poluintenzivni	Intenzivni
Opterećenje [kg/m ²]	60-150	120-200	250-1000
Debljina supstrata [cm]	do 15	do 15	15-100
Vrsta vegetacije	mahovine, sedumi, trave	trave, žbunaste vrste	perene, žbunaste i drvenaste vrste
Cena	niska	srednja	visoka
Održavanje	nisko	periodično	visoko
Navodnjavanje	nisko	periodično	redovno
Primenljivo na tipu krova	ravan ili kos krov	ravan krov	ravan krov
Dostupnost	dostupan samo za održavanje	korišćenje u nižem režimu	u potpunosti se koristi za razne namene (najčešće za odmor ili rekreaciju)



Slika 1 - Poprečni presek zelenog krova: a) ekstenzivni zeleni krov, b) poluintenzivni zeleni krov, c) intenzivni zeleni krov [9]

Struktura zelenog krova zavisi od tipa i ona obuhvata završni sloj vegetacije, supstrat (sadni sloj), geotekstilnu membranu, drenažni sloj, sloj hidroizolacije, korensku barijeru i noseći sloj krova. Opciono, struktura krova može sadržati i sloj toplotne izolacije iznad konstruktivnog elementa. [10]

3. DOPRINOS ZELENIH KROVOVA U URBANIM PODRUČJIMA

U gusto izgrađenim urbanim zonama, nedostatak zelenih površina može se nadoknaditi izgradnjom zelenih krovova. Primenom zelenih krovova u urbanim područjima doprinosi se [6, 11, 12]:

- ublažavanju efekta toplotnog ostrva zato što se usled evapotranspiracije, lokalno, iznad područja na kome je primenjen zeleni krov, snižava temperatura vazduha. [13] U istraživanjima je dat podatak da bi se temperature vazduha smanjila za 10°C, ukoliko bi se na 50-60% površine u gusto izgrađenim urbanim područjima primenili zeleni krovovi [11],
- smanjenju potrebne energije za hlađenje objekata, [3] usled lokalnog smanjenja temperature vazduha, povećanja izolacione moći krovne konstrukcije i zasenčenja vegetacijom. Naravno, ovo smanjenje se razlikuje u zavisnosti od klimatskih uslova lokacije jer se razlikuje i potrebna energija za grejanje ili hlađenje, kao i njihov međusobni odnos. [14] Takođe, usled globalnog povećanja temperature vazduha na Zemlji, smatra se da će zeleni krovovi biti jedan od elemenata za adaptacije na klimatske promene.
- efikasnom upravljanju atmosferskim vodama urbanih područja tako što sadni sloj zelenog krova upija padavine do trenutka zasićenja, nakon čega se višak atmosferske vode uliva u kanalizacioni sistem. To vremensko kašnjenje oticaja je od velikog značaja za dimenzionisanje kanalizacionih sistema, posebno ako se primenjuje kombinovani kanalizacioni sistem kakav je u većini gradova. Takođe, istražuju se i mogućnosti prečišćavanja atmosferskih otpadnih voda primenom određenih vrsta biljaka i supstrata.
- poboljšanju kvaliteta vazduha usled mogućnosti da zeleni krovovi apsorbuju zagađujuće supstance.
- povećanju biološke raznovrsnosti
- smanjenju buke u prostoru unutar objekta i smanjenju buke u životnoj sredini kroz ublažavanje zvučnih talasa preko krovne površine.

4. METODOLOGIJA

U radu je istraživana uticaj zelenog krova na energetska svojstva stambenog objekta, u klimatskim uslovima umereno-kontinentalne klime, na području grada

Niša. Izvršena je analiza potrebne energije za grejanje i hlađenja objekta na kome je primenjen model ekstenzivnog, poluintenzivnog i intenzivnog zelenog krova (slika 1). Za određivanje energetske svojstava objekta korišćena je metoda dinamičke simulacije u softverskom paketu EnergyPlus™.

4.1. Model objekta

Referentni model individualnog stambenog objekta sa staklenom verandom je spratnosti P+1, površine osnove $P_0=92.16 \text{ m}^2$. Odnos strana osnove razmatranog modela je 2.25:1. Spratna visina modela je $H=3 \text{ m}$, zapremina grejanog dela zgrade je $V=276.48 \text{ m}^3$. Staklena veranda je postavljena celom dužinom fasade zgrade. Dužina osnove staklene verande je 14.40 m a njena širina je 1.20 m. Površina osnove staklene verande je $P_s=17.28 \text{ m}^2$. Procenat ostakljenja staklene verande modela je $WWR=80\%$, a procenat ostakljenja ostalih fasada zgrade je $WWR=20\%$. Na slici 2. dat je prikaz geometrije modela objekta sa staklenom verandom.



Slika 2 - Trodimenzionalni prikaz geometrije MODELA objekta sa staklenom verandom

U tabeli 2 date su vrednosti koeficijenta prolaza toplote „U“ za fasadne zidove, podnu i krovnu konstrukciju i prozore modela individualnog stambenog objekta sa staklenom verandom.

Tabela 2. Vrednosti koeficijenta U za definisane elemente termičkog omotača zgrade

Vrsta konstrukcije	U [W/m ² K]
Fasadni zid	0.29
Pod na tlu	0.28
Prozori	1.50
Staklena veranda	1.50
Ravan krov	0.15

Razmatrani model objekta je dobro termički izolovan, a koeficijent prolaza toplote svih konstrukcija koje pripadaju termičkom omotaču objekta zadovoljava kriterijume definisane pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada. [15] Projektna temperatura sistema

za grejanje iznosi 20°C, dok je projektna temperatura sistema za hlađenje 25°C. Infiltracija vazduha razmatranih modela objekta je 0.700 ac/h.

Modeli individualnog objekta sa zelenim krovom imaju sve karakteristike kao i referentni model objekta osim što je završni sloj krovne konstrukcije zeleni krov, definisan u narednom odeljku.

Definisana lokacija modela objekta sa staklenom verandom za koji su izvršene simulacije u softveru EnergyPlus™ je grad Niš (43°19' severne geografske širine, 21°54' istočne geografske dužine, na nadmorskoj visini od 202 m).

4.2. Model zelenog krova

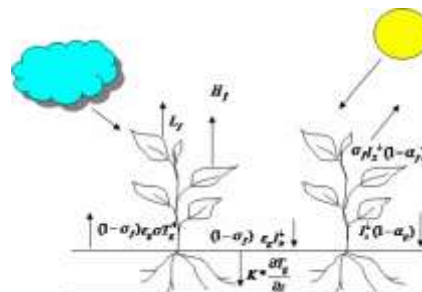
Za određivanje energetskih performansi modela objekta sa zelenim krovom, u radu je korišćen „Eco-Roof“ simulacioni model u softverskom paketu EnergyPlus™. Ovaj model uzima u obzir razmenu toplote unutar krošnje biljke, uticaj krošnje biljke na konvektivni prenos toplote, evapotranspiraciju iz biljaka kao i akumulaciju toplote u supstratu.

Pri primeni ovog simulacionog modela mogu se uneti parametri koji uključuju dubinu supstrata i njegova termička svojstva, gustinu krošnje biljke, visinu biljke, mogućnost transpiracije vlage biljke kao i uslovi vlažnosti supstrata, uključujući i navodnjavanje. Karakteristike vegetacije koje imaju najviše uticaja na prenos toplote kroz zeleni krov su: indeks površine lišća (leaf area index-LAI), koeficijent pokrivenosti tla vegetacijom, albedo i otpor stoma. [7]

Indeks površine lišća (LAI) predstavlja odnos između ukupne površine osnove lišća i podloge. Vrednost LAI varira u odnosu na vrstu vegetacije i uobičajeno za zelene krovove je 0,5-5. Koeficijent pokrivenost tla vegetacijom predstavlja direktno površinu tla koja je zauzeta vegetacijom. Albedo površine predstavlja odnos između reflektovane i dospеле energije sunčevog zračenja. Otpor stoma je biofizički parametar i predstavlja brzinu kojom biljka odaje vlagu putem transpiracije, za date vremenske uslove. [7]

Jednačine toplotnog bilansa zelenog krova date su u okviru dokumentacije za korišćenje softvera EnergyPlus™ gde je određen toplotni bilans sloja vegetacije i supstrata posebno [16].

Na slici 3. dat je model prenosa toplote zelenog krova „EcoRoof“



Slika 3 - Model EcoRoof zelenog krova u softverskom paketu EnergyPlus™ [16]

gde je:

H_f - toplotni fluks krošnje [W/m^2]

L_f - latentni toplotni fluks krošnje [W/m^2]

I_s - ukupno dostupno kratkotalasno sunčevo zračenje [W/m^2]

I_t - ukupno dostupno dugotalasno sunčevo zračenje [W/m^2]

K_v - von Karman konstanta [0.4]

T_g - temperatura površine zemljišta [K]

z - visina [m]

α_f - albedo lišća

α_g - albedo supstrata (podloge)

ϵ_f - emisivnost lišća

ϵ_g - emisivnost supstrata (podloge)

σ - Štefan Bolcmanova konstanta [$5.699 \cdot 10^8 W/m^2 \cdot K^4$]

σ_f - pokrivenost vegetacijom

Pri definisanju modela zelenog krova u softveru EnergyPlus™, potrebno je definisati osnovne parametre koji su dati u tabeli 3. Površina ravnog krova modela objekta je $P=92.16 m^2$.

Tabela 3. Definisani parametri zelenog krova modela objekta sa staklenom verandom u softverskom paketu EnergyPlus™

Parametar	MODEL ZK1	MODEL ZK2	MODEL ZK3
tip zelenog krova	ekstenzivni	poluintenzivni	intenzivni
visina vegetacije (opseg parametra 0.01-1.0 m)	0.15 m	0.50 m	1.0 m
indeks površine lišća-LAI (opseg parametra 0.001-5.0)	2	3.5	5
albedo lišća	0.22	0.22	0.22
emisivnost lišća	0.95	0.95	0.95
otpor stoma (opseg parametra 50.0-300.0 s/m)	150	150	150
debljina	0.15 m	0.35 m	0.50 m
albedo supstrata	0.14	0.14	0.14
emisivnost supstrata	0.90	0.90	0.90

5. REZULTATI

Za definisani referentni model objekta bez zelenog krova i podvarijante sa zelenim krovom (MODEL ZK1, MODEL ZK2 i MODEL ZK3) izvršene su dinamičke simulacije u softverskom paketu EnergyPlus™

i određena su energetska svojstva objekta za period grejanja i period hlađenje objekta. Rezultati simulacija dati su u tabeli 4. i tabeli 5. u odnosu na godišnju ili mesečnu potrebnu energije za grejanje i hlađenje za klimatske uslove grada Niša.

Tabela 4. Ukupna godišnja potrebna energija za grejanje i hlađenje modela objekta sa staklenom verandom bez zelenog krova i modela sa zelenim krovom MODEL ZK1, MODEL ZK2 i MODEL ZK3

	Potrebna energija za grejanje [kWh]	Smanjenje potrebne energije za grejanje [%]	Potrebna energija za hlađenje [kWh]	Smanjenje potrebne energije za hlađenje [%]
Referentni model (model bez zelenog krova)	8855.39	Ref.	5776.24	Ref.
MODEL ZK1	8884.23	+0.33	5812.11	+0.62
MODEL ZK2	8844.87	-0.12	5728.50	-0.83
MODEL ZK3	8825.30	-0.34	5642.45	-2.32

Tabela 5. Ukupna mesečna potrebna energija za grejanje i hlađenje modela objekta sa staklenom verandom bez zelenog krova i modela sa zelenim krovom MODEL ZK1, MODEL ZK2 i MODEL ZK3

	Referentni model (model bez zelenog krova)							
	MODEL ZK1		MODEL ZK2		MODEL ZK3			
	Potrebna energija za grejanje	Potrebna energija za hlađenje	Potrebna energija za grejanje	Potrebna energija za hlađenje	Potrebna energija za grejanje	Potrebna energija za hlađenje	Potrebna energija za grejanje	Potrebna energija za hlađenje
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Januar	2448.49	0.00	2457.95	0.00	2444.24	0.00	2432.09	0.00
Februar	1842.49	0.00	1847.25	0.00	1842.19	0.00	1837.91	0.00
Mart	930.94	0.00	931.41	0.01	932.58	0.00	935.27	0.00
April	136.67	45.01	136.02	46.72	137.92	44.12	141.46	42.40
Maj	0.00	555.67	0.00	562.09	0.00	547.30	0.00	532.49
Jun	0.00	1294.79	0.00	1304.42	0.00	1281.35	0.00	1258.22
Jul	0.00	1775.40	0.00	1784.00	0.00	1761.51	0.00	1736.97
Avgust	0.00	1605.81	0.00	1613.28	0.00	1597.74	0.00	1582.73
Septembar	0.00	466.62	0.00	467.78	0.00	463.89	0.00	457.99
Oktobar	94.68	32.94	95.99	33.82	95.01	32.59	96.29	31.66
Novembar	1039.57	0.00	1043.32	0.00	1036.76	0.00	1034.91	0.00
Decembar	2362.54	0.00	2372.28	0.00	2356.16	0.00	2347.37	0.00

6. ANALIZA I DISKUSIJA

Na osnovu dobijenih rezultata simulacija izvršena je komparativna analiza energetskih svojstava individualnog objekta sa staklenom verandom pri primeni različitih tipova zelenog krova. Dobijeni rezultati pokazuju da primenom ekstenzivnog tipa zelenog krova, kod razmatranog modela objekta sa staklenom verandom, ne dolazi do značajnih promena u potrebnoj energiji za grejanje ili hlađenje. Pri primeni poluintenzivnog zelenog krova dolazi do smanjenja ukupne godišnje potrebne energije za grejanje razmatranog modela objekta za 0.12% kao i ukupne godišnje potrebne energije za hlađenje za 0.83%. Najveće smanjenje ukupne godišnje potrebne energije za grejanje i potrebne energije za hlađenje ostvareno je pri primeni

intenzivnog zelenog krova i to 0.34% kada se razmatra grejanje i 2.32% kada se razmatra hlađenje objekta.

Na efikasnost intenzivnog zelenog krova u odnosu na ekstenzivni i poluintenzivni, a prema potrebnoj energiji za grejanje i hlađenje, utiče debljina sloja supstrata kao i sama vrsta vegetacije koje je primenjena i koja se karakteriše visinom vegetacije i indeksom površine lišća (LAI).

7. ZAKLJUČAK

U radu je izvršena komparativna analiza energetskih svojstava individualnog stambenog objekta sa staklenom verandom pri primeni različitih tipova zelenog krova (ekstenzivnog, poluintenzivnog i intenzivnog).

Zbog mnogobrojnih prednosti koje zeleni krov pruža kao što su ublažavanje efekta toplotog ostrva, smanjenje potrebne energije za hlađenje objekata, efikasno upravljanje atmosferskim vodama, poboljšanje kvaliteta vazduha, povećanje biološke raznovrsnosti, smanjenje buke itd., potrebno je primeniti ih u gusto izgrađenim urbanim područjima. Sa druge strane, uticaj primene ekstenzivnog i poluintenzivnog krova na potrebnu energiju za grejanje i hlađenje je minimalni dok se pri primeni intenzivnog zelenog krova mogu očekivati veće uštede u energiji za grejanje i hlađenje. Smanjenje potrebne energije za hlađenje, pri primeni intenzivnog zelenog krova na individualnom stambenom objektu sa staklenom verandom bilo je 2.32%. Dobijeni rezultati odnose se na stambeni objekat koji je termički dobro izolovan, tako da su uštede u potrebnoj energiji za grejanje ili hlađenje male.

U daljim istraživanjima potrebno je izvršiti analizu potrebne energije za grejanje i hlađenja pri primeni zelenog krova za sanaciju nedovoljno termički izolovanih postojećih ravnih krovova ili krovova sa blagim nagibom.

8. ZAHVALNICA

Objavljeni rad predstavlja rezultat istraživanja koje je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Stamenkovi M, Gavrilovi D, Projektovanje i izgradnja zelenih krovova u funkciji zaštite životne sredine. *2nd Int. Sci. Meet. GTZ 2012* Tuzla, June 07-09, 2012, 2012, p. 1051–8.
- [2] Pacheco-Torgal F, Labrincha J. A, Cabeza L. F, Granqvist C-G, *Eco-efficient Materials for Mitigating Building Cooling Needs*. Woodhead Publishing; 2015.
- [3] Berardi U, Ghaffarianhoseini A, Ghaffarianhoseini A, State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Appl Energy* 115:411–28. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.047>, 2014.
- [4] Sekulic M, Stankovic B, Jovanovic-Popovic M. Evaluation of green roof characteristics in green building assessment. *Arhit i Urban*:33–40. <https://doi.org/10.5937/a-u38-5054>, 2013.
- [5] Crncevic T, Sekulic M. Zeleni krovovi u kontekstu klimatskih promena - pregled novih iskustava. *Arhit i Urban* 2012:57–67. <https://doi.org/10.5937/arhurb1236057c>.
- [6] Lalosevic M, *Sniženje temperature vazduha i koncentracije CO₂ u urbanim sredinama primenom vegetacionih krovova*. Univerzitet u Beogradu, 2019.
- [7] Radosavljević J, Vukadinović A, Đorđević A, Malenović-Nikolić J, Vasović D, *Green roofs*. ACTA Tech CORVINIENSIS – Bull Eng 2017.
- [8] Cascone S, Green Roof Design: State of the Art on Technology and Materials. *Sustainability*, 11, 3020. <https://doi.org/10.3390/su11113020>, 2019,
- [9] Besir A. B, Cuce E, Green roofs and facades: A comprehensive review *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 82, Part 1, 2018, Pages 915-939, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106>.
- [10] Wilkinson S, Dixon T, *Green Roof Retrofit: Building Urban Resilience*. John Wiley & Sons. 2016.
- [11] Luckett K. *Green roof construction and maintenance*. The McGraw-Hill Companies. 2009.
- [12] Djurovic I, Uticaj ekološke arhitekture kroz sisteme ravnih krovova i „vertikalnih bašti“ na poboljšanje kvaliteta životne sredine. *Tehnika*, 16:315–20. <https://doi.org/10.5937/tehnika1602315d>, 2016.
- [13] Santamouris M, Cooling the cities - A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Sol Energy* 103:682–703. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003>, 2014.
- [14] Susca T. Green roofs to reduce building energy use? A review on key structural factors of green roofs and their effects on urban climate. *Build Environ* 162:106273. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106273>, 2019.
- [15] Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, Službeni glasnik RS, br.61/2011.
- [16] US Department of Energy, EnergyPlus TM Version 9.1.0 Documentation. in: Engineering Reference, 2019

SUMMARY

IMPACT OF GREEN ROOFING ON THE ENERGY PERFORMANCE OF A RESIDENTIAL BUILDING WITH A SUNSPACE

The construction of green, or vegetated roofs, can mitigate the heat island effect, reduce the energy required for cooling of buildings, allow for efficient precipitation management, improve air quality, increase biological diversity, reduce noise, etc. This paper uses the method of dynamic simulation to investigate how different green roof types influence the energy properties of an individual residential building with a sunspace located in the city of Niš. The obtained results show that when the extensive type of green roof is used on the model of the building with a sunspace, there are no significant changes in the required energy for heating or cooling. The biggest reduction of the energy required for heating and cooling occurs when an intensive green roof is used. In the subvariant of the model with an intensive green roof, the required energy for heating was 0.34% lower while the required energy for cooling was 2.32% lower compared to the model of the building without a green roof.

Key words: *green roof, detached residential building, sunspace, energy performance*

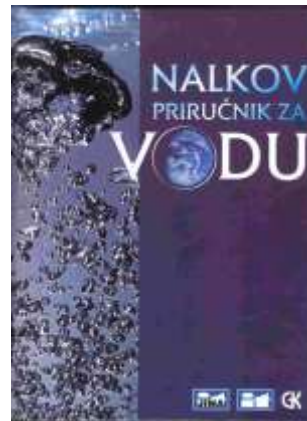
NALKOV PRIRUČNIK ZA VODU

The NALCO Water Handbook

Autor: Frank N. Kemmer

Prvo prevedeno izdanje priručnika poznate Nalco Chemical Company, u velikoj meri će obradovati stručnjake i zainteresovane za ovu oblast, s obzirom na sve veći značaj i ulogu vode u svetu. Jugoslovenska inženjerska akademija, Savez inženjera i tehničara Srbije i Izdavačka kuća "Građevinska knjiga" su štampanjem ovog priručnika učinili veliki korak napred u oblasti hidrotehnike, koja je na našim prostorima do sada skromno obrađena. Prevod priručnika, obima oko 1100 strana, sastoji se iz četiri dela:

- Uvod u prirodu vode fundamentalna hemijska i biološka svojstva vode, tumačenje analize vode i zagađivači vode;
- Operacije u pogonu za obradu vode;
- Pregled upotrebe vode u najvažnijim industrijskim granama: hemijska industrija, rudarstvo, aluminijumska industrija i industrija čelika, industrija papira i celuloze, prehrambena industrija, tekstilna industrija, naftna industrija;
- Specijalne tehnologije obrade vode za potrebe rashlađivanja, proizvodnje pare i vađenja nafte.



NARUDŽBENICA

Ovim neopozivo naručujemo: _____ primeraka knjige NALKOV PRIRUČNIK ZA VODU, autora Franka N. Kemmera po ceni od 4.000,00 din + 8% PDV, ili 60 €.

Knjige poslati na adresu: _____

PIB _____ Tekući račun _____ Tel/fax: _____

Kontakt osoba: _____

Da li ste u sistemu PDV? DA NE (Dostaviti potvrdu o PDV)

Datum: _____

M.P.
(potpis ovlašćenog lica)

Uplatu ćemo izvršiti na tekući račun SITS broj 170-260-10 po prijemu profakture.

Telefoni: 011 /32 30 067, 011/ 32 37 363; Fax: 011/ 32 30 067, E-mail:office@sits.rs

Adresa: Savez inženjera i tehničara Srbije, 11000 Beograd, Kneza Miloša 7a/I

TEHNIKA

RUDARSTVO GEOLOGIJA I METALURGIJA

Mining, Geology and Metallurgy - Exploitation des mines,
géologie et métallurgie - Bergbau, Geologie und Metallurgie -
Горная промышленность геология и металлургия

GODINA 72 - 2021.

BROJ 3

ODGOVORNI UREDNIK

Prof. dr **Dragan I g n j a t o v i ć**, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko - geološki fakultet, Beograd

Urednik za rudarstvo

Prof. dr **Aleksandar C v j e t i ć**, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Urednik za geologiju

Doc. dr **Zoran M i l a d i n o v i ć**, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Urednik za metalurgiju

Dr **Miroslav S o k i ć**, Institut za tehnologiju nuklearnih i
drugih mineralnih sirovina, Beograd

REDAKcioni ODBOR

Prof. dr **Radule T o š o v i ć**, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Prof. dr **Todor S e r a f i m o v s k i**, Rudarsko-geološki
fakultet, Štip, Makedonija

Mirko M a k s i m o v i ć, dipl. inž. rud., Savez inženjera
rudarstva i geologije Srbije, Beograd

Prof. dr **Nada Š t r b a c**, Univerzitet u Beogradu, Tehnički
fakultet u Boru, Bor

Dr **Branislav M a r k o v i ć**, Institut za tehnologiju
nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

REDAKCIJA I ADMINISTRACIJA: Savez inženjera i
tehničara Srbije, 11000 Beograd, Kneza Miloša 7a/I, Telefon
(011) 32 35 891, Fax (011) 32 30 067
