



## 6. INTERNACIONALNI NAUČNO-STRUČNI SKUP GRAĐEVINARSTVO - NAUKA I PRAKSA

ŽABLJAK, 7-11. MART 2016.

---

*Svetlana Stevović<sup>1</sup>, Jovana Jovanović<sup>2</sup>, Ivan Stevović<sup>3</sup>*

### ODRŽIVO UPRAVLJANJE PROJEKTIMA I MODELI INOVATIVNIH ZELENIH TEHNOLOGIJA U ZGRADARSTVU

#### **Rezime**

Održivo upravljanje projektima zgradarstva u urbanim sredinama zahteva savremeni pristup i nova rešenja u funkciji održivog razvoja i poboljšanja kvaliteta životne sredine. Nove zelene inovativne tehnologije podrazumevaju sveobuhvatne aktivnosti, kao što su savremena rešenja vertikalnih i krovnih bašti na objektima, kao i detalje upravljanja vodnim režimom. U ovom radu su predstavljeni tipovi ekstenzivnog i intenzivnog zelenog krova, sa detaljima izvođenja, uključujući i problem odvodnjavanja. Održivi modaliteti smanjenja globalnih zagrevanja u urbanim sredinama su prikazani kroz par eklatantnih primera iz sveta.

#### **Ključne reči**

Upravljanje projektima, održivi razvoj, zelena fasada, zeleni krov, zgradarstvo

### SUSTAINABLE PROJECT MANAGEMENT AND INOVATIVE GREEN TECHNOLOGY MODELS IN BUILDING

#### **Summary**

Sustainable management of building construction projects in urban areas requires a modern approach and new solutions in terms of sustainable development and environmental quality improvement. New green innovative technologies include comprehensive activities, such as modern solutions of vertical garden and roof garden on the facilities, as well as details of water regime. This paper presents the types of extensive and intensive green roof, with details of implementation, including the problem of drainage. Sustainable modes of reductions in global warming in urban areas are shown in a few striking examples from the world.

#### **Key words**

Project management, sustainable development, green facade, green roof, buildings

---

<sup>1</sup> Prof. dr, Fakultet za graditeljski menadžment, Univerzitet Union Nikola Tesla, Beograd, Srbija

<sup>2</sup> MSc, Fakultet za graditeljski menadžment, Univerzitet Union Nikola Tesla, Beograd, Srbija, jovanaj90@yahoo.com

<sup>3</sup> BSc, Fakultet organizacionih nauka, Ekološki menadžment i održivi razvoj, Univerzitet u Beogradu, Srbija

## **1. UVOD**

Brojne aktivnosti tokom ljudskog razvoja poremetile su ravnotežu u odnosima čovek - prirodna sredina i time ozbiljno ugrozile prirodne uslove života. Zato je procesu upravljanja projektima neophodno pristupati na novi holistički način, uz poštovanje kriterijuma održivog razvoja i zaštite životne sredine. Kako se zagađenja najviše osećaju u urbanim sredinama, neophodno je da se baš u tim sredinama, sa najvećom naseljenošću i naprave najozbiljniji modeli inovativnih tehnologija, sa ciljem povratka poremećenoj ravnoteži. "Gradovi se sve više šire, što uzrokuje poremećaje u kvalitetu životne sredine. Čovek je, umesto da bolje upozna prirodu i zakone koji u njoj vladaju, počeo intenzivno da je degradira i zagađuje" [1].

Održivi razvoj kao osnovni moto svih projekata u urbanim sredinama nameće stroge kriterijume očuvanja kvaliteta životne sredine. Pri traženju novih urbanističkih rešenja, trebalo bi, što je moguće više očuvati ekološku ravnotežu. Ako je postojeće stanje nezadovoljavajuće, potrebno je naći metode i prostore za ozelenjavanje i rekultivaciju, na izvedenim objektima i terenima, čime bi se uspostavila skladnija veza između prirodne i građene sredine. U ovom referatu će biti izneto nekoliko različitih varijanti ozelenjavanja krovnih površina u urbanim sredinama, sa konstruktivnim detaljima, kao i hidrotehničko rešavanje odvoda, kao ključnog pratećeg tehničkog problema, uz nekoliko eklatantnih primera iz sveta.

Danas je čovek drastično odvojen od prirode objektima koje je sam izgradio. Priroda je potisnuta na periferiju gradova i zato urbanisti i arhitekta treba da rade na osmišljavanju savremenih metoda ozelenjavanja ravnih krovova i fasada, kao jednim od načina povratka izgubljenoj ekološkoj ravnoteži u gradovima [2]. U analizi sprovedenoj u 25 nemačkih gradova utvrđeno je da se na gotovo 40% javnih površina nalaze zgrade ili trotoari. U nekim gradovima čak i na 50%. Ovaj procenat se skoro udvostručio u poslednjih 30 godina. Zbog sve prusutnije poremećene ravnoteže gradova, arhitektima i građevincima se postavlja zadatak da postojeće krovove i fasade ozelenjavaju [3], a kada su u pitanju nova arhitektonska i urbanistička rešenja, još je lakše u fazi projektovanja, predvideti prostore za sadnju zelenila.

Istraživanja uradjena u visoko razvijenim urbanim sredinama pokazuju da 90% anketiranih, neposrednu blizinu parkovskim zonama, smatra kao najznačajniji kvalitet mesta stanovanja. Ozelenjavanje ravnih krovova i fasada može biti jedan od načina kojim se urbane sredine bore protiv globalnih klimatskih promena [4]. Ovaj metod poboljšanja kvaliteta životne sredine značajan je zbog problema sve većeg nedostatka prostora za zelene površine u urbanim metropolama. Izgradnjom zelenih krovova i fasada, uz odgovarajuća hidrotehnička rešenja odvoda, priroda se delimično vraća u gradove. Kroz niz primera iz sveta, pokazaće se kako je naše životno okruženje moguće pretvoriti u prijatne domove, uz relativno male troškove, stvarajući humane uslove i viši kvalitet životne sredine u urbanim prostorima.

## **2. INOVATIVNE TEHNOLOGIJE U URBANIM SREDINAMA**

Zeleni krovovi su poznati već stotinama godina, kako u hladnoj klimi Islanda, Skandinavije i Kanade, tako i u vrućem podneblju Tanzanije. U delovima gradova u svetu gde postoje zeleni krovovi i fasade, konstatovano je poboljšanje kvaliteta vazduha, bolja

regulacija temperature, produženje životnog veka hidroizolacije krovova, stvaranje bolje mikroklimе, smanjenje angažovanja kišne kanalizacije, filtriranje atmosferskih voda i poboljšanje njenog kvaliteta, apsorpcija gradske buke i prašine.

Proces izmene ugljendioksida i kiseonika, što biljke fotosintezom rade da bi se hranile i rastle, imajući u vidu da se ugljendioksid absorbuje, a kiseonik ispušta danju, predstavlja krupan razlog da se ozelenjavanje krovova i fasada postavi kao važan cilj, pri traženju novih trendiva u arhitekturi i urbanizmu [5]. Jedno manje drvo, obima krošnje od svega 4 m, proizvede onoliko kiseonika, koliko potroši jedan odrastao čovek u toku jednog dana. Prisutna je i estetska komponenta, kao i stvaranje potencijalnih površina za sport i rekreaciju. To mogu da budu i botaničke bašte, prostor za naučno istraživački rad i oaze mira, sa specifičnim ekosistemima grada [6], u kojima mogu živeti insekti i ptice. Zgrade obrasle zelenilom sa promenom godišnjih doba menjaju izgled i stvaraju osećaj prirodnih promena mirisa, boja i izgleda.

Arhitektonski posmatrano, izazov je u mogućnosti da se istakne kontrast između stabilnosti konstrukcije i stalnih promena koje postoje u prirodi živih biljaka: geometrijske forme mogu se smekšati pokretnim formama zelenila. Građevinski elementi se mogu ozelenjavanjem zakloniti, ili naglasiti. Izborom zelenila (sitno, krupno, mestimično, ili gusto) moguće je istaći, ili sakriti zidne strukture [7]. Sloj zelenila može potpuno, ili delimično pokrивati zgradu. Upotrebom zelenih biljaka mogu se oblikovati hidrotehnički odvođi i ispusti, kružne strukture i druge zanimljive forme bez komplikovanih i skupih građevinskih elemenata.

### 3. ODRŽIVI MODELI

Dva su osnovna načina ozelenjavanja, zavisno od pravca ravanskog sistema: horizontalni vrtovi, zeleni ravni krovovi i verikalni vrtovi, zelene fasade. Vrtovi na krovu, kao delovi prirode preseljene iz okoline na krov, mogu biti travnjaci, livade sa poljskim cvećem, ukrasno grmlje, kamenjari, stabla, ribnjaci, puteljci, a prema potrebi i staze. Primenuju se na sistemima ravnih krova, na objektima visogradnje, na podzemnim objektima, kao što su garaže, pothodnici, prodajni centri i sl. Moguća je njihova aplikacija i na kosim krovovima, ali postoje ograničenja vezana uz nagib i učvršćivanje ozelenjenog sloja [8]. Kada je reč o ravnim krovovima, ograničenja gotovo da i ne postoje.

Krovni vrt je ograničeni zeleni prostor na vrhu neke građevine, ispod ili iznad kote terena. Biljke se postavljaju tako da se ne sade direktno u teren. Krovni vrt je uvek sastavni deo krovnog sistema, odnosno nadgradnja osnovne hidro i toplotne izolacije sa kojima zajedno čini celoviti sastav, koji obuhvata:

- krovnu konstrukciju sa ili bez toplotne izolacije
- hidroizolaciju, sa ili bez protivkorenske zaštite (zavisi od vrste hidroiz. membrana)
- drenažni sloj, sa eventualnom mogućnošću zadržavanja vode
- separacijski / filter sloj
- specijalni supstrat koji ne mora nužno biti, ili sadržavati zemlju
- biljke.

Zeleni krov je krov zgrade ili kuće koji je delom, ili potpuno pokriven zemljom i vegetacijom, ili biljkama zasađenim na vodeno-krovnu membranu. Takođe može uključivati zaštitu krova, drenažni sloj i irigacioni sistem. Bašte u kontejnerima,

žardinjerama, ili velikim saksijama, ne spadaju u zelene krovove, iako su o tome mišljenja podjeljena. Termin zeleni krov može da označava krov koji koristi neki oblik zelene tehnologije, kao što su solarni paneli [9]. Zeleni krovovi se takođe nazivaju i eko krovovi, krovovi sa vegetacijom, živi krovovi. Vertikalni vrt podrazumeva sadnju biljaka u teren, kontejnere ili vertikalne hidroponične sisteme. To je živa fasadna obloga sa svim prednostima krovnog vrta, ali koja nije horizontalna, niti statički uslovljava dodatni teret, ili bitno utiče na cenu. Biljke pogodne za ovu vrstu sadnje uključuju široku paletu jedno i više godišnjih penjačica, koje se osim po fasadi mogu uzgajati i za penjanje po krovu. Studije uticaja predviđenih radova ozelenjavanja se rade u skladu sa svetskim kriterijumima [10].

#### 4. ZELENI KROVOVI

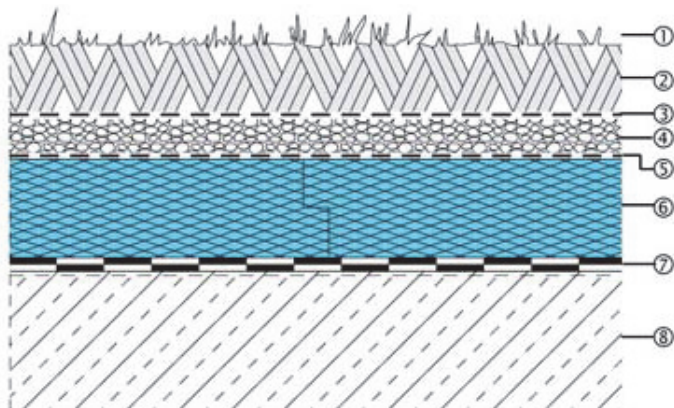
Materijali koji se preporučuju za izgradnju ovakvih krovova obuhvataju slojeve i uz njih vezane aktivnosti [11], koji čine jedan krov vodonepropusnim:

- građevinski materijali: hidroizolacije, toplotne izolacije, separacijski i drenažni slojevi,
- bio-materijali: supstrat, sloj za retenciju vode, biljni materijal, količine i vrste semena;
- nega i održavanje: đubriva, obrada zelenih površina, zalivanje, dodatna setva i sadnja

Tehnički se razlikuju dva osnovna tipa zelenih krovova, u odnosu na zahtevnost slojeva i projektovanog rastinja, a isto tako i prema zahtevnosti održavanja čitavog sistema:

- Nisko zahtevni - ekstenzivni krovni vrtovi
- Zahtevni - intenzivni krovni vrtovi

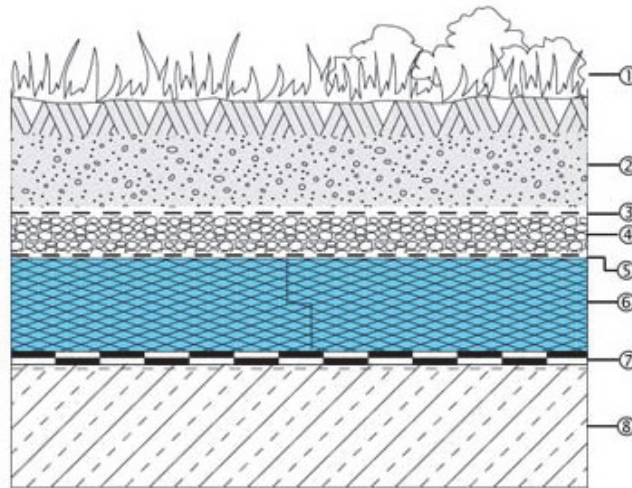
Kod ekstenzivnih krovnih vrtova (slika 1) nije potrebna velika visina supstrata [7], ponekad je dovoljno svega nekoliko centimetara posebne smese humusa i hidroskopskih materijala (ekspandirana glina, perlit i sl.), da bi na takvom krovu mogle da rastu određene biljne vrste. Visina supstrata za većinu trava, seduma, mahovina, cvetnica [12] i nekih manjih grmova (npr. razni mini kultivari iz rodova Pinus i Juniperus, ili vrste kao Buxus sempervirens, Cotoneaster, ili Pyracanta) nije potrebno da bude veća od 18 do 20 cm.



Slika 1. Ekstenzivni krovni vrt u poprečnom preseku, sa posebnim drenažnim slojem.  
Legenda: 1. ekstenzivni travnjak – vegetacija, 2. sloj tla debljine 80-100 mm, 3. sloj za odvajanje-filtraciju, 4. drenažni sloj, 5. tkanina (npr. polipropilenska) 110-140 g/m<sup>2</sup>, 6. Roofmate sl-A, 7. bitumenska hidroizolaciona traka, 8. betonska tavanica

Drenažni sloj se izvodi od ispranog šljunka, finog agregata 30 do 40 mm ekspanzirane gline, ili drugih drenažnih proizvoda (drenažne mreže, valovite drenažne ploče, geokompoziti, čepićaste folije i drugi novi sintetički materijali). Kao filtracijski sloj uvijek je dobro postaviti geotekstil velike čvrstoće i vodopropustnosti [13]. Ekstenzivni krovni vrt sa kombinovanim drenažnim slojem se konstruiše tako što se u mešavinu zemlje dodaju materijali, kao što je glinopor (ekspanzirana glina), perlit, granule stiropora i sl. Time je supstratu poboljšano svojstvo odvođenja viška vode. Ovakav je sloj potrebno dobro odeliti filtracionim slojem, tako da procedena voda, slobodno otiče kroz rešetke u toplotnoj izolaciji, do hidroizolacije po kojoj se odvodi do izliva [14]. Sloj jačeg geotekstila najbolje je da se stavi na površinu hidroizolacije i kao mehanička zaštita, pre svega u toku izgradnje ostalih slojeva krova [15]. Najčešća oštećenja hidroizolacije nastaju pri samoj ugradnji ostalih sadržaja na krovu, zbog nedovoljne mehaničke zaštite, čime se nepotrebno ruši reputacija i najkvalitetnijih hidroizolacija.

Intenzivni krovni vrtovi omogućavaju sadnju većeg grmlja, ili manjeg drveća u smesu supstrata visine od 6 do 60cm i više [16]. Tu se može dati mašti na volju i saditi kruške i jabuke, ili hrastove, javore i borove, živice i cvetne gredice, pa čak i formirati male biotope. Karakterističan poprečni presek intenzivnog krovnog vrta prikazan je na slici 2.



Slika 2. Poprečni presek detalja intenzivnog krovnog vrta. Legenda: 1. vegetacija, 2. drenirani sloj tla debljine 200 mm, 3. sloj za odvajanje-filtraciju, 4. drenažni sloj, 5. tkanina, (npr. polipropilenska) 110-140 g/m<sup>2</sup>, 6. Roofmate sl-A, 7. bitumenska hidroizolaciona traka, 8. betonska tavanica.

## 5. MOGUĆNOSTI IZVOĐENJA

Ponekad se za planirani krovni vrt sa velikim stablima izvode korita u betonskoj ploči koja omogućavaju potrebnu dubinu zemlje za sadnju drveća. Sadnja visokih stabala zahteva posebnu pažnju zbog izloženosti vetru.

Kombinacija ekstenzivnog i intenzivnog vrta moguća je nivelisanjem terena sa veštačkim humkama, koje na mestima sadnje većih biljnih vrsta osiguravaju potrebnu dubinu supstrata [17]. Uzevši u obzir visine zgrada na kojima se sadnja odvija, ponekad je

potrebno sadnicu sidriti uz pomoć betonskih, ili kamenih utega koje se sakriju pod zemljom, ili se izvedu i koriste kao ukrasni element, formirajući oko stabla kamenjaru koja dodatno štiti od preteranog isušivanja zemlje u neprirodno tankom sloju.

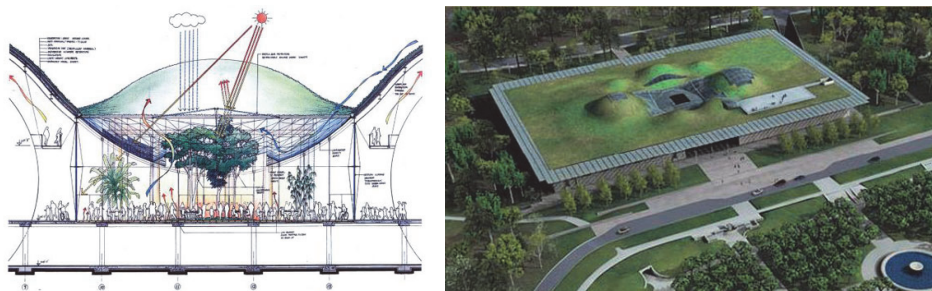
Budući da svi slojevi koji su potrebni za život biljaka nužno pretpostavljaju vlažnu okolinu, potrebno je građevinske slojeve krova formirati sa posebnom pažnjom.

Hidroizolacije, ma kako savršene bile, ne moraju nužno biti otporne na prorastanje korenja. Slaba tačka su spojnice [18]. Zato se preporučuje od proizvođača tražiti savet, da li je uz njihovu izolaciju potrebna protivkorenska zaštita, ili ne.

U klasičnom izvođenju ravnog krova, toplotna se izolacija nalazi ispod hidroizolacije, što znači manjak u njenoj mehaničkoj i toplotnoj zaštiti. Stoga se preporučuje u gradnji krovnih vrtova koristiti sistem obrnutog krova, sa upotrebom ekstrudiranog polistirena – jedine toplotne izolacije koja može provesti životni vek u mokrim uslovima, bez bitnog uticaja na njena toplotna svojstva.

## 6. EKLATANTNI PRIMERI IZ SVETSKE PRAKSE

Nova zgrada California Academy of Science ima ogroman zeleni krov, kao što je prikazano na slici 3. Estetika nije jedini kvalitet ovog zelenog krova. On je i praktičan: reguliše 2 000 000 galona kišnice, predstavlja odličnu izolaciju, poboljšava kvalitet vazduha, a uz to zahteva vrlo malo održavanja [19]. Na zgradi su primenjeni najnoviji sistemi za uštedu energije, za iskorišćenje prirodnog svetla i biogoriva. U novoj zgradi se nalaze akvarijum, planetarijum i izložbeni prostori.



*Slika 3. Akademija nauka Kalifornije, poprečni presek i izgled iz ptičije perspektive*

Jedan od najlepših zelenih krovova u svetu ima interesantna zgrada zvana “ACROS Fukuoka” u Fukuoka gradu [20], u Japanu. Izgrađena je na poslednjoj slobodnoj površini u gradskom centru. Tu su smeštene kancelarije, trgovine, muzej i pozorište sa 2000 sedišta. “Pogled na zgradu kao planinu, sa lepotama prirode kao temom; konfiguracija prostora i vegetacije je uklopljena tako da predstavlja promene četiri godišnja doba.” [21] Fukuoka zgrada ima dve veoma različite strane: jedna strana izgleda kao konvencionalna poslovna zgrada sa staklenim zidom, ali sa druge strane je ogroman zeleni krov i kaskade zidova koji se spuštaju u gradski park [22]. Terasaste bašte, koje se pružaju do 60 metara iznad zemlje, su dom za oko 35.000 biljaka predstavnika 76 različitih vrsta, kao i za insekte i ptice. Ogroman polukružni atrium i hodnik u obliku trianglera pružaju kontrast zelenilu, u prostoru su simfonijski hol, kancelarije i trgovine.

Zeleni krov omogućava da se u zgradi koristi mnogo manje energije nego u drugim zgradama slične veličine, jer zelenilo zadržava unutrašnju temperaturu na konstantnom nivou. Zgrada je vrlo popularna u Japanu: zelena terasasta južna fasada koristi mnogima u okolini za odmor i rekreaciju, pruža divan pogled na grad i luku, a predstavlja i turističku atrakciju [23]. Dizajn ACROS Fukuoka predlaže rešenje za veliki urbani problem: povezuje potrebu investitora za profitabilnim korišćenjem sa potrebom stanovnika u gradu za otvorenim zelenim prostorom i potrebu planete za zelenilom.

## 7. ZAKLJUČAK

Jedan od mogućih modaliteta održivog upravljanja projektima se ogleda u uvođenju inovativnih tehnologija ozelenjavanja, sa ciljem poboljšanja kvaliteta životne sredine u gradovima i povratka izgubljenoj ekološkoj ravnoteži. Danas povećani broj različitih gajenih biljnih vrsta daje velike mogućnosti za pokrivanje krovova, fasada i terasa cvjećem, drvećem, žbunjem i vinovom lozom. U referatu izloženi savremeni načini rešavanja ravnih krovova i fasada, pokazuju da gajenje biljaka na arhitektonskim objektima predstavlja prednost. Nove inovativne tehnologije zelenih fasada i krovova omogućava vlasnicima zgrada povećanu energetska efikasnost objekata, a time i brži povraćaj investicija.

Zeleni krovovi i fasade predstavljaju i mogućnost za značajne socijalne, ekonomske i ekološke prednosti. Zato su zeleni krovovi i fasade jedan od načina kojim se urbane sredine bore protiv globalnih klimatskih promena. Posebno su značajni zbog sve većeg nedostatka prostora za zelene površine u urbanim metropolama. Upotrebom zelenih krovova i fasada priroda se vraća u gradove, a životno okruženje se pretvara u prijatne domove, uz relativno male troškove, stvarajući humane uslove i kvalitetnu životnu sredinu.

## LITERATURA

- [1] Yang J, Yu Q, Gong P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric environment*. 2008;42:7266-73.
- [2] Castleton H, Stovin V, Beck S, Davison J. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and buildings*. 2010;42:1582-91.
- [3] Melissa Keeley, Technical University of Berlin, Incentivizing Green Roofs through Parcel-Based Stormwater Fees, april 2007. Minneapolis
- [4] Feng C, Meng Q, Zhang Y. Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive green roofs. *Energy and buildings*. 2010;42:959-65.
- [5] Rowe DB. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*. 2011;159:2100-10.
- [6] Zinzi M, Agnoli S. Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. *Energy and buildings*. 2012;55:66-76.
- [7] Getter KL, Rowe DB, Andresen JA. Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. *Ecological Engineering*. 2007;31:225-31.
- [8] Nagase A, Dunnett N. Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: effects of watering and diversity. *Landscape and urban planning*. 2010;97:318-27.
- [9] Stovin V. The potential of green roofs to manage urban stormwater. *Water and Environment Journal*. 2010;24:192-9.
- [10] Sailor DJ. A green roof model for building energy simulation programs. *Energy and buildings*. 2008;40:1466-78.

- [11] Hong T, Kim J, Koo C. LCC and LCCO 2 analysis of green roofs in elementary schools with energy saving measures. *Energy and buildings*. 2012;45:229-39.
- [12] Nikolić M, Stevović S. Family Asteraceae as a sustainable planning tool in phytoremediation and its relevance in urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2015;14:782-9.
- [13] Stevovic S, Mikovilovic VS, Dragosavac D. Environmental adaptability of tansy (*Tanacetum vulgare* L.). *African Journal of Biotechnology*. 2009;8.
- [14] Rezníčková L, Neubauerová J. Green roof—object to improve the environment in urban areas. *Towards tourism 2013*.77.
- [15] Beata M-P. Sustainable Landscape Between Buildings. *Advanced Engineering Forum*2014.
- [16] Pérez G, Rincón L, Vila A, González JM, Cabeza LF. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. *Applied Energy*. 2011;88:4854-9.
- [17] Sheweka SM, Mohamed N. Green facades as a new sustainable approach towards climate change. *Energy Procedia*. 2012;18:507-20.
- [18] Köhler M. Green facades—a view back and some visions. *Urban Ecosystems*. 2008;11:423-36.
- [19] Taylor R. Green roofs turn cities upside down. *Ecos*. 2008;2008:18-21.
- [20] Goto K, Gotoh K. Some examples of roof or wall planting works and temperature measurement of planted vegetation. *長崎大学工学部研究報告*. 2002;32:135-40.
- [21] Berndtsson JC, Bengtsson L, Jinno K. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. *Ecological Engineering*. 2009;35:369-80.
- [22] Giddings B, Hopwood B, O'brien G. Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. *Sustainable Development*. 2002;10:187-96.
- [23] Burton E, Jenks M, Williams K. *The compact city: a sustainable urban form?*: Routledge; 2003.