

Primljen / Received: 5.6.2019.

Ispravljen / Corrected: 20.1.2020.

Prihvaćen / Accepted: 22.5.2020.

Dostupno online / Available online: 10.12.2020.

# Tipologija sustava vertikalnog ozelenjavanja

## Autori:



**Sandra Čekić**, dipl.ing.arh.  
Sveučilište u Beogradu, Srbija  
Arhitektonski fakultet  
[s.cekic.phd@edu.arh.bg.ac.rs](mailto:s.cekic.phd@edu.arh.bg.ac.rs)

Autor za korespondenciju



Doc.dr.sc. **Tanja Trkulja**, dipl.ing.arh.  
Sveučilište u Banjoj Luci, Bosna i Hercegovina  
Fakultet za arhitekturu, građevinarstvo i  
geodeziju  
[tanja.trkulja@aggf.unibl.org](mailto:tanja.trkulja@aggf.unibl.org)



Prof.dr.sc. **Ljiljana Došenović**, dipl.ing.pejz.arh.  
Sveučilište u Banjoj Luci, Bosna i Hercegovina  
Šumarski fakultet  
[ljiljana.dosenovic@sf.unibl.org](mailto:ljiljana.dosenovic@sf.unibl.org)

Pregledni rad

**Sandra Čekić, Tanja Trkulja, Ljiljana Došenović**

## Tipologija sustava vertikalnog ozelenjavanja

Sustav vertikalnog ozelenjavanja (SVO) privukao je veliku pozornost posljednjih desetljeća kao strateški element urbanog oblikovanja. Primjena ovoga sustava pridonosi postizanju skladnog odnosa između izgrađenog i prirodnog dijela okoline, smanjenju zagađenja i poboljšanju kvalitete okoliša. U radu je prikazano istraživanje tipologije sustava vertikalnog ozelenjavanja te se predlažu tipski modeli stvoreni prema prethodno izvedenom sustavu klasifikacije.

### Ključne riječi:

urbanizacija, zelena matrica, ekološka kvaliteta gradova, sustav vertikalnog ozelenjavanja, tipologija

Subject review

**Sandra Čekić, Tanja Trkulja, Ljiljana Došenović**

## Typology of vertical greenery system

The vertical greenery system (VGS) has drawn a considerable attention over the past decades as a strategical element of urban landscape. Implementation of this system contributes to the achievement of a harmonious relationship between the built and natural environment, as well as to the abatement of pollution and improvement of the quality of environment. This paper presents study of typology of a vertical greenery system, and propose typical models formed according to a previously derived classification system.

### Key words:

urbanization, green urban fabric, ecological quality of cities, vertical greenery system, typology

Übersichtsarbeit

**Sandra Čekić, Tanja Trkulja, Ljiljana Došenović**

## Typologie vertikaler Begrünungssysteme

Das vertikale Begrünungssysteme (SVO) hat in den letzten Jahrzehnten als strategisches Element des Städtebaus große Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Die Anwendung dieses Systems trägt dazu bei, ein harmonisches Verhältnis zwischen dem gebauten und dem natürlichen Teil der Umwelt zu erreichen, die Umweltverschmutzung zu verringern und die Qualität der Umwelt zu verbessern. Die Arbeit präsentiert eine Forschung zur Typologie des vertikalen Begrünungssystems und schlägt Standardmodelle vor, die nach dem zuvor durchgeführten Klassifizierungssystem erstellt wurden.

### Schlüsselwörter:

Urbanisierung, grüne Matrix, ökologische Qualität der Städte, vertikales Begrünungssystem, Typologie

## 1. Uvod

Sustav vertikalnog ozelenjavanja (*eng. vertical greenery system – VGS*), kao dio suvremenog urbanog oblikovanja, zbog nedovoljnog poznavanja sustava i njegove zastupljenosti u praksi, novina je unutar same discipline na prostoru Bosne i Hercegovine pa i šire. Počeci ozelenjavanja imaju povijesne korijene još iz 600. godine prije Krista. Naime, viseći vrtovi Babilona svrstani su u jedno od sedam čuda starog svijeta. Poznato je uvođenje vegetacije kao značajnog građevnog elementa na prostoru stare Grčke. U čast boga Adonisa Grci su na krovovima sadili kukuruz i druge biljne vrste, a u Rimskom je carstvu vegetacija vinove loze služila za zasjenjivanje građevina, kao i pergole s ružama penjačicama koje su bile neizostavan element rimskih vrtova. Početkom XX. stoljeća u skandinavskim se zemljama planski sadi urbano zelenilo na krovove i zidove građevina zbog termoregulacije, poznatije kao vernakularne kuće (*eng. vernacular houses*), ponajprije uzimajući u obzir izolacijska svojstva sustava [1].

Prve teorije vezane isključivo uz termin ekologije pojavljuju se krajem XIX stoljeća, predstavljajući sustav vertikalnog ozelenjavanja kao mogući odgovor na ublažavanje posljedica urbanizacije. Nastankom ideje vrtog grada (*eng. garden city*) 1898. godine, Ebenezer Howard pokreće ideju urbanog planiranja s istaknutim značenjem sustava urbanog zelenila kao strateškog elementa u uređenju i planiranju gradova.

Ideju vertikalnog ozelenjavanja početkom XX stoljeća primijenio je arhitekt Adolf Loos na *Scheu Haus* (1912. -1913.), uvođenjem vegetacije na površinu fasadnog zida. Prvi patent zelenog zida registrirao je 1937. profesor Stanley Hart Whitea sa Sveučilišta u Illinoisu, pod nazivom Vegetacija – arhitektonske konstrukcije i sustav (*eng. Vegetation – Bearing Architectonic Structures and system*) [1].

Najznačajniji iskorak u sustavu vertikalnog ozelenjavanja napravio je Patrick Blanc, začetnik vertikalnog vrtlarstva, predstavljajući panele s biljnim supstratom i sustavom navodnjavanja. Uvođenjem čeličnog kabelskog sustava kao potkonstrukcije za zelene fasade 1988. godine, otvorena su vrata tržištu za nastanak brojnih varijacija tipova i potpornih konstrukcija unutar samog SVO sustava. Na sjevernoameričkom tržištu 1990-ih godina pojavljuje se potporna potkonstrukcija za zelene zidove u obliku čeličnih kabela, žičane mreže i modularnog sustava rešetkastih panela.

Prva praktična primjena rešetkastog sustava izvedena je 1993. godine na *Universal City Walk* u Kaliforniji, a samo godinu kasnije sustav biozida, zasnovan na principu biofiltracije zraka, predstavljen je kao dio interijera u zgradi *Canada Life* u Torontu. Sve se više primjenjuju sustavi vertikalnog ozelenjavanja, a unapređenju samog sustava pridonosi i rad Patricka Blanca na hidroponskom sustavu (*eng. hydroponic system*). Vizualna atraktivnost Blancovih vertikalnih vrtova postaje prepoznatljiv element urbane matrice.

Višeslojnost zelenih fasada predstavljena je 2002. godine, instalacijom sustava vertikalnog zelenila u MFO parku u Zürichu s više od 1300 različitih vrsta penjačica na tlocrtnoj površini

od 3.500 m<sup>2</sup> u nekoliko razina. Izložba *Bio Lung* na Aichi Expo 2005. godine, koju subvencionira japanska vlada, pokazuje kompleksnost primjene SVO sustava, kao i moguće varijacije različitih tipova, prezentacijom čak 30 različitih modularnih tipova dostupnih u Japanu. Predanost istraživačkom radu na SVO sustavu, podržala je japanska vlada osnivanjem fonda *Uvod u tehnologiju zelenih zidova, prednosti i dizajn* (*eng. Introduction to Green Walls Technology, Benefits & Design*) u rujnu 2008. godine, kao i priznatu *Green Wall* nagradu za značajan doprinos u disciplini SVO [2].

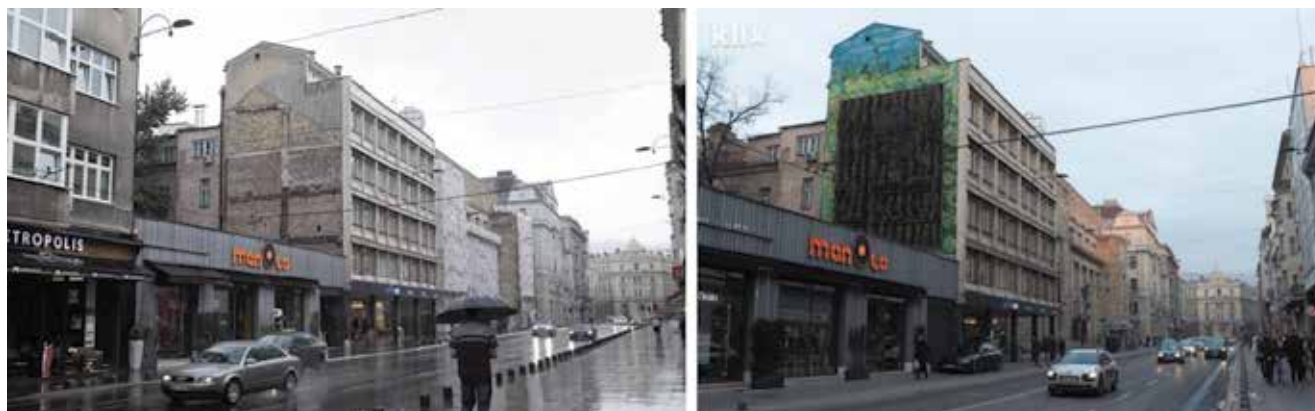
Velik napredak u primjeni SVO sustava predstavio je 2009. *Nparks* u Singapuru, kao jedan od čelnika u obnovi zelene matrice grada, uvođenjem koncepta *Skyrise Greenery*. Cilj je bio promovirati SVO sustav te izraditi shemu SGIS (*eng. Skyrise Greenery Incentive Scheme*) kojom vlada kroz financijske subvencije i porezne olakšice daje potporu stvaranju održive urbane zajednice.

Daljnji istraživački rad u disciplini sustava vertikalnog ozelenjavanja, kao i unapređenje tehnoloških dostignuća prate razvoj sustava SVO koji je do danas strateški element za oblikovanje i regeneraciju gradskog okoliša. Jedan od reprezentativnijih primjera primjene SVO sustava kao prostornog repera urbane matrice je *Caixa Forum Madrid*, od arhitekata Jacquesa Herzoga i Pierra de Meurona, izveden na površini zida od 6.500 m<sup>2</sup> i sa 250 različitih biljnih vrsta. Radi poboljšanja kvalitete urbanog prostora, u procesu stvaranja mjesta (*eng. placemaking*) instaliran je i *L'Oasis d'aboukir* u Parizu 2013. godine u izvedbi Patricka Blanca, specifičnog dijagonalnog uzorka s više od 237 različitih biljnih vrsta (slika 1.).



Slika 1. *Caixa Forum Madrid* i *L'Oasis d'aboukir* u Parizu

Primjena sustava vertikalnog ozelenjavanja posljednjih godina postaje sve prisutniji način obnove pojedinih dijelova grada, pa nesporno postaje prototip simbioze prirodnog i izgrađenog. Praktični primjeri primjene SVO sustava, kao ekološki prihvatljivog modela obnove urbanog tkiva, u svakodnevnom su porastu u zemljama Europe i svijeta, a njihovu uporabu prati i velika podrška struke i tržišta koji slijede potrebe i razvoj SVO-a, te svojim istraživačkim radom unapređuju taj sustav. Učestalost primjene SVO-a pridonijela je razvoju specijaliziranih elemenata vertikalnog ozelenjavanja koji odgovaraju potrebama širega geografskog područja, na način da tehnološka rješenja nerijetko predstavljaju potpuno nove modele SVO sustava s poboljšanim sustavom navodnjavanja i održavanja.



Slika 2. Prva zelena fasada u BiH, prikaz zgrade prije i poslije izvođenja

Međutim, unatoč porastu praktične primjene SVO sustava u svijetu, u BiH je to potpuno nov sustav. Naime, prva zelena fasada u BiH postavljena je početkom 2018. godine u Sarajevu, na jednu od zgrada u Titovoj ulici (slika 2.). Međutim, samo dva mjeseca nakon otvorenja "prvog zelenog zida, koji će očistiti zrak u Sarajevu", većina se sadnica bršljana (*Hedera helix*) u zelenom zidu osušila [3]. Općina Centar, koja je za ovaj projekt izdvojila 70.000 KM iz svog budžeta (1 KM = 0,5 EUR), odlučila ju je ukloniti i od voditelja projekta NVO Opus tražiti povrat novca. "Ekspertni tim iz KJKP Park, koji je obavio vještačenje zelene fasade, utvrdio je da su sadnice bršljana koje su postavljene na fasadu namijenjene za unutarnju upotrebu" [4]. Sve navedeno govori da je SVO sustav nov, nedovoljno poznat i primjenjivan u BiH, kao i da su stručnjaci nedovoljno educirani i ne iskusni u projektiranju i izvođenju sustava. To je zasigurno jedan od razloga njegove nedovoljne zastupljenosti u praksi.

## 2. Sustav vertikalnog ozelenjavanja

Sustav vertikalnog ozelenjavanja privukao je veliku pozornost posljednjih desetljeća kao strateški element urbanog oblikovanja. Integriranje vegetacije u gusto izgrađenu urbanu matricu uvelike pridonosi poboljšanju kvalitete urbanog života osiguravajući ekološke, ekonomske, društvene, prostorne i energetske koristi za društvenu zajednicu.

Kao model vraćanja ekološke kvalitete u gradove interpoliranjem prirodne strukture u izgrađene dijelove grada, sustav vertikalnog ozelenjavanja izravno utječe i na sam proces regeneracije urbane matrice. Uslijed brze urbanizacije i širenja gradskog tkiva, zelena matrica grada nerijetko biva marginalizirana usred tržišnih principa gradnje i nemarnog korištenja urbanog prostora. Ekološki problemi u gradovima javljaju se kao posljedica klimatskih promjena i imaju značajne posljedice za ljudsko zdravlje i kvalitetu života koja je znatno narušena uslijed sveprisutnog zagađenja okoliša. Postizanje ekoloških koristi primjenom SVO sustava uvelike pridonosi smanjenju zagađenja, reguliranju mikroklimatskih uvjeta i poboljšanju biološke raznolikosti, pa tako ima veliko značenje u procesu poboljšanja kvalitete životnog okoliša koja izravno

utječe na ostvarivanje društvenih koristi. Interakcija čovjeka s prirodnim okruženjem, prema principima biofilije, pozitivno djeluje na poboljšanje raspoloženja i općenito na čovjekovo zdravlje, kao i na smanjenje stresa kao uzročnika mnogih psihičkih oboljenja suvremenog društva.

Sustav vertikalnog ozelenjavanja svojom vizualnom privlačnošću stvara prepoznatljive prostorne orijentire u već gusto izgrađenim gradovima, a time utječe i na ostvarenje brojnih ekonomskih koristi. Kao fasadna ovojnica s izraženim izolacijskim karakteristikama koje smanjuju toplinske gubitke, SVO je energetske prihvatljiva cjelina čija primjena smanjuje potrošnju potrebne energije za grijanje, odnosno hlađenje, čime se izravno postiže ekonomska ušteda. Ekološka, ali i ekonomska, pogodnost SVO-a utječe i na smanjenje troškova održavanja građevine, kao i na povećanje same vrijednosti nekretnine i do 15 % [5].

### 2.1. Polazne osnove i definiranje ključnih pojmova

Značenje ključnih pojmova potrebno je navesti radi njihova boljšeg razumijevanja jer oni često služe kao sinonimi iako imaju potpuno različita značenja i predstavljaju potpuno različite tehnološke sustave zelenih elemenata. Analizom se želi objasniti sadržaj ključnih pojmova u etimološkom i ontološkom značenju. Da bi se shvatilo točnije, potpunije i suvremenije značenje SVO sustava potrebno je navesti nekoliko definicija prema navedenoj literaturi. U skladu sa suvremenim tendencijama u urbanističkoj praksi, pokušalo se s formuliranjem definicije na sintezni način. Sustav vertikalnog ozelenjavanja kao pojam u stranoj literaturi pojavljuje se u obliku različitih termina definiranih ovisno o autorima i njihovim načinima klasifikacija [2, 6-10]. Nerijetko se sustav vertikalnog ozelenjavanja zidnih ploha javlja pod nazivima zeleni zid (*eng. green wall*), zelena fasada (*eng. green facade*), živući zid (*eng. living wall*) ili okomito vrtlarstvo (*eng. vertical garden*), gdje se u prijevodu tretiraju kao sinonimi, iako je zapravo riječ o različitim tipovima ili potpuno novim podsustavima vertikalnog ozelenjavanja (slika 3.).

Pojmovi *zeleni zid*, *okomito vrtlarstvo* i *sustav vertikalnog ozelenjavanja* vrlo su česti u znanstvenoj literaturi kao istoznačni



Slika 3. Sinonimi termina vertikalnog ozelenjavanja

pojmovi. Daljnom analizom međuovisnosti sustava SVO, odnosno njegovih sinonima prema konstrukcijskoj strukturi sustava i mehanizmu rasta biljnog medija, definiraju se podsustavi zelena fasada i živi zid kao ustaljena i općeprihvaćena podjela. Definirani podsustavi osnovna su podjela sustava vertikalnog ozelenjavanja s jasno određenim tipovima unutar svakog podsustava, koji su detaljno obuhvaćeni klasifikacijom SVO sustava (slika 3.). Sustav vertikalnog ozelenjavanja kao pojam nije u konkretnoj upotrebi u bosanskom, srpskom niti hrvatskom jeziku. Prilikom stručnog korištenja i definiranja sustava najčešće se upotrebljavaju pojmovi zeleni zid ili zelena fasada kao istoznačnice, misleći na zid prekriven vegetacijom.

*Sustav vertikalnog ozelenjavanja*, prema Tongu [2], obuhvaća bilo koji način postavljanja biljaka na vertikalnu plohu, odnosno fasadni zid, neovisno o načinu rasta biljnog pokrivača. Kao sintagma, tj. određen skup pojmova, najpodrobnije obuhvaća pregled SVO sustava i njegovih tipova, pa se primjenjuje u ovom radu s ciljem objedinjavanja mogućih podvrsta sustava.

Prema analizi znanstvene literature, različiti termini SVO sustava prikazuju ustaljene nazive kao potencijalne termine i definicije ove relativno mlade discipline. Chiang i Chan [6] koriste termin vertikalno ozelenjavanje koji obuhvaća zelenilo integrirano u izgrađene strukture grada, uključujući balkonske vrtove, terase i krovne vrtove. Cheng, Cheung i Chu [7] sustav vertikalnog zelenila tretiraju kao alternativu krovnom zelenilu u gradu, dok Peck i Callaghan [8] te Bass i Baskann [9] definiraju sustav zelenila kao okomito vrtlarstvo. Različite definicije, kao i različiti termini SVO sustava, sveprisutni su u literaturi, ovisno o aspektu promatranja istraživačkog rada kao i o sustavu klasifikacije koju pojedini autori primjenjuju [10].

Definicijom SVO kao sustava koji obuhvaća postavljanje i rast biljaka uz ili na vertikalnu plohu zida obuhvaćaju se različiti tipovi vertikalnog ozelenjavanja ovisno o mehanizmu rasta biljnog medija, potkonstrukcije sustava kao i koristi koje pojedini tipovi ostvaruju.

Zeleni zid kao termin označava sve oblike vegetacije koja djelomično ili potpuno prekriva zidnu plohu ovisno o tipu. Dijeli se u dvije glavne kategorije: zelena fasada i živi zid. Kao termin, zeleni zid je ekvivalentan terminu okomito vrtlarstvo i sintagmi sustav vertikalnog ozelenjavanja [11].

Okomito vrtlarstvo obuhvaća vertikalnu konstrukciju po kojoj se širi vegetacijsko zelenilo koje može rasti uz zid ili na zidnoj

površini, pri čemu sama struktura može, ali i ne mora biti izravno vezana uz fasadnu plohu. Kao termin često se koristi i u disciplini urbane poljoprivrede (kao džepni sustav, *eng. pocket system*), nerijetko predstavljajući sustav predviđen održivom uzgoju biljnih vrsta namijenjenih prehrani [8, 9].

Zelena fasada vertikalni je princip ozelenjavanja fasadnog pročelja isključivo biljnim vrstama penjačica i puzavica koje imaju pomoćnu konstrukciju (žičani ili mrežni sustav) kao nužnu potporu biljkama za rast i prekrivanje fasadne površine [12].

Živi zid kompleksnija je vrsta ozelenjavanja zidne plohe koja se sastoji od strukture sa supstratom za biljke (modularni sustav, panel sustav, itd.), sustavom navodnjavanja te dodatnim slojevima izolacije koji se postavljaju izravno na zid kao zaštitni sloj. Patrick Blanc definira sustav kao strukturu vegetacije unutar metalnog okvira sa slojem PVC membrane i slojem biljnog supstrata različite debljine [12].

## 2.2. Tipologija sustava vertikalnog ozelenjavanja

Tijekom primjene sustava vertikalnog ozelenjavanja (SVO) suočavamo se s brojnim različitim načinima njegove klasifikacije i to zato jer to prije svega ovisi o autorima i o području primjene. Budući da ne postoje normirani pravilnici niti tehnički priručnici za primjenu sustava vertikalnog ozelenjavanja, nastale su razne varijacije tog sustava prilikom klasifikacije i definiranja pojedinih tipova. Široka prihvaćenost SVO sustava rezultirala je primjenom tipologije karakteristične za pojedina zemljopisna područja, ovisno o autorima koji djeluju u stručnoj disciplini SVO, što za posljedicu ima postojanje nekolicine različitih sustava klasifikacije i tipologije ovisno o tržištu primjene [2, 13-15].

U istraživačkom radu Perini i suradnika [13] sustav je vertikalnog ozelenjavanja prema mehanizmu rasta podijeljen na sustav zelenih fasada i sustav živi zid. Takvu podjelu slijedi i Perez sa suradnicima [14], određujući sustav na ekstenzivni i intenzivni prema kojem se sustav zelenih fasada određuje na dvoslojnu fasadnu ovojnica (*eng. double-skin green facade*) i zelenu zavjesu (*eng. green curtain*) s karakterističnim tipovima. Autor Mir [15, 17] dijeli sustav zelenih zidova prema načinu rasta i izboru biljnog medija na zidnu vegetaciju (*eng. wall vegetation*), zelene fasade i živi zid. Podjela sustava zelenih zidova na umjetne (*eng. artificial green walls*) i prirodne (*eng. natural green walls*) karakteristična je za područje Singapura i Malezije, pri čemu



Tong [2] takav sustav dodatno klasificira prema potkonstrukciji pojedinog modela, čiju podjelu slijedi i Wang [16].

Sustav SVO, ovisno o tipu, ima različite karakteristike koje utječu na ekološke, ekonomske, društvene, prostorne i energetske koristi. Prema analizi znanstvene literature, klasifikacija SVO sustava primarno se izvodi prema aspektu razmatranja sustava, odnosno, prema tehničkom uređenju primjene SVO u odnosu na vegetacijski mehanizam i konstrukciju samog sustava. Zastupljenost pojedinih tipova na tržištu omogućio je nastanak raznih varijacija sustava, prije svega u odnosu na sustav navodnjavanja i materijal od kojeg se izvodi potporna konstrukcija sustava.

Klasifikacija SVO sustava koja se primjenjuje u ovom radu izrađena je nakon međusobne usporedbe pojedinih tipova, kao i detaljne analize sustava klasifikacije prema nekolicini autora iz ove znanstvene discipline [2, 11, 13, 14, 16], ovisno o primarnom aspektu razmatranja ostvarenih koristi. Princip klasifikacije SVO sustava baziran je prema vegetacijskom mehanizmu i načinu primjene odgovarajućih tipova potkonstrukcije, kao i biljnog supstrata i sustava navodnjavanja, uglavnom na osnovi klasifikacije koju je napravila Katia Perrini, s Odsjeka za arhitekturu Sveučilišta u Genovi i Italiji, uzimajući u obzir sve aspekte kao nezaobilazne u postizanju i zadovoljavanju najvećih izazova urbane rehabilitacije [13] (slika 4.).

Shema klasifikacije SVO sustava na kojoj se zasniva ovaj rad i modeli provedbe osobni su pristup autora u razmatranju ove sveobuhvatne teme. Prikaz sustava po tipovima formiran je na temeljnom razumijevanju primjene potencijalnih vrsta sustava koji svojim karakteristikama zadovoljavaju načelo urbane obnove zelenih elemenata grada kao metode povećanja stupnja ozelenjenosti urbane matrice. S obzirom na to, svojstva modela koja se odnose na postizanje koristi isključivo u interijeru (kao i tipovi izrazito definirane namjene kao što je biozid (eng. *bio wall*), ili primarno ikoničnih pothvata u eksterijeru (primjer pejzažnih zidova, eng. *landscape walls*) koji se koriste za smanjenje buke

i stabilizaciju terena) neće u ovom radu biti naglašena kao temeljna. Tipovi kao takvi, svojim karakteristikama naglašeni su samo s jednog njima svojstvenog aspekta, čiji je cilj zadovoljiti ponajprije namjenu za koju se instaliraju i u krajnjem slučaju za koju se i proizvode, bez cjelovite sinteze karakteristika sa svih motrišta. Klasifikacija SVO sustava obuhvaća tipove koji svojim karakteristikama potpuno ostvaruju cjelokupno poboljšanje kvalitete gradskog okoliša.

Definiranje podtipova SVO sustava prema shemi klasifikacije (slika 4.) izvedeno je na osnovi karakteristične potkonstrukcije SVO sustava i načina na koji se podržava vegetacijski sloj, čime je SVO sustav profiliran na zelene fasade i sustav živućeg zida.

### 3. Rasprava

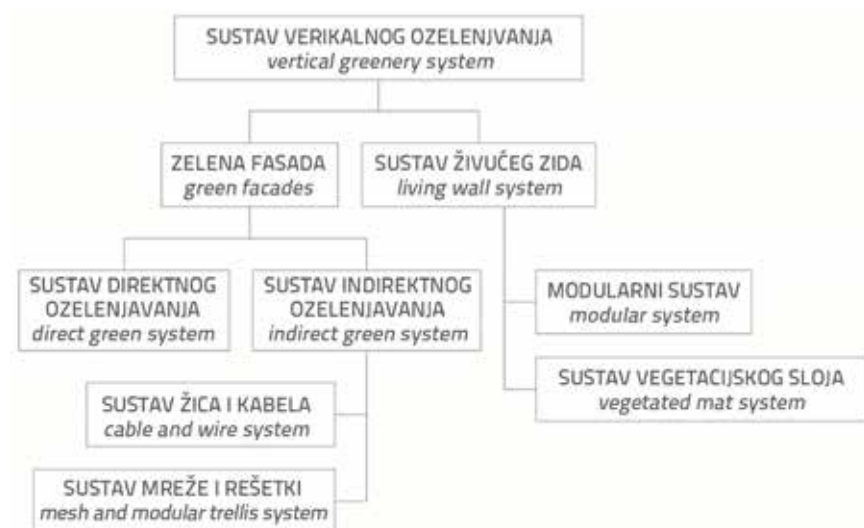
Sustav vertikalnog ozelenjavanja se dijeli na dva podsustava: podsustav zelenih fasada i podsustav živućeg zida (slika 4.).

*Podsustav zelenih fasada* u znanstvenoj literaturi se često definira kao dvodimenzionalni sustav koji obuhvaća montažu potkonstrukcije, u obliku žičanog sustava ili sustava mreže i rešetki, ispred fasadnog zida kao nužne potporne strukture za biljke penjačice. Podsustav zelenih fasada za biljni medij koristi isključivo biljne vrste puzavica i penjačica te se, ovisno o blizini i načinu sadnje prema zidnoj plohi, dijeli na tip izravnog i neizravnog ozelenjavanja [17].

*Sustav izravnog ozelenjavanja* (eng. *direct green system*) obuhvaća sadnju penjačice, najčešće vrste bršljena, izravno uz fasadni zid bez montaže potkonstrukcije kao potpore vegetacijskom sloju. Primjena izravnog ozelenjavanja predstavlja najstariji oblik sustava SVO u kojem penjačice rastu izravno uz zid prihvatajući se svojim 'zračnim sustavom korijenja' uz zidnu plohu, pri čemu snažno djelovanje korijenja nerijetko izaziva oštećenja zidne konstrukcije [12, 17].

*Sustav neizravnog ozelenjavanja* (eng. *indirect green system*), nasuprot izravnom ozelenjavanju, obuhvaća primjenu potkonstrukcije, čime biljke ne ostvaruju izravnu vezu sa zidnom plohom, pa su i moguća oštećenja spriječena. Neizravno ozelenjavanje podržava uporabu sustava žice i kabela (eng. *cable and wire system*) te sustava mreže i rešetki (eng. *mesh and modular trellis system*), nerijetko u kombinaciji s kutijama (žardinjerama) kao mušnim potpornim strukturama koje osiguravaju veću i bržu pokrivenost fasadnih ploha [12, 17].

*Podsustav živućeg zida* okarakteriziran je kao trodimenzionalni sustav koji obuhvaća postavljanje vegetacijskog sloja u pripremljene panele i module različitih formi sa supstratom i izolacijskim slojem sintetičkih membrana, koje se izravno fiksiraju na vertikalnu plohu. Njegova izražena termoizolacijska svojstva,





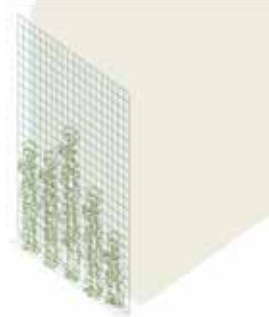
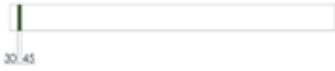
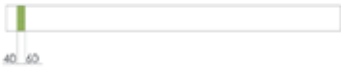
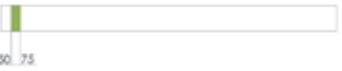
Slika 4. Klasifikacija sustava vertikalnog ozelenjavanja, prema [13]

kao i mogućnost primjene najširega spektra biljnih vrsta koje u kombinaciji boja i oblika stvaraju atraktivna oblikovna rješenja, osiguravaju prihvaćenost sustava u domenu urbane regeneracije. Postupak održavanja živućeg zida zahtjevniji je nego u slučaju ostalih tipova SVO sustava, pretežno zbog sustava navodnjavanja koji je instaliran kao sastavni dio panela, ali i zbog čestih zamjena biljnog materijala tijekom godišnjih sezona. Tržište prati široku primjenu podsustava živućeg zida, formirajući različite oblike, ali i čitave strukture panela koje unapređenjem i razvojem sustava prihrane i navodnjavanja, ovisno o zahtjevu lokacije, razvijaju





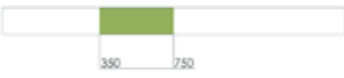
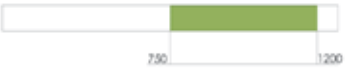
karakteristične tipove podsustava. Ovisno o formi, ali i montaži vegetacijskog sloja, podsustav živućeg zida dijeli se na dva osnovna tipa: modularni sustav (eng. *modular system*), koji čine vertikalni paneli u koje se sade biljne vrste, i vegetacijski sloj (eng. *vegetated mat system*) koji se najčešće javlja u obliku sintetičkih džepova. Na tržištu su prisutne i razne varijacije pojedinih tipova koje nastaju kao rezultat primijenjenog istraživanja i tehnološkog razvoja SVO sustava [12].

Nakon klasifikacije SVO sustava, postupak izrade tipskih modela predstavlja sintezu sažetih teorijskih i praktičnih znanja o

Tablica 1. Tipski modeli sustava vertikalnog ozelenjavanja (prvi dio)

TIP			
<b>Karakteristike</b>	Sustav je poznat kao <i>traditional green facade</i> i predstavlja najstariji oblik SVO sustava; obuhvaća sadnju penjačica (najčešće bršljana) izravno uz fasadno pročelje objekta. Takav sustav prihvaća samo penjačice koje su svojom građom same sebi 'potkostrukcija'.	Sustav obuhvaća primjenu čeličnih kabela (za brzorastuće penjačice s gušćim lišćem) i žičanih sajli (za spororastuće penjačice zbog nužne potpore na bližim intervalima) kao potporne konstrukcije nužne za rast penjačica; potkostrukcija se ankerima fiksira ispred zida objekta.	Sustav obuhvaća uporabu mreže i rešetki kao potporne konstrukcije za penjanje biljaka; potkostrukcija može biti od plastike, aluminijske, čelike ili drva. Sustav mreže se fiksira ankerima na zidnu plohu, a biljni medij se sadi izravno u tlo, u podnožju mreže.
<b>Prednosti</b>	Najjednostavniji tip za primjenu; ekonomski najprihvatljiviji; jednostavno održavanje	Fleksibilan sustav, pruža široke mogućnosti za oblikovanje; jednostavna montaža	Fleksibilan sustav; nudi zanimljiva oblikovna rješenja kombinacijom različitih materijala i zelenila; jednostavna montaža i demontaža
<b>Nedostaci</b>	Mogućnost korištenja samo penjačica; agresivno korijenje penjačica može oštetiti zidnu konstrukciju objekta; ima najduži vremenski period postizanja pune pokrivenosti; otežan proces uklanjanja zbog snažnog korijenja	Korištenje samo penjačica kao sadnog materijala; ima dug period postizanja pune pokrivenosti	Korištenje samo penjačica kao sadnog materijala; ima dug period postizanja pune pokrivenosti
<b>Biljni materijal</b>	Zimzelene i listopadne penjačice, npr. <i>Hedera helix</i> , <i>Parthenocissu tricuspidata</i>	Puzavice i penjačice, npr. <i>Wisteria</i> , <i>Clematis</i>	Puzavice i penjačice, npr. <i>Wisteria</i> , <i>Clematis</i>
<b>Pokrivenost i koristi</b>	Za <i>Hedera helix</i> : puna pokrivenost za 15 godina, vidljivost koristi nakon 10 godina	Za <i>Hedera helix</i> : puna pokrivenost za 15 godina, vidljivost koristi nakon 10 godina	Za <i>Hedera helix</i> : puna pokrivenost za 15 godina, vidljivost koristi nakon 10 godina
<b>Održavanje</b>	Najjednostavniji sustav za održavanje; nije nužna zamjena biljnog materijala	Jednostavno održavanje; nije nužna zamjena biljnog materijala	Jednostavno održavanje; nije nužna zamjena biljnog materijala
<b>Cijena [€/m<sup>2</sup>]</b>			

Tablica 1. Tipiski modeli sustava vertikalnog ozelenjavanja (drugi dio)

TIP			
	Sustav mreže i rešetki + žardinjere	Sustav vegetacijskog sloja	Modularni sustav
Karakteristike	Sustav obuhvaća primjenu mreže i rešetki u kombinaciji sa žardinjerama na različitim razinama fasade. Biljni materijal se sadi u žardinjere prilikom čega je nužno biljkama opskrbiti navodnjavanje.	Sustav vegetacijskog sloja sadrži biljni supstrat podržan s dva sloja sintetičke tkanine u obliku 'džepova' koji se montiraju u fiksni okvir na površinu zida, na prethodno postavljen sloj vodonepropusne membrane. Biljni medij sadi se u "džepove", a za njihovo održavanje koristi se kružni sustav navodnjavanja.	Koristi se sustav modula (kvadratnog ili pravokutnog oblika) od plastike ili metala sa supstratom u koji se sadi biljni materijal. Svaki modul koristi svoj supstrat koji odgovara potrebama pojedinih biljnih vrsta. Sustav navodnjavanja postavlja se na vrh panela, te se cijevima raspoređuje duž površine.
Prednosti	Korištenje različitih vrsta biljaka, ovisno o rasporedu žardinjera i visine mreže; široka primjena sustava zbog bolje stabilnosti i postizanja brzog rasta	Kkorištenje širokog spektra biljnih vrsta koje u kombinaciji boja i oblika mogu stvoriti atraktivne prostore; izražena termoizolacijska svojstva	Omogućuje postizanje vrlo atraktivnog urbanog prostora; mogućnost primjene najšireg spektra biljnih vrsta; izražena termoizolacijska svojstva
Nedostaci	Izrazito krut sustav; kompleksno održavanje; nužna zamjena biljnog materijala i sustava navodnjavanja nakon određenog vremena	Visoka cijena sustava; kompleksno održavanje i zamjena biljnog materijala; visoka cijena održavanja	Sustav s najvišom cijenom; kompleksno održavanje i česte zamjene biljnog materijala; visoka cijena održavanja
Biljni materijal	Široka ponuda primjene biljnih vrsta, npr. <i>Wisteria sp.</i> , <i>Clematis sp.</i> , <i>Ipomoea quamoclit</i> , <i>Campsis grandiflora</i> , <i>Akebia quinata</i>	Široka ponuda primjene biljnih vrsta; obuhvaća travnate vrste, nisko grmlje, paprati, egzotične vrste, ...	Široka ponuda primjene biljnih vrsta; npr. <i>Sedum</i> , <i>Heuchera</i> , <i>Pilea</i> , <i>Deutzia</i> , <i>Acorus</i> , <i>Euonymus</i> , <i>Asplenium</i>
Pokrivenost i koristi	Puna pokrivenost nakon 3 godine; vidljivost koristi nakon 3 godine	Puna pokrivenost i vidljivost koristi od 1 do 2 godine (ovisno o vrstama i njihovoj brzini rasta) > relativno brzo postizanje pune pokrivenosti	Puna pokrivenost i vidljivost koristi nakon 1 godine > najbrže ostvaruje punu pokrivenost, čak i na velikim ploham
Održavanje	Kompleksno održavanje zbog primjene različitih biljnih vrsta; nužna zamjena biljnog materijala i do 5 % po godini; zamjena sustava navodnjavanja svakih 7,5 godina	Kompleksan sustav za održavanje; nužna zamjena biljnog materijala i do 10 % po godini; zamjena sustava navodnjavanja svakih 7,5 godina	Najkompleksniji sustav za održavanje; nužna zamjena biljnog materijala i do 10 % po godini; zamjena sustava navodnjavanja svakih 7,5 godina
Cijena [€/m <sup>2</sup> ]			

sustavu. Objedinjavanjem tehničke podrške SVO sustavu, koju pruža odabir biljnog medija i potporne strukture, omogućava se izrada karakterističnih modela prema prethodno utvrđenim tipovima SVO sustava. Tehničke karakteristike sustava izravno utječu na odabir biljnog materijala, kao i na postupak održavanja i odabir odgovarajućeg sustava navodnjavanja koji čine

komponentu predviđenih troškova, pa su time važan element prilikom razmatranja ekonomske isplativosti [13]. Ovisno o odabranom tipskom modelu SVO sustava moguće je odrediti potrebno razdoblje za postizanje pune pokrivenosti sustava, kao i vidljivost ostvarenih koristi što čini pojedine tipove prihvatljivijim za primjenu.

Tablični prikaz tipskih modela koji slijedi omogućava lakše uočavanje karakteristika pojedinih tipova kao i način održavanja sustava i njihov cjenovni raspon prilikom instalacije koji nerijetko utječe na učestalost izbora (tablica 1.). Prikazani tipski modeli predstavljaju bazične tipove SVO sustava ovisno o potpornoj konstrukciji sustava i brzini rasta biljnog medija, a kako je praktična primjena SVO sustava posljednjih godina u porastu, na tržištu se svakodnevno pojavljuju različite varijacije navedenih tipova. Tipski modeli koji su obuhvaćeni ovim radom formirani su prema prethodno izvedenom sustavu klasifikacije te predstavljaju osobni doprinos autora u izučavanju znanstvene discipline sustava vertikalnog ozelenjavanja kao aktualnog modela urbane regeneracije.

#### 4. Zaključak

Upoznavanje s osnovnim karakteristikama sustava vertikalnog ozelenjavanja, kao i njegova determinacija prema terminologiji i lingvističkom pristupu, osnova su za definiranje SVO sustava kao suvremenog modela urbanog oblikovanja čija uporaba ostvaruje koristi ekološke, ekonomske, društvene, prostorne i energetske prirode. Princip klasifikacije SVO sustava, koji je obuhvaćen u ovom radu, zasniiva se na analizi vegetacijskog mehanizma i načina montaže potkonstrukcije, koji čine glavne kriterije na osnovi kojih su izrađeni tipski modeli SVO sustava. Definirana tipologija SVO sustava, kao i upoznavanje s karakteristikama kroz pregled ostvarenih koristi, ali i konstrukcijskih i oblikovnih zahtjeva, omogućilo je formiranje tipskih modela kao jedinstvenih prostorno-funkcionalnih elemenata urbanog oblikovanja. Primijenjeni modeli sadrže pregled prednosti i nedostataka segmentnih struktura sustava, koji pojedine modele čine fleksibilnijim u području praktične primjene, ovisno o primarnom aspektu sagledavanja, ali i u određivanju cilja i konceptualnih potreba urbanog prostora. Specifičnost pojedinih modela čine različite karakteristike sustava, kao što su izbor biljaka, potkonstrukcija sustava i postupak održavanja, koji kao elementi definiraju i osnovno načelo primjene. Konstrukcijski zahtjevi modela, kao i oblikovne karakteristike definirane prema tipologiji određuju način primjene sustava tako da su prihvatljive za određenu lokaciju, ili nisu kompatibilne prema strukturnim obilježjima. Kompatibilnost

konstrukcijskih zahtjeva, tipskog modela i građevine na koju se predviđa postaviti SVO sustav određuje se prema analizama kojima se definira mogućnost postavljanja određenog tipskog modela na predviđenu lokaciju. Nerijetko je na istu lokaciju moguće primijeniti različite tipske modele, pri čemu se izbor adekvatnog modela formira prema oblikovnom parametaru i oblikovanju kao relevantnim kriterijima. Jasno definirane karakteristike pojedinog tipskog modela nesporno određuju način primjene sustava, pri čemu je nužna podudarnost SVO sustava s uvjetima lokacije, kao i pravilan izbor biljaka koje predviđeni model podržava, kako bi sustav u potpunosti iznio zamišljeni koncept.

Primjenom SVO sustava uz ostvarenje ekoloških koristi, kojima se utječe na klimatske i mnoge druge ekološke probleme koji svakodnevno narušavaju kvalitetu života, omogućuje se i ostvarenje dobroti društvene i ekonomske osnove, što taj model urbanog oblikovanja čini prihvatljivim načinom obnove urbanog okoliša. Determinaciji karaktera mjesta pogoduju prepoznatljivi vizualni atributi, koje SVO sustav posjeduje, kao i uzimanje u obzir indikatora dizajna koji utječu na obnovu slike grada.

Sustav SVO jedinstven je element urbanog oblikovanja izraženih vizualnih karakteristika formiranih na koloritu i strukturi biljaka, koje svojom raznolikošću oblikuju privlačna i za korisnike ugodna mjesta. Prihvaćenost SVO sustava s ekološkog aspekta promatranja očigledna je u povećanju stupnja ozelenjenosti. Zeleni elementi, kao pokazatelji kvalitete urbanog života, pogoduju procesu socijalizacije i aktiviranju društvene zajednice, te zajedno s elementom vizualne privlačnosti i jačanjem vizualnog dojma i slike grada, koju SVO sustav posjeduje, čine temeljne komponente u procesu stvaranja urbanog prostora.

#### Zahvala

Ovo teoretsko, ali i primijenjeno, istraživanje provedeno je na Arhitektonsko-građevinsko-geodetskom fakultetu Sveučilišta u Banjaluci u okviru izrade glavne teze na studijskom programu drugog ciklusa Arhitektura i urbanizam (60 ECTS). Referenca: Čekić, S.: *Implementacija sistema vertikalnog ozelenjavanja u funkciji obnove identiteta pejzažnog grada Banjaluke - master teza*, Banjaluka: Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjaluci, 2019.

#### LITERATURA

- [1] Amorim, F., Mendonça, P.: Advantages and constraints of living green façade systems, *International Journal of Environmental Science and Development*, 8 (2017) 2, pp. 124-129, <https://doi.org/10.18178/ijesd.2017.8.2.933>
- [2] Tong, J.: *Living wall: jungle of concrete*. Hong Kong: Design Media Publishing Limited, 2013.
- [3] BiH / Šta je s prvim "zelenim zidom": Poprimio smeđu boju, graditelji tvrde da je u redu, <https://www.radiosarajevo.ba/vijesti/lokalne-teme/zeleni-zid/297455>, 19.04.2018.
- [4] Zelena fasada uklonjena iz centra Sarajeva, pokrenuta procedura povrata novca, <https://www.klix.ba/vijesti/bih/zelena-fasada-uklonjena-iz-centra-sarajeva-pokrenuta-procedura-povrata-novca/181121110>, 21.11.2018.



- [5] Soderlund, J., Newman, P.: Biophilic architecture: a review of rationale and outcomes, *AIMS Environmental Science*, 2 (2015) 4, pp. 950-969, <https://doi.org/10.3934/environsci.2015.4.950>
- [6] Chiang, K., Chan, D.: Introduction to vertical greenery. Singapore: Centre for Urban Greenery and Ecology, 2008.
- [7] Cheng, C.Y., Cheung, K.K.S., Chu, L.M.: Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls, *Building and Environment*, 8 (2010) 45, pp. 1779-1787, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.02.005>
- [8] Peck, W.S., Callaghan, C.: Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada. Canada Mortgage and Housing Corporation, 1999.
- [9] Bass, B., Baskaran, B.: Evaluating rooftop and vertical gardens as an adaptation strategy for urban areas. CRC-CNRC, NRCC-46737, 2001. <https://www.slideshare.net/ElisaMendelsohn/evaluating-rooftop-and-vertical-gardens-as-an-adaptation-strategy-for-urban-areas>
- [10] Pérez-Urrestarazu, L., Fernández-Cañero, R., Franco-Salas, A., Egea, G.: Vertical greening systems and sustainable cities, *Journal of Urban Technology*, (2016), <https://doi.org/10.1080/10630732.2015.1073900>
- [11] Wong, N.H., Tan, A.Y.K., Tan, P.Y., Sia, A., Wong, N.C.: Perception studies of vertical greenery systems in Singapore, *Journal of Urban Planning and Development* 136 (2010) 4, pp. 330-338, ScholarBank@NUS Repository, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000034](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000034)
- [12] GRHC - Green Roofs for Healthy Cities. Introduction to green walls technology, benefits & design, 2008, [www.greenroofs.org](http://www.greenroofs.org)
- [13] Perini, K., Ottel , M., Haas, E.M., Raiteri, R.: Greening the building envelope, facade greening and living wall systems, *Open Journal of Ecology*, 1 (2011) 1, pp. 1-8. <https://doi.org/10.4236/oje.2011.11001>
- [14] Perez, G., Rinc n, L., Vila, A., Gonz lez, J.M., Cabeza, L.F.: Behaviour of green facades in mediterranean continental climate, energy conversion and management, 52 (2011) 4, pp. 1861-1867. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.11.008>
- [15] Mir, M.A.: Green facades and building structures - master thesis. TU Delft: Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Materials and Environment, 2011, <http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:f262c218-8801-4425-818f-08726dde5a6c?collection=education>
- [16] Wang, J.: Analysis of the vertical greening structural techniques of residential facades, *BioTechnology: An Indian Journal*, 10 (2014) 13, pp. 7422-7428, <https://www.tsijournals.com/abstract/analysis-of-the-vertical-greening-structural-techniques-of-residential-facades-7812.html>
- [17] Villanova, P.M.: Vertical farm facade: first approach to the energetic savings applied to the Seagram Building in New York - Projecte o tesina D'especialitat. Escola de Camins, UPC Barcelonatech, 2013, <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23367/Vertical%20Farm%20Fa%3a7ade%20%28Marc%20Prades%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>