

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

DIPLOMSKO DELO

**ZELENE STREHE: PREGLED NAČINOV IZVEDBE IN  
EKOSISTEMSKIH STORITEV V URBANEM OKOLJU**

SAŠO VREČIČ

VELENJE, 2014



**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

DIPLOMSKO DELO

**ZELENE STREHE: PREGLED NAČINOV IZVEDBE IN  
EKOSISTEMSKIH STORITEV V URBANEM OKOLJU**

**GREEN ROOFS: OVERVIEW OF IMPLEMENTATION AND  
THEIR ECOSYSTEM SERVICES IN URBAN ENVIRONMENT**

SAŠO VREČIČ

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: doc. dr. Maja Zupančič Justin

VELENJE, 2014



Priloga 2: Sklep o diplomskem delu



Številka: 726-23/2012-2

Datum in kraj: 30. 10. 2012, Velenje

Na podlagi Diplomskega reda

izdajam

---

**SKLEP O DIPLOMSKEM DELU**

Študent-ka VŠVO

**Sašo Vrečič**

lahko izdela diplomsko delo pri predmetu: Uvod v okoljske tehnologije

Mentor-ica: doc. dr. Maja Zupančič Justin

Somentor-ica: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Naslov diplomskega dela v slovenskem jeziku: Zelene strehe: Pregled načinov izvedbe in ekosistemskih storitev v urbanem okolju

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku: Green roofs: Overview of types of construction and ecosystem services in the urban environment

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z Navodili za izdelavo diplomskega dela.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na Senat v roku 3 delovnih dni.



Dekanica  
doc. dr. Natalija Špeh



## **MENTORSTVO IN IZJAVA O AVTORSTVU:**

Podpisani Sašo Vrečič, študent Visoke šole za varstvo okolja, izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom: Zelene strehe: pregled načinov izvedbe in ekosistemskih storitev v urbanem okolju. Diplomsko delo je nastalo pod mentorstvom doc. dr. Maje Zupančič Justin.

S podpisom zagotavljam:

- da je diplomsko delo rezultat mojega samostojnega dela ob pomoči in usmeritvah mentorice
- da je vsa literatura, uporabljena v diplomskem delu, ustrezno citirana in navedena v seznamu virov po navodilih diplomskega reda fakultete (maj 2012)
- da je diplomsko delo lektorirano in ustrezno urejeno skladno z navodili diplomskega reda (maj 2012).

Velenje, 27.8.2014

Sašo Vrečič

## **ZAHVALA**

Najprej bi se rad zahvalil mentorici, doc. dr. Maji Zupančič Justin, za sodelovanje, prijaznost, strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge. Prav tako se zahvaljujem direktorju podjetja Aurig, mag. Tadeju Ianu, za vse informacije ter g. Gregu Antolič, za predstavitev zelene strehe. Zahvala gre tudi vsem ostalim, ki so na kakršenkoli način sodelovali pri izdelavi moje diplomske naloge. Hvala!



## IZVLEČEK

V diplomskem delu sem na splošno opisal zgodovinski razvoj zelenih streh. Predstavil sem različne načine ozelenitve streh, kot sta za vzdrževanje nezahtevni ekstenzivna ozelenitev in ozelenitev s samoraslim rastlinjem ter intenzivna ozelenitev z grmičevjem in drevesi. Podal sem različne načine izvedbe ravnih in poševnih zelenih streh z različnimi načini umeščanja toplotne in hidroizolacije ter predizdelane module, ki omogočajo enostavno namestitvev.

Skozi pregled literature sem se seznanil z negativni vplivi gosto pozidanih mest, ki se kažejo v pomanjkanju zelenih površin in s tem naravnih habitatov, nižji zmogljivosti zadrževanja vode v tleh in s tem hitrejšem odtoku meteornih voda ter zato vse pogostejših poplaval, spremenjeni mikroklimi, večji onesnaženosti zraka idr.. Opravil sem pregled ekosistemskih storitev ter podrobneje predstavil tiste, ki jih najdemo na zelenih strehah. Ugotovil sem, da z umeščanjem zelenih površin v obliki zelenih streh nazaj v grajena okolja ugodno vplivamo na ljudi in okolje. Pregled je pokazal, da lahko v poletnem času nad zeleno streho v primerjavi s klasičnimi strehami dosežemo do polovico nižje temperature in s tem manjše pregrevanje prostorov. Pozitivni učinki se kažejo tudi v čiščenju zraka, saj lahko en kvadratni meter zelene strešne površine na leto odstrani 0,2 kg prašnih delcev iz zraka in absorbira 5 kg CO<sub>2</sub>. Prav tako pa so zelene strehe v povprečju za 8 dB učinkovitejše pri zmanjšanju hrupa od klasičnih ravnih streh.

Kljub nekoliko višjim investicijskim stroškom se gradnja zelenih streh zaradi dodatnih ekosistemskih storitev obrestuje. V slovenskem prostoru se zelene strehe vgrajujejo, vendar pa njihovo večjo uporabo omejuje zakonodaja z omejitvami na področju izvedbe ravnih streh.

**Ključne besede:** zelene strehe, intenzivna ozelenitev, ekstenzivna ozelenitev, substrat, ekosistemske storitve.

## **ABSTRACT**

My thesis gives a general outline of the historical development of green roofs. I presented various roof greening methods such as low maintenance methods of extensive vegetation and spontaneous vegetation as well as intensive vegetation with shrubs and trees. I listed various methods of implementation of flat and sloped green roofs by using various methods of installing thermal insulation and waterproofing as well as prefabricated modules allowing easy installation.

While reviewing the sources, I learned about negative impacts of densely built-up cities manifesting as lack of green areas and, thus, natural habitats, in lower capacity of water retention in soil and faster drainage of stormwater, resulting in more frequent floods, changed microclimate, higher air pollution, etc. I did an overview of ecosystem services and prepared a more detailed presentation of those found in green roofs. I found that bringing green areas in form of green roofs back to built-up environments has a favourable impact on people and on the environment. The review has shown that during summer, temperatures above a green roof can be up to one half lower than those above conventional roofs, which also results in lower overheating of rooms. Positive effects are also reflected in purification of air: one square meter of green roof surface can remove 0.2 kg of dust particles from air and absorb 5 kg of CO<sub>2</sub> per year. Furthermore, noise reduction efficiency of green roofs is on average 8 dB higher than the efficiency of conventional flat roofs.

Despite slightly higher investment costs, the construction of green roofs pays off due to additional ecosystem services. In Slovenia, green roofs are being installed, but their more extensive use is restricted by the legislation, i.e. by means of restrictions in the area of implementation of flat roofs.

**Key words:** green roof, intensive vegetation, extensive vegetation, substrate, ecosystem services.

## KAZALO

<b>1 UVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 OPIS PROBLEMA</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2 NAMENI IN CILJI NALOGE</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3 DELOVNA HIPOTEZA</b> .....	<b>11</b>
<b>1.4 MATERIALI IN METODE</b> .....	<b>11</b>
<b>2 ZGODOVINA ZELENIH STREH</b> .....	<b>12</b>
<b>3 SESTAVA ZELENE STREHE</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 VEGETACIJSKI SLOJ</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 SUBSTRAT</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3 FILTRIRNI SLOJ</b> .....	<b>16</b>
<b>3.4 DRENAŽNI IN VODOZADRŽEVALNI SLOJ</b> .....	<b>16</b>
<b>3.5 HIDROIZOLACIJA IN PROTIKORENINSKA ZAŠČITA</b> .....	<b>17</b>
<b>3.6 TOPLOTNA IZOLACIJA</b> .....	<b>17</b>
<b>4 IZVEDBA ZELENIH STREH</b> .....	<b>18</b>
<b>4.1 RAVNE ZELENE STREHE</b> .....	<b>18</b>
<b>4.1.1 Sistem tople ravne strehe</b> .....	<b>18</b>
<b>4.1.2 Sistem obrnjene ravne strehe</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2 POŠEVNE ZELENE STREHE</b> .....	<b>20</b>
<b>4.3 POSEBNI SISTEMI ZELENIH STREH</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3.1 Sistem Green Paks</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3.2 Sistem Green roof blocks</b> .....	<b>23</b>
<b>5 VRSTE OZELENITVE</b> .....	<b>24</b>
<b>5.1 EKSTENZIVNA OZELENITEV</b> .....	<b>24</b>
<b>5.1.1 Nabor rastlin, primernih za ekstenzivno ozelenitev</b> .....	<b>25</b>
<b>5.2 BIOTOPSKA OZELENITEV</b> .....	<b>27</b>
<b>5.3 INTENZIVNA OZELENITEV</b> .....	<b>28</b>
<b>5.3.1 Nabor rastlin, primernih za intenzivno ozelenitev</b> .....	<b>30</b>
<b>6 VPLIV ZELENIH STREH NA EKOSISTEMSKE STORITVE V URBANEM OKOLJU</b> .....	<b>32</b>
<b>6.1 EKOSISTEMI IN EKOSISTEMSKE STORITVE</b> .....	<b>32</b>
<b>6.1.1 Podporne storitve</b> .....	<b>32</b>
<b>6.1.2 Oskrbovalne storitve</b> .....	<b>32</b>
<b>6.1.3 Uravalne storitve</b> .....	<b>33</b>
<b>6.1.4 Kulturne storitve</b> .....	<b>33</b>
<b>6.2 EKOSISTEMSKE STORITVE ZELENIH STREH</b> .....	<b>34</b>

6.2.1 Padavinske vode .....	34
6.2.1.1 Zadrževanje in shranjevanje deževnice.....	34
6.2.1.2 Čiščenje deževnice .....	34
6.2.2 Uravnavanje temperature in izboljšanje mikroklima .....	35
6.2.3 Vezava prašnih delcev ter čiščenje zraka.....	36
6.2.4 Zvočna izolacija .....	36
6.2.5 Energijska učinkovitost.....	37
6.2.6 Habitatna funkcija .....	38
6.2.7 Primarna produkcija in vezava CO <sub>2</sub> .....	38
6.2.8 Psihološki vpliv .....	39
7 PRIMERJAVA EKOSISTEMSKIH STORITEV GRAJENIH IN ZELENIH STREH .....	40
8 UMEŠČANJE ZELENIH STREH V SLOVENSKO OKOLJE .....	42
8.1 ZELENE STREHE V SLOVENIJI .....	43
9 PRIHRANEK VODE .....	48
10 INVESTICIJA.....	48
11 SKLEP .....	49
12 POVZETEK .....	50
13 SUMMARY .....	51
14 VIRI IN LITERATURA.....	52
15 PRILOGE.....	55

## KAZALO SLIK

Slika 1: Babilonski viseči vrtovi .....	12
Slika 2: Zgornja trdnjava – Fort Hermann.....	13
Slika 3: Zaporedje slojev v naravi.....	14
Slika 4: Zvijanje vegetacijske preproge .....	15
Slika 5: Prikaz različnih debelin substrata .....	15
Slika 6: Filtrirni sloj .....	16
Slika 7: Vodozadrževalni sloj .....	16
Slika 8: Protikoreninska zaščita .....	17
Slika 9: Ekstrudirani polistiren .....	17
Slika 10: Prerez tople, ekstenzivno ozelenjene ravne strehe.....	18
Slika 11: Prerez tople, intenzivno ozelenjene ravne strehe .....	19
Slika 12: Prerez obrnjene, intenzivno ozelenjene ravne strehe .....	19
Slika 13: Prerez obrnjene, ekstenzivno ozelenjene ravne strehe .....	20
Slika 14: Poševna zelena streha .....	20
Slika 15: Prerez zelene poševne strehe.....	21
Slika 16: Sistem Georaster zasaditve poševne strehe .....	21
Slika 17: Sistem Green Paks .....	22
Slika 18: Končni izgled Green Paks sistema .....	22
Slika 19: Sistem Green roof blocks .....	23
Slika 20: Enostavna postavitve sistema Green roof blocks .....	23
Slika 21: Ista streha slikana od julija do decembra.....	24
Slika 22: Primer biotopske ozelenitve na poševni strehi.....	27
Slika 23: Intenzivna ozelenitev .....	28
Slika 24: Zeliščni vrt .....	28
Slika 25: Vrt na strehi.....	29
Slika 26: Pešpoti ter dovozi .....	29
Slika 27: Solarni vrt.....	30
Slika 28: Prikaz zadrževanja in čiščenja deževnice .....	34
Slika 29: Prikaz izhlapevanja vode.....	35
Slika 30: Temperaturna razlika med klasično in zeleno streho .....	35
Slika 31: Prikaz vezave prašnih delcev na zeleni strehi .....	36
Slika 32: Prikaz zvočne izolacije zelene strehe .....	36
Slika 33: Prikaz energijske učinkovitosti zelene strehe.....	37
Slika 34: Prikaz habitatne funkcije zelene strehe .....	38
Slika 35: Prikaz fotosinteze .....	39
Slika 36: Sprostitev na zeleni strehi .....	39
Slika 37: Zelena streha na objektu Farmadent v Mariboru .....	42
Slika 38: Zelena streha v Šentjurju.....	43
Slika 39: Ekstenzivna ozelenitev .....	44
Slika 40: Ekstenzivna ozelenitev .....	44
Slika 41: Zelena streha v Rogaški Slatini .....	45
Slika 42: Biotopska ozelenitev .....	45
Slika 43: Zelena streha na parkirni hiši v Rogaški slatini .....	46
Slika 44: Ureditve parka ter pešpoti .....	46
Slika 45: Ekstenzivna ozelenitev .....	47

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Nabor rastlin, primernih za ekstenzivno ozelenitev (Vir: Aurig, 2010) .....	25
Tabela 2: Nabor rastlin, primernih za intenzivno ozelenitev (Vir: Aurig, 2010) .....	30
Tabela 3: Primerjava ekosistemskih storitev med grajeno in zeleno streho .....	40
Tabela 4: Primerjava tehničnih lastnosti med grajeno in zeleno streho .....	41

## 1 UVOD

### 1.1 OPIS PROBLEMA

Infrastruktura v mestih pokriva vedno večji delež naravnih tal, negativni vplivi tega pa se kažejo v pomanjkanju zelenih površin, spremenjeni mikroklimi, večji onesnaženosti zraka, hitrejšem odtoku meteornih voda, zmanjševanju rastlinskih in živalskih vrst ter njihovih habitatov itd.. V zadnjem času ozelenitev streh v svetu doživlja velik vzpon, najbolj v Nemčiji, Severni Ameriki, Avstraliji in na Japonskem. Pozitivni učinki so namreč večnamenski: dosežemo lahko zmanjšanje obremenitve padavinskega odtoka kot tudi počasnejši odtok meteornih voda, rastlinje ugodno vpliva na mikroklimo in zniževanje temperatur v poletnih mesecih. Pozitiven vpliv se izkazuje tudi pri toplotni izolaciji stavb, zmanjševanju hrupa ter zračnega onesnaženja itd.. Z umeščanjem zelenih streh v mesta lahko naravi vsaj delno povrnemo, kar smo ji s pozidanimi površinami odvzeli.

### 1.2 NAMENI IN CILJI NALOGE

- Opravil bom pregled različnih načinov izvedb ozelenitve streh. Med drugim bom predstavil tehnike ozelenitve, kot so: ekstenzivna ozelenitev z rastlinami, katerih vzdrževanje je nezahtevno, ozelenitev s samoraslim rastlinjem, tako imenovana biotopska ozelenitev, ki ne potrebujejo vzdrževanja ter intenzivna z grmičevjem in drevesi.
- Pregledal bom kakšne so ekosistemske storitve in prednosti umeščanja zelene infrastrukture, kot so zelene strehe, v urbano okolje. Opredeljene ekosistemske storitve, kot so primarna produkcija in s tem vezava CO<sub>2</sub>, habitatna funkcija, zadrževanje in čiščenje vode, vezava prašnih delcev itd., bom nadalje ovrednotil oziroma primerjal s standardnimi inženirskimi rešitvami.
- Podal bom možnost umeščanja tovrstne infrastrukture v slovensko okolje.

### 1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Osnovna delovna hipoteza, iz katere izhajam, je, da ima umeščanje zelenih streh v urbano okolje večstranske pozitivne učinke na okolje kot tudi pozitivne učinke na energetsko učinkovitost stavb.

### 1.4 MATERIALI IN METODE

Pri izdelavi diplomske naloge sem najprej opravil pregled različne domače in tuje strokovne literature, internetnih virov ter sektorske zakonodaje. Obrnil sem se na slovensko podjetje Aurig, ter preko spleta izvedel kratek intervju z direktorjem mag. Tadejem Ian. Intervjuval sem g. Grega Antolič, kateri je lastnik ravne zelene strehe, ki jo je postavilo prej omenjeno podjetje. Viri, ki sem jih uporabil so strokovni in znanstveni članki, kateri so v večji meri dostopni na internetu, saj so zelene strehe v Sloveniji še v razvoju. Nato sem na podlagi pridobljenih podatkov izvedel primerjalno analizo med klasično in zeleno streho na podlagi izvedbe, vpliva na okolje ter ekosistemskih storitev in investicijskega stroška. Kot rezultat naloge bom prikazal prednosti in slabosti obeh sistemov.

Moj cilj diplomske naloge pa je, podati odgovore na naslednja vprašanja:

- Kolikšen je prihranek pri energiji, če streho pokrijemo z zeleno streho?
- Koliko deževnice lahko prestrežemo in jo uporabimo za zalivanje ter druge koristne namene na letni ravni? Kolikšen bi bil prihranek pri pitni vodi?
- Kolikšna je investicija v zeleno streho v primerjavi s streho klasične izvedbe?

## 2 ZGODOVINA ZELENIH STREH

### 2.1 ZAČETKI ZELENIH STREH

Začetki zelenih streh segajo daleč v najstarejše čase človeške zgodovine, v novo kameno dobo, in sicer v severozahodno Azijo, približno 10.000 let nazaj, kjer so zelene površine pokrivalo jame, votline in druga naravna človekova zavetišča. Na Irskem so leta 3200 pred našim štetjem s travno streho pokrili grobišče Newgrange. V stari Grčiji so z zeleno streho zaščitili zakladnice, podzemne grobnice in druge kulturne zgradbe. Takšen primer je iz leta 1350 pred našim štetjem Atrejeva zakladnica v Mikenah ter iz leta 900 pred našim štetjem viseči vrtovi v Babilonu (Slika 1), kjer so v zeleno streho vključili tudi namakalni sistem ter so bili kot kulturna znamenitost uvrščeni na seznam svetovnih čudes starega veka (Kunič 2008, str. 30).



Slika 1: Babilonski viseči vrtovi (Vir: Oblak, 2012)

Izredno razširjene pa so bile zelene strehe v Skandinaviji, Kanadi in na Islandiji že v času Vikingov, ko so s travo prekrute strehe uporabljali za zaščito pred ekstremnim mrazom in so pod imenom Grassboden v uporabi še danes. V vzhodni Afriki, Sibiriji in Severni Ameriki so zelene strehe izkoristili za zaščito bivališč v različnih vremenskih obdobjih (Brunšek 2010, str. 24).

Po zapisih iz zgodovine lahko razberemo, da je v času carske Rusije Kremelj imel več kot šest hektarjev ozelenjenih streh, ki so jih nato odstranili med rekonstrukcijo leta 1733. Še danes pa lahko najdemo ozelenjene strešne vrtove v Sankt Petersburgu, ki jih je dala zgraditi Katarina Velika s pomočjo italijanskega arhitekta Rastrellija (Kunič 2012, str. 114).

Iz 19. stoletja lahko v Berlinu in okolici najdemo lesene objekte, ki so jih kmetje s humusom in ozelenitvijo ščitili pred ognjem (prav tam).



## 2.2 RAZVOJ SODOBNIH ZELENIH STREH

Prvi pojav sodobnih streh, kot jih poznamo danes, je nastal spontano, in sicer v času 1. svetovne vojne, ko so vojašnice, trdnjave ter druge objekte skrivali pred nasprotniki tako, da so jih pokrili z vegetacijo (Kunič 2012, str. 115), kar je razvidno s slike 2.



Slika 2: Zgornja trdnjava – Fort Hermann (Vir: Klavora idr., 2008 )

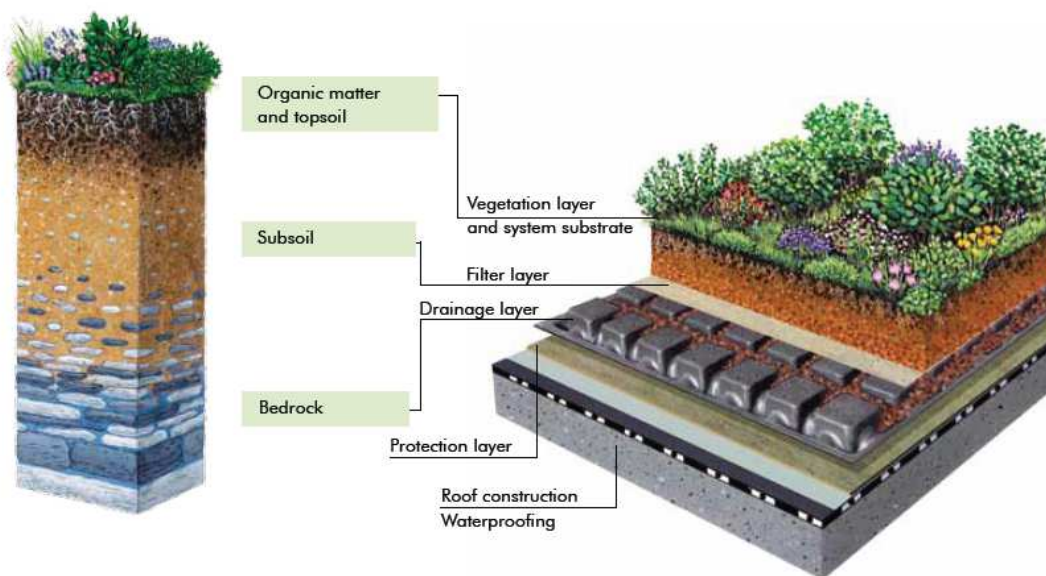
Prve raziskave ozelenitve streh je leta 1957 objavil Reinhard Borkamm, botanik iz Göttingena, v članku Botanične analize sedemintridesetih zaraščenih streh, kar se je kasneje izkazalo kot temelj študije ozelenitve streh (prav tam).

Leta 1975 je bila ustanovljena FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau), vplivna raziskovalna družba za krajinski razvoj in konstrukcijo. Tri leta kasneje so ustanovili podkomite Tehnologija vegetacije ozelenjenih površin stanovanjskih območij, namen katerega je bil raziskava vegetacije na strehah. Sestavljalo ga je od 20 do 30 strokovnjakov, ki so delovali na področjih krajinske arhitekture, hortikulture ter raziskovanja. Njihov glavni namen je bil, prepoznati ekološke prednosti ozelenjenih streh ter sam koncept le-teh. Prvi priročnik o ozelenitvi streh so leta 1982 izdali FLL, kjer so predstavili osnovna načela gradnje zelenih streh, ki so v uporabi še danes (Mamič 2010, str. 1).

Vrhunec širjenja zelenih streh pa se je zgodil leta 1984 predvsem v nemško govorečih deželah Evrope, ko je skozi Nemčijo potovala vplivna ekshibicija, imenovana Grün kaputt (Zeleno uničeno). Predstavniki ekshibicije so bili proti razvrednotenju okolja, predvsem zaradi vseh izgubljenih travnatih ter gozdnih površin, ki so jih zamenjali beton, aluminij in PVC. Najprej je to predstavljalo predvsem estetski problem, kasneje pa predvsem problem z okoljevarstvenega vidika. To ekološko gibanje je preraslo v vplivno silo, ki je delovala pod sloganom »back to nature« (nazaj k naravi) in si kot zelena stranka v parlamentu priborila prostor in pustila velik pečat na javni politiki. Dosegli so zakonsko podporo pri graditvi zelenih streh ter zagotovili subvencije pri gradnji in zmanjšali pristojbine. To gibanje je bila velika prelomnica za zelene strehe, saj je pripomoglo ter še povečalo vpliv ekološkega ter estetskega odnosa do grajenega okolja. Poleg Nemčije pa so v tem času veliko prispevale tudi države Severne Amerike, Avstralija in Japonska (Brunšek 2010, str. 24; Ilešič 2010, str. 4).

### 3 SESTAVA ZELENE STREHE

Pri izvedbi zelenih streh je pomembno, da sloje čim bolj približamo zaporedju plasti, kot jih najdemo v naravi. Najbolj problematično je nadomestiti debelino podtalnega sloja (Planning guide). Primerjava plasti v naravi s sloji na strehi je lepo razvidna s Slike 3.



Slika 3: Zaporedje slojev v naravi (Vir: Wark, 2003)

#### 3.1 VEGETACIJSKI SLOJ

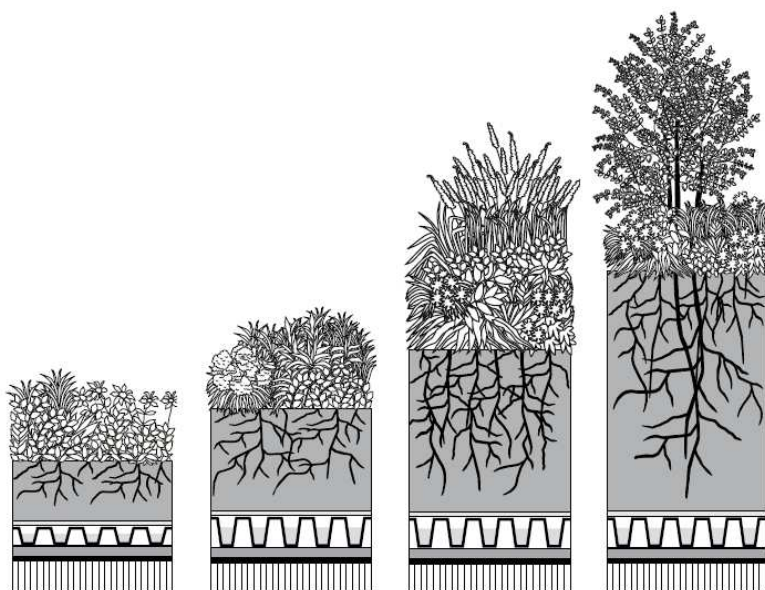
Pri izboru rastlin za vegetacijski sloj moramo upoštevati predvsem odpornost rastlin na klimatske razmere. Da pa dosežemo zeleni končni rezultat, moramo upoštevati tudi velikost, obliko, barve, teksture, količino ter zaraščenost rastlin. Zaradi biološke raznolikosti je priporočljiva izbira več različnih, vendar po zahtevnosti sorodnih rastlin. Poznamo različne načine sejanja, pri čemer ločimo med suhim in mokrim sejanjem. Pri mokrem načinu sejanja mešanico semen skupaj z gnojilom nabrizgamo po površini, pri suhem pa semena prosto raztresemo po površini. Pri sajenju je pomembno, da izberemo rastline, ki omogočajo kasnejše razmnoževanje. Lahko pa uporabimo tudi sistem vegetacijske preproge, na kateri so rastline že dobro zaraščene ter imajo dobro prepletene korenine in so zato primerne za strehe z večjimi nakloni (Wark 2003; Kunič 2008a, str. 42–43). Zvijanje vegetacijske preproge lahko vidimo na sliki 4.



Slika 4: Zvijanje vegetacijske preproge (Vir: Planning guide)

### 3.2 SUBSTRAT

Na zelenih strehah se ne uporablja naravnega humusa, saj zemljina v naravi ni homogena in zato nepredvidljivo vpliva na rastline. Način priprave rastnega substrata prilagajamo glede na izbiro vegetativnega sloja. Vsebovati mora primerno količino hranil, da ne pride do prekomernega zaraščanja ali odmiranja rastlin, saj preveč hranil v substratu škodljivo vpliva na rastlinske vrste, ki so navajene na skromna tla in hkrati povzročajo intenzivno rast rastlinskih vrst, kot so plevel in druge rastline, katerih semena prinašajo veter in ptiči. Vloga substrata ni le v zagotavljanju mineralnih rastlinskih hranil, ampak ima tudi funkcijo zračenja in zadrževanja vlage. V ta namen se v substrat dodajajo ekspanzirana glina, skrilavec in minerali. Najmanjša debelina substrata je med 5 in 7 cm, za izbrane rastlinske vrste do samo 3 cm. Pri intenzivni ozelenitvi je debelina substrata vsaj 25 cm, pa vse do največje debeline, ki ni omejena, in v praksi znaša tudi preko 120 cm. Priporočljiva pH vrednost je med 6,5 in 8. Za spodnje sloje se priporočajo višje vrednosti, med 7 in 8,5, ker se sčasoma povečuje stopnja kislosti substrata (Wark 2003; Kunič 2008a, str. 43–44).



Slika 5: Prikaz različnih debelin substrata (Vir: Green roof handbook)

### 3.3 FILTRIRNI SLOJ

Je ločilni sloj, ki preprečuje izpiranje zemljin, peska, substrata in drugih delcev v drenažni sloj in nato v odtok. Materiali, ki se največkrat uporabljajo za filtrirni sloj, so poliestrski filci, gramature od 150 do 200 g/m<sup>2</sup> z odpornostjo na preboj (Kunič 2007, str. 131).



Slika 6: Filtrirni sloj (Vir: medmrežje 6)

### 3.4 DRENAŽNI IN VODOZADRŽEVALNI SLOJ

Drenažni sloj je namenjen odvajanju odvečne meteorne vode v odtok. Izdelan je lahko iz različnih materialov in sicer iz peska, drobljencev ter recikliranega drobirja iz opeke. Za daljša sušna obdobja pa je dobro, da se čim večji delež meteorne vode zadrži za potrebe vegetacije. Cenovno ugodna rešitev, s katero lahko nadomestimo namakalni sistem, je pasivni vodozadrževalni sistem, ki deluje brez posebne regulacije, naprav in dovajanja energije. Najpogosteje se uporabljajo posebej oblikovane čašice, ki jih lahko vidimo na sliki 7, posebne pene ter umetne gobe (Kunič 2007, str. 132).



Slika 7: Vodozadrževalni sloj (Vir: medmrežje 6)

### 3.5 HIDROIZOLACIJA IN PROTIKORENINSKA ZAŠČITA

Osnovna funkcija strehe je, da prepreči pronicanje vode v stavbo. Pri zelenih strehah to zagotovimo s slojem hidroizolacije in protikoreninske zaščite, ki preprečuje prodor korenin skozi sloje zelene strehe. Zelo pomembno je, da korenine ne prodrejo skozi toplotno ter hidro izolacijo in parno zaporo. Današnji tehnološko bolj razviti materiali omogočajo združitev teh dveh slojev v hidroizolacijsko membrano, ki je hkrati tudi protikoreninska zaščita. Da zagotovimo stoddostno vodotesnost, je pri polaganju treba paziti na kakovost spojev, ki se morajo prekrivati vsaj za 10 cm (Wong 2011).



Slika 8: Protikoreninska zaščita (Vir: Knaufinsulation)

### 3.6 TOPLOTNA IZOLACIJA

Izbira toplotne izolacije je odvisna od sistema zelene strehe. Kot bomo videli v nadaljevanju, lahko izbiramo med toplo in obrnjeno ravno streho. Pri topli ravni strehi je toplotna izolacija zaščitena s slojem hidroizolacije tako, da se lahko poslužujemo klasičnih toplotnoizolacijskih materialov, kot so kamena volna ter EPS – ekspanzirani polistiren. Pri obrnjeni ravni strehi pa je hidroizolacija zaščitena pod slojem toplotne izolacije, zato je pomembno, da izberemo toplotno izolacijo, ki je lahko v neposrednem stiku z vodo. Primerna izbira je ekstrudirani polistiren – XPS, ki ima zaradi posebnega proizvodnega postopka zaprte celice in praktično ne vpija vode. Je tudi zelo dober toplotni izolator, saj ima nizko toplotno prehodnost, prenaša visoke obremenitve in je zato primeren za pohodne strehe (Kunič 2008a, str. 43).



Slika 9: Ekstrudirani polistiren (Vir: Kunič, 2008)

## 4 IZVEDBA ZELENIH STREH

Današnji moderni sistemi zelenih streh omogočajo ozelenitev tako ravnih kot tudi poševnih streh. Poševne strehe je mogoče ozeleniti do naklona 35 stopinj, s posebno tehnologijo tudi do naklona 45 stopinj. Med ravne strehe pa uvrščamo strehe z naklonom med 2 in 15 stopinj, z ustreznim drenažnim sistem pa lahko ozelenimo tudi strehe brez naklona. Prav vsako pa je treba primerno zavarovati pred vlago in vodo, jo izolirati in pripraviti na ozelenjevanje (Marin 2011, str. 37).

### 4.1 RAVNE ZELENE STREHE

Ravne strehe lahko izdelamo po različnih sistemih. Lahko so pohodne ali nepohodne, izbiramo pa lahko med različnimi vrstami ozelenitve, namenu katere pa je treba prilagoditi nosilnost strešne konstrukcije. Ne glede na izbiro sistema moramo zagotoviti pravilno uporabo hidro in toplotno izolacijskih materialov, da preprečimo prodiranje vode v notranje plasti strehe ter naprej v prostore pod njo in da zagotovimo toplotno stabilnost in preprečimo pregrevanje (Nemanič 2011, str. 26).

#### 4.1.1 Sistem tople ravne strehe

Tople ravne strehe so narejene po sistemu klasične ravne strehe, kjer je toplotna izolacija pred vlago zaščitena s hidroizolacijo kot zaključnim slojem. Slabost takšnega zaporedja slojev je v tem, da je hidroizolacija izpostavljena UV žarkom, mehanskim poškodbam ter temperaturnim spremembah, kar skrajša njeno življenjsko dobo in posledično celotnega sistema. Zato je priporočljivo, da se hidroizolacija zaščiti s slojem substrata in vegetacije (prav tam), kar lahko vidimo na slikah 10 in 11.



Slika 10: Prerez tople, ekstenzivno ozelenjene ravne strehe (Vir: medmrežje 10)



Slika 11: Prerez tople, intenzivno ozelenjene ravne strehe (Vir: medmrežje 10)

#### 4.1.2 Sistem obrnjene ravne strehe

Obrnjena ravna streha je nadgradnja tople strehe in omogoča, da brez dodatnih stroškov pridobimo novo koristno površino, saj so zelene strehe v takšni izvedbi pohodne. Zagotavljajo daljšo življenjsko dobo strehe, ker je hidroizolacija zaščitena pred ekstremnimi vplivi in mehanskimi poškodbami. Zaščitimo jo tako, da toplotno izolacijo postavimo nad njo, jo obtežimo z drenažnim slojem ter substratom in na koncu z vegetacijo (Nemanič 2011, str. 26), kar je lepo razvidno s slik 12 in 13.



Slika 12: Prerez obrnjene, intenzivno ozelenjene ravne strehe (Vir: medmrežje 10)



Slika 13: Prerez obrnjene, ekstenzivno ozelenjene ravne strehe (Vir: medmrežje 10)

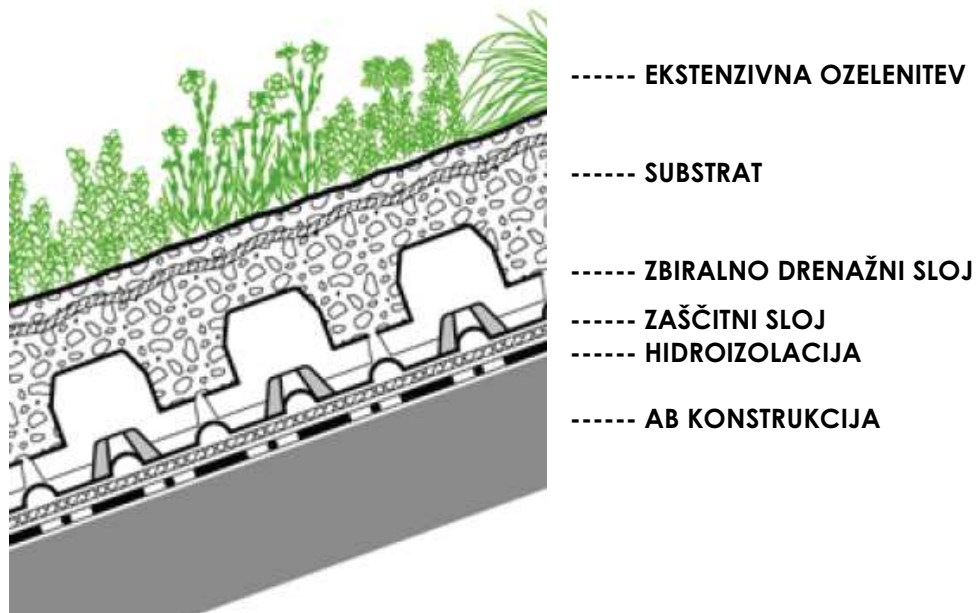
#### 4.2 POŠEVNE ZELENE STREHE

Ozelenitev poševnih zelenih streh v Sloveniji še ni tako dobro uveljavljena kot je v tujini, čeprav lahko tudi pri nas najdemo ponudnike, ki zagotavljajo kakovostno izvedbo ozelenitve poševne strehe. Glede na višino izbranega naklona moramo izbrati pravo tehnologijo, ki bo preprečila erozijo substrata, onemogočila možnost zdrsa plasti ozelenjenih streh ter zadržala deževnico, da ne bo prosto odtekala (Kunič 2008, str. 13).



Slika 14: Poševna zelena streha (Vir: medmrežje 1)





Slika 15: Prerez zelene poševne strehe (Vir: Planning guide)

Pri ozelenitvi poševne strehe med 20 in 35-stopinjskimi nakloni se uporabljajo posebni sistemi, imenovani Georaster. Narejeni so iz recikliranega polietilena in se lahko vgrajujejo brez posebnega orodja in zagotavljajo fiksno konstrukcijo. Je lahko dostopna in se preprosto napolni z želenim substratom. Zagotavljajo dovolj prostora za rast ter razvoj rastlin in preprečujejo zdrs substrata (Planning guide).



Slika 16: Sistem Georaster zasaditve poševne strehe (medmrežje 6)

### 4.3 POSEBNI SISTEMI ZELENIH STREH

Poleg klasične ekstenzivne in intenzivne ozelenitve pa lahko najdemo kar nekaj drugačnih sistemov zelene strehe, ki so lahki za postavitve ter vzdrževanje.

#### 4.3.1 Sistem Green Paks

Je sistem, ki je zelo enostaven za postavitev ter cenovno ugoden. Vsak Green Pak posebej predstavlja zaprti modul, ki je izdelan iz gosto tkane mreže iz polietilena in napolnjen z rastnim substratom debeline 10 cm. Ko imamo postavljene vse module, se na koncu nasadijo še izbrane rastline. Takšen sistem je primeren za ekstenzivno ozelenitev (medmrežje 9).



Slika 17: Sistem Green Paks (Vir: medmrežje 9)



Slika 18: Končni izgled Green Paks sistema (Vir: medmrežje 9)

#### 4.3.2 Sistem Green roof blocks

Je sistem, ki ponuja enostavno rešitev na zeleni strehi. Green roof blocks so zaprti aluminijasti moduli, ki so že zasajeni in jih je treba le položiti po strehi (medmrežje 9).



Slika 19: Sistem Green roof blocks (Vir: medmrežje 9)



Slika 20: Enostavna postavitve sistema Green roof blocks (Vir: medmrežje 9)

## 5 VRSTE OZELENITVE

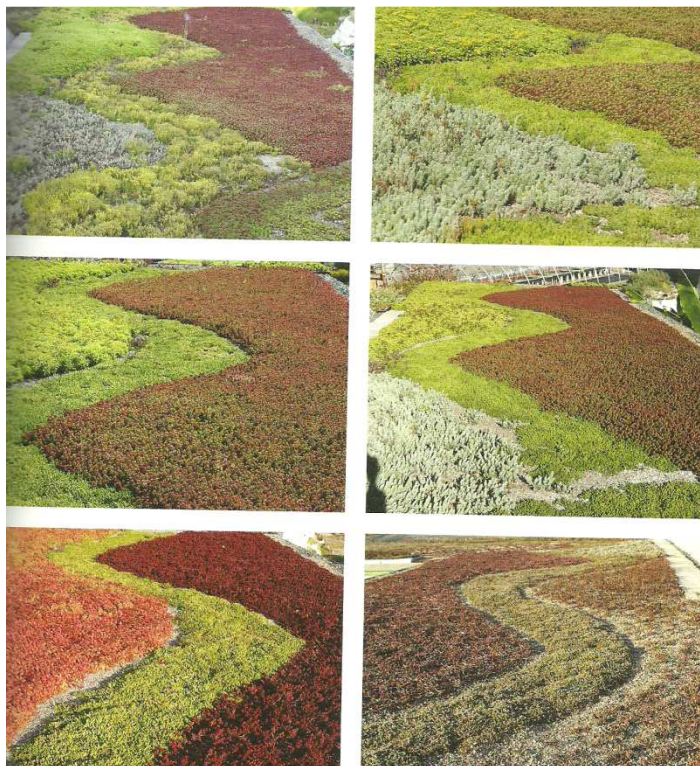
Obstajata dve osnovni vrsti zelenih streh s številnimi izvedbenimi kombinacijami. Prva vrsta je ekstenzivna ozelenitev strehe, za katero bi lahko rekli, da je ekološka alternativa za drobljenec in tlakovce, ki se uporabljajo za zaščito hidroizolacije na strehah. Osnovna prednost te vrste ozelenitve je, da je zaradi nizke višine substrata sama obremenitev na konstrukcijo majhna in je tako primerna za vse že obstoječe objekte kot tudi za novo grajene. Rastline, ki se uporabljajo, so nezahtevne za vzdrževanje, zato je potreben pregled le dvakrat na leto (Planning guide).

Druga vrsta je intenzivna ozelenitev strehe, ki jo najlažje primerjamo z izgradnjo vrta na strehi. Običajno z njo pridobimo večnamenski prostor, ki je lahko dostopen. Zahteva veliko večjo nosilnost konstrukcije, saj je potrebna visoka debelina substrata. Samo vzdrževanje pa je odvisno od oblikovanja in izbire materialov ter rastlin. Glede na izbrano debelino substrata intenzivna ozelenitev ponuja pestro izbiro, saj se lahko odločimo za trato, trajnice, grmovnice, drevesa ter druge krajinske možnosti, kot so ribniki, pergole ter terasa (prav tam).

### 5.1 EKSTENZIVNA OZELENITEV

V praksi se največkrat uporablja ekstenzivna ozelenitev, saj je enostavna za vzdrževanje in manj obremenjuje nosilno konstrukcijo strehe. Uporabljajo se nizko rastoče in manj zahtevne rastline, ki se same vzdržujejo, razvijajo in razmnožujejo, kar predstavlja tudi cenovno ugodno rešitev. Takšne rastline imajo nizko rast ter plitve korenine in ponujajo raznolik barvni spekter (Kunič 2008, str. 12, Brunšek 2010, str. 25).

Strehe z ekstenzivno ozelenitvijo lahko izvedemo v nagibih od 2 do 30 stopinj in več. Debelina substrata je od 5 do 20 cm, kar predstavlja težo med 50 in 170 kg/m<sup>2</sup>. Primerna je za ozelenitev lahke ravne strehe kot tudi za sanacijo in ozelenitve že obstoječih streh. Pregled vegetacije je potreben dvakrat na leto in ob daljših sušnih obdobjih, ko je treba poskrbeti za zalivanje (prav tam).



Slika 21: Ista streha slikana od julija do decembra (Vir: Snodgrass idr. 2010, str. 187)

### 5.1.1 Nabor rastlin, primernih za ekstenzivno ozelenitev

Slovenski izvajalci zelenih streh poleg klasične ponudbe trav, mahov ter sukulentov, ki so odporni proti zmrzali, ponujajo pester izbor rastlin, primernih za ekstenzivno ozelenitev. Nekatere lahko vidimo v spodnji tabeli.

Tabela 1: Nabor rastlin, primernih za ekstenzivno ozelenitev (Vir: medmrežje 10)



Deltasti nagelj (*Allium schoenoprasum*)



Okrogolista zvončica (*Campanula rotundifolia*)



Modro zeleni šaš (*Carex flacca*)



Navadni nagelj (*Dianthus carthusianorum*)



Oranžna škržolnica (*Hieracium aurantiacum*)



Podsončnica (*Potentilla verna*)



Haljica (*Petrohragia saxifraga*)



Netresk (*Sempervivum tectorum*)



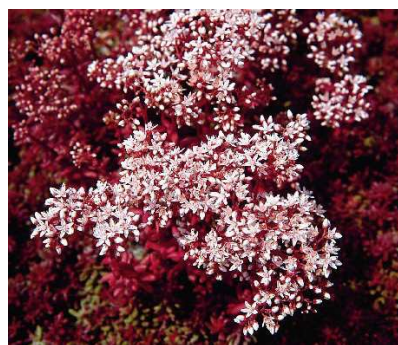
Modra bilnica (*Festuca ovina*)



Deltasti nagelj (*Dianthus deltoides*)



Timijan (*Thymus serpyllum*)



Rjavordeča homulica (*Sedum album*  
«Murale»)

## 5.2 BIOTOPSKA OZELENITEV

Je ozelenitev streh z avtohtono samoraslo vegetacijo. Primerna je tako za ravne strehe, kot tudi strehe v naklonu. Biotopska ozelenitev je zelo nezahtevna, saj vegetacijsko plast zasejemo z mešanico semen avtohtonih rastlin. Ker uporabljamo avtohtono vrsto vegetacije, je le-ta prilagojena klimatskim razmeram območja, kjer objekt stoji in tako ne potrebuje dodatnega vzdrževanja in nege ter brez težav prenese daljša sušna obdobja. Najprimernejša vegetacija je zato trava ter razni mahovi, ki so odporni na veter in mraz. V praksi je takšna vrsta ozelenitve manj pogosta (Brunšek 2010, str. 25).



Slika 22: Primer biotopske ozelenitve na poševni strehi (Vir: medmrežje 2)

### 5.3 INTENZIVNA OZELENITEV

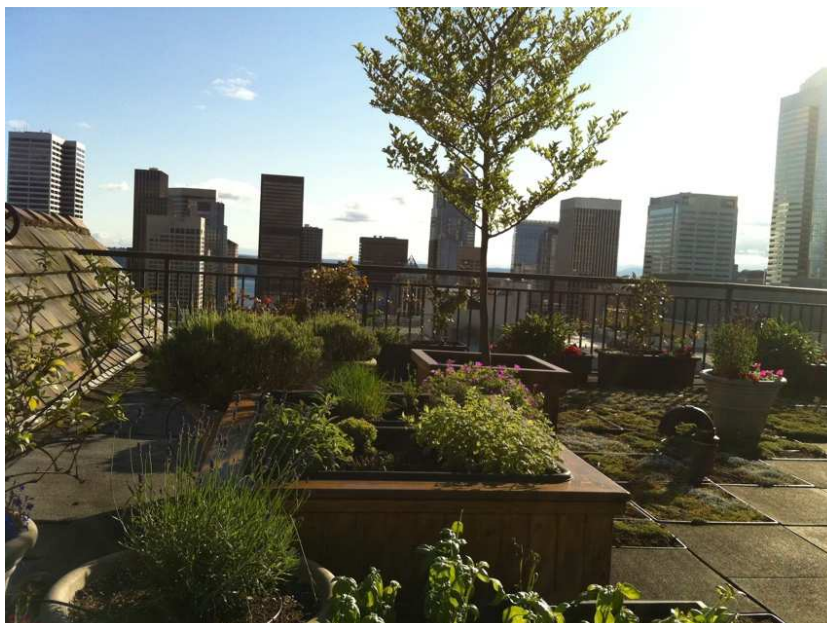
Intenzivno ozelenitev predstavlja zasaditev različnih vrst rastlin, kot so nizkorastoča drevesa, grmovnice, stebelaste rastline ter vse vrste trav in cvetlic. Poleg raznolikega izbora rastlin vključuje tudi postavitve raznih vodnjakov, potk, paviljonov ter pregrad ali pa si na strehi lahko naredimo kar lasten vrt (Kunič 2008, str. 12).



Slika 23: Intenzivna ozelenitev (Vir: Ekomagazin, 2010)

Potrebna debelina substrata je od 20 do 90 cm, kar predstavlja veliko dodatno obremenitev, med 300 in 450 kg/m<sup>2</sup>. Takšna ozelenitev je primerna za strehe z minimalnim nagibom oziroma za strehe brez naklona. Zahteva stalno vzdrževanje, veliko nege, redno zalivanje ter občasno dognojevanje (Brunšek 2010, str. 25).

Na spodnjih slikah so prikazane različne izvedbe intenzivne ozelenitve:



Slika 24: Zeliščni vrt (Vir: Planning guide)





Slika 25: Vrt na strehi (Vir: Planning guide)



Slika 26: Pešpoti ter dovozi (Vir: Planning guide)



Slika 27: Solarni vrt (Vir: Planning guide)

### 5.3.1 Nabor rastlin, primernih za intenzivno ozelenitev

V spodnji tabeli lahko vidimo nekaj vrst rastlinja, primerne za intenzivno ozelenitev.

Tabela 2: Nabor rastlin, primernih za intenzivno ozelenitev (Vir: medmrežje 10)



Rman (*Achillea millefolium*)



Gozdna jagoda (*Fragaria vesca*)



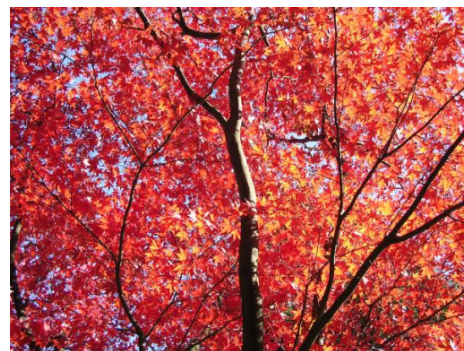
Avbrecija (*Aubrieta cultorum*)



Sivka (*Lavandula angustifolia*)



Bor (*Pinus*)



Javor (*Acer*)



(*Verbascum nigrum*)

## **6 VPLIV ZELENIH STREH NA EKOSISTEMSKE STORITVE V URBANEM OKOLJU**

Zaradi prevelike urbanizacije mest se je močno zmanjšalo število naravnih ekosistemov, kot so gozdovi, travniki, vrtovi ter parki. Negativen vpliv se kaže na okolje in naravo ter na človekovo psihofizično počutje in zdravje. Z umestitvijo zelenih streh v urbano okolje, pa tako ponovno vzpostavimo naraven ekosistem z raznolikimi funkcijami, tako imenovanimi ekosistemskimi storitvami.

Podoben pozitiven vpliv na okolje in bivalne lastnosti zgradbe lahko prav tako dosežemo z umeščanjem tako imenovanih zelenih fasad oziroma vertikalnih vrtov (Green roofs for healthy cities). V teh primerih gre za precej drugačne izvedbe izolacijskih in nosilnih materialov za substrat in rastlinski material, pri čemer je nabor rastlin precej drugačen. Zaradi obširnosti teme, sem se v nalogi omejil le na zelene strehe.

### **6.1 EKOSISTEMI IN EKOSISTEMSKE STORITVE**

Ekosistemi so sistemi v okolju, ki jih sestavljajo vsi živi organizmi, kot so rastline, živali, človek itd. ter neživi del, kot so zrak, voda, prst in podnebje. Med seboj so tesno in večstransko povezani, tako da delujejo kot celota, ki je sposobna ohraniti ravnovesje. V ekosistemu potekajo interakcije med posameznimi organizmi ter med organizmi in njihovim neživim okoljem. Vsak organizem sistema vpliva na preostale, sam pa je ves čas odvisen od vseh drugih organizmov in okolja (Hluszyk idr. 1998, str. 46).

Z ekosistemskimi storitvami opredeljujemo vse koristi, ki jih ima človeštvo od delovanja ekosistemov. Delimo jih na podporne storitve, ki so osnova vsem ostalim: oskrbovalnim, uravnavalnim (ali regulatornim) in kulturnim storitvam ekosistemov (medmrežje 8).

#### **6.1.1 Podporne storitve**

So tiste storitve, ki so nujno potrebne za obstoj oskrbovalnih, uravnavalnih ter kulturnih storitev. Od ostalih ekosistemskih storitev se razlikujejo po tem, da se njihov vpliv na ljudi zgodi posredno in v daljšem časovnem obdobju (Ecosystem and their services).

- fotosinteza: omogoča primarno produkcijo – rast rastlin;
- kroženje vode, ki poteka nenehno in se začne in konča v morju;
- kroženje snovi v okolju;
- habitat ali življenjski prostor za organizme: različni ekosistemi ponujajo različne življenjske prostore in s tem preživetje vrstam z najrazličnejšimi potrebami za njihovo preživetje v različnih življenjskih obdobjih (prav tam).

#### **6.1.2 Oskrbovalne storitve**

Pod oskrbovalne storitve vključujemo produkte, ki izhajajo iz samega ekosistema:

- hrana in vlaknine: vključujejo široko paleto živil, pridobljenih iz rastlin in živali;
- surovine: ekosistemi nam ponujajo vrsto različnih osnovnih materialov, kot so les, kamenje, glina, konopljina, svilena in bombažna vlakna itd., ki jih lahko predelamo v končne izdelke;
- goriva: les, gnoj in biološki materiali, ki služijo kot naravni viri za pridobivanje energije;
- pitna voda: ekosistemi nas oskrbujejo z vodo, najprimernejše je zajetje iz visokogorij, kjer ni onesnažena;
- farmacevtske učinkovine: za pridobivanje naravnih zdravil in farmacevtskih izdelkov iz raznih zelišč, plodov in rastlin;
- dekorativni predmeti: živalski proizvodi, kot so kože in školjke, cvetovi itd. (prav tam).

### 6.1.3 Uravnalne storitve

So storitve ekosistemov, s katerimi uravnavajo procese in stanja, kot so:

- kakovost zraka: rastline z vezavo prašnih delcev in drugih spojin iz zraka očistijo zrak, zmanjšujejo vsebnost CO<sub>2</sub> z njegovo vezavo v procesu fotosinteze;
- zagotavljanje kisika s tvorbo O<sub>2</sub> v procesu fotosinteze;
- mikroklimatske razmere in podnebje na lokalni in globalni ravni: gozdni ekosistemi pozitivno vplivajo na uravnavanje temperature ter količino padavin;
- količina vode: mokriščni in gozdni ekosistem vpliva na obseg in hitrost odtoka vode in s tem na regulacijo poplav in bogatenje podtalnice in vodohranov;
- čiščenje voda: pronicanje vode skozi debele talne plasti predstavlja samočistilno zmogljivost z zadrževanjem delcev iz vode; mokriščni ekosistemi s pestrim prepletom aerobnih in anaerobnih con, z aktivno mikrobnno floro pa omogočajo mineralizacijo organskih snovi ter odstranjevanje patogenih mikroorganizmov;
- opraeševanje: žuželke in veter so glavni opraeševalci rastlin;
- obvladovanje erozije: vegetativni pokrov ima pomembno vlogo pri preprečitvi erozije in plazov;
- nadzor bolezni in škodljivcev: biološko pestri ekosistemi z bogatim prepletom prehranjevalnih verig omogočajo naraven nadzor in uravnavanje števila škodljivcev in prenašalcev bolezni;
- ohranjanje biotske raznovrstnosti;
- nadzor nad ekstremnimi vremenskimi razmerami: ekosistemi so naravni posrednik proti naravnim katastrofam, kot so poplave, nevihte, cunamiji, zemeljski plazovi; primer so mokrišča, ki vpijajo poplavne vode, drevesa, ki stabilizirajo pobočja in preprečujejo zdrs ter koralni grebeni in mangrove, ki ščitijo obale pred poškodbami neviht (prav tam).

### 6.1.4 Kulturne storitve

So nematerialne storitve, ki jih koristimo v ekosistemih in sicer:

- duhovne in verske vrednote: mnoge religije in verstva imajo sestavne dele ekosistemov, kot so gozdovi, jame ter gore, za svete in imajo zanje verski pomen;
- estetsko vrednotenje in navdih za kulturo in oblikovanje: biotska raznovrstnost, ekosistemi in naravne krajine so vir navdiha za mnoge umetnine, kulture in vedno bolj za znanost;
- izobraževalne vrednosti;
- zagotavljanje navdiha za umetnost, nacionalne simbole, arhitekturo ter oglaševanje;
- vpliv na socialne in družbene odnose v različnih kulturah;
- rekreacija in duševno ter telesno zdravje: hoja in ukvarjanje s športom na zelenih površinah ni samo dobra oblika telesne vadbe, temveč mogoča tudi sprostitev in ohranjanje duševnega zdravja;
- turizem: ekosistemi in biotska raznovrstnost imajo pomembno vlogo pri mnogih oblikah turizma, kot primer je dandanes vse bolj razširjen in iskan ekološki turizem;
- vrednost kulturne dediščine (prav tam).

## 6.2 EKOSISTEMSKESKE STORITVE ZELENIH STREH

V nadaljevanju so predstavljene posamezne lastnosti zelenih streh, ki pozitivno vplivajo na okolje, človekovo zdravje ter bivalno udobje in jih pri običajno grajenih strehah brez rastlinskih elementov ne moremo zaznati. Govor je o različnih prvinah ekosistemskih storitev, ki jih ponujajo zelene strehe kot grajeni ekosistemi.

### 6.2.1 Padavinske vode

Hiter odtok padavinske vode s tlakovanih površin in streh prispeva k poplavam, eroziji, onesnaževanju in uničevanju življenjskega prostora. Klasične strešne površine so v primerjavi z zelenimi strehami nepropustne in nimajo zmogljivosti zadrževanja padavinskih voda. Pri zeleni strehi pa zgornja propustna plast omogoča infiltracijo in s tem večje zadrževanje ter čiščenje padavinske vode (Simončič idr. 2005, str. 45).

#### 6.2.1.1 Zadrževanje in shranjevanje deževnice

V primeru uporabe drenažnega sistema z vodnim zalogovnikom na zeleni strehi je omogočeno shranjevanje padavinske vode. Tako zmanjšamo odtok meteornih voda kot tudi samo obremenitev kanalizacijskega sistema v povprečju za 50–60 %. V poletnem času ob hitrih nalivih pa lahko zelena streha skoraj v celoti zadrži padavine. Zmogljivost zadrževanja je odvisna od izbrane vrste ozelenitve ter debeline substrata. Zelene strehe tako pripomorejo k zmanjšanju stroškov zaradi manjših potreb po vgradnji zbiralnikov za zajem deževnice. Zmožnost zadrževanja in shranjevanja deževnice pomaga tudi pri omejevanju nesreč, ki jih povzročijo obilna deževja (Simončič idr. 2005, str. 46; Improved stormwater management; Knaufinsulation).

#### 6.2.1.2 Čiščenje deževnice

Vegetacijski sloj s substratom pa nima samo lastnosti zadrževanja vode, predstavlja tudi naravno biofiltracijo, ki zadrži snovi kot sta fosfor in dušik, ki predstavljata obremenitev voda z rastlinskimi hranilnimi snovmi. Prečiščena voda nato delno izhlapi nazaj v atmosfero, delno pa odteče v vodotoke in vodne poti. Dušik in fosfor, ki sta se s filtracijo izločila iz vode, pozitivno vplivata in spodbujata rast rastlinstva na strehi (prav tam).

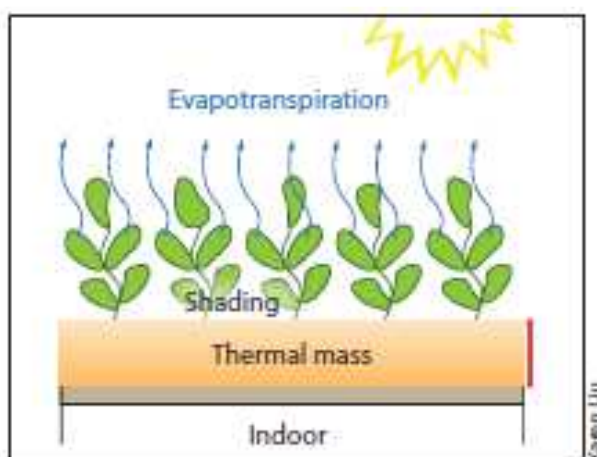


Slika 28: Prikaz zadrževanja in čiščenja deževnice (Vir: medmrežje 4)

## 6.2.2 Uravnavanje temperature in izboljšanje mikroklimе

Mesta so zaradi gosto grajenih hiš in blokov ter tlakovanih površin, ki zadržujejo sončno toploto in jo počasi oddajajo, poleti bolj vroča kot primestna in podeželska območja. Temperatura v urbanem okolju je lahko tudi do 5 °C višja kot na podeželju. Zelene površine, parki, drevoredi ter zelene strehe s procesom izhlapevanja, senčenjem ter z absorbiranjem sončnega sevanja učinkovito uravnavajo temperaturo in izboljšujejo mikroklimo v mestih (Simončič idr. 2005, str. 46).

Izhlapevanje je proces transpiracije in uparjanja (evaporacije). Transpiracija je lastnost rastlin, da vodo absorbirajo skozi svoje korenine in jo nato sproščajo skozi listne reže. Voda, ki jo rastline sprostijo skupaj z vodo iz substrata, nato s porabo vročega zraka izhlapi in tako hladi zrak (Reducing urban heat island).



Slika 29: Prikaz izhlapevanja vode (Vir: Reducing urban heat island)

Ozelenitev že obstoječih streh v gosto naseljenih mestih vpliva na spremembo temperature nad zeleno ter klasično streho, kar povzroči vertikalno cirkulacijo zračnih mas in tako zmanjša učinek toplotnega jedra (Knaufinsulation).

Boljša mikroklima pa se doseže tudi zato, ker zelene strehe odbijejo 27 % vsega sončnega sevanja, 60 % ga absorbirajo rastline in 13 % tla, vse v primerjavi s klasično temno streho, ki absorbira 100 % sončnega sevanja (Simončič idr. 2005, str. 46).

Na sliki spodaj je prikazana temperaturna razlika med klasično ter zeleno ravno streho. Klasična ravna streha se na običajen dan v Chicagu segreje do 66 °C (151 °F), zelena streha pa do 33 °C (74 °F), kar pomeni, da je nad vegetacijskim slojem za 33 °C hladneje (Reducing urban heat island).



Slika 30: Temperaturna razlika med klasično in zeleno streho (Vir: Reducing urban heat island)

### 6.2.3 Vezava prašnih delcev ter čiščenje zraka

Kakovost zraka v mestih je zaradi velikega števila avtomobilov, stavb ter industrije zelo slaba, kar negativno vpliva na zdravje človeka. Z ozelenitvijo streh lahko izboljšamo kakovost zraka, saj vegetacijska plast zadrži več prašnih delcev, posamezne plinske molekule, ki lahko predstavljajo toksine, pa lahko celo absorbira. Atmosferski prah se ob dežju spere v tla, substrat in rastline ga nato zadržijo in tako ne pride v podtalnico (Simončič idr. 2005, str. 47; Improved air quality).

Raziskovalci ocenjujejo, da lahko 1 m<sup>2</sup> zelene površine letno očisti 0,2 kg prašnih delcev iz zraka (Vučina 2013).



Slika 31: Prikaz vezave prašnih delcev na zeleni strehi (Vir: medmrežje 4)

### 6.2.4 Zvočna izolacija

Kombinacija substrata, rastlin in med njima ujetih plasti zraka v zelenih strešnih sistemih lahko deluje kot zvočno izolacijska pregrada. Zvočni valovi se absorbirajo ali odbijejo. Rastni substrat v veliki meri absorbira nižje zvočne frekvence, medtem ko rastline absorbirajo višje zvočne frekvence. Količina zvočne izolacije je odvisna od uporabljenega sistema in debeline substrata. Zelena streha z 12 cm debelim slojem substrata lahko zmanjša zvok za 40 dB, če pa izberemo debelino 20 cm, pa kar za 46–50 dB (European federation of green roof associations).

V raziskavi, ki jo je opravilo podjetje Kalzip, je bilo ugotovljeno, da standardna neporasla streha absorbira do 33 dB, suha zelena streha do 41 dB, mokra zelena streha do 51 dB ter 100 mm debela betonska stena do 43 dB. To pove, da so zelene strehe za 8 dB učinkovitejše v primerjavi s klasično neporaslo streho. To je še posebej pomembno na območjih v bližini letališč, velikih mest, industrije, diskotek in podobnega (prav tam).



Slika 32: Prikaz zvočne izolacije zelene strehe (Vir: medmrežje 4)



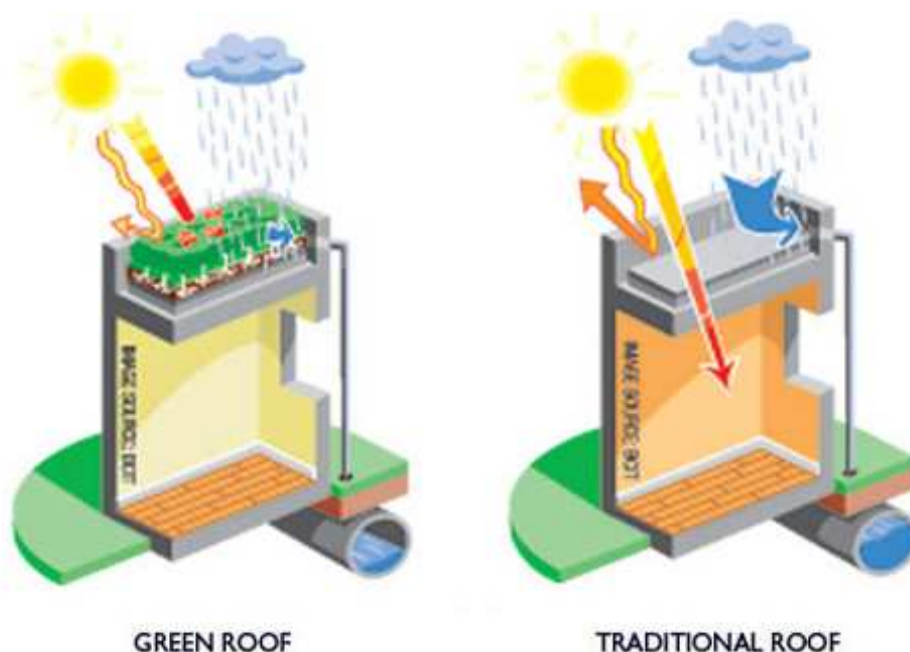
### 6.2.5 Energijska učinkovitost

Zelene strehe so se izkazale kot energetsko učinkovite, saj prispevajo k energijski varčnosti objektov. Odvisna je le od letnega časa in količine vode, ki je zadržana znotraj sistema zelenih streh. Slabo zaščitene in izolirane strehe lahko pripeljejo do hudega pregrevanja prostorov pod njimi in tako privedejo do večje potrebe po klimatskih napravah. Zelena streha pa ne deluje le kot izolacija, ampak tudi kot kombinacija rastlinskih procesov, kot sta fotosinteza in izhlapevanje, ter tako zmanjšuje količino sončne energije, ki jo membrana strehe absorbira in tako preprečuje segrevanje konstrukcije kot tudi prostorov pod njo (European federation of green roof associations).

Raziskava, ki je bila opravljena na Nottingham Trent University je pokazala, da pri povprečni dnevni temperaturi 18,4 °C temperatura pod membrano normalne strehe naraste do 32 °C, pri zeleni strehi pa je temperatura pod membrano celo nižja od dnevne, in sicer 17,1 °C (prav tam).

Zelena streha pripomore k zmanjšanju toplotnih izgub stavbe tudi v zimskem času in sicer zaradi dejavnosti korenin, ki ustvarjajo toploto ter skupaj z zračnimi sloji zagotavljajo dodatno toplotno izolacijo. Učinkovitost zelene strehe pa je predvsem odvisna od količine vode, ki je zadržana v sistemu. Več kot je vode, večje so toplotne izgube skozi sistem, zato je toplotna učinkovitost odvisna od dnevnih vremenskih pogojev in jo je težko natančno podati (prav tam).

Po raziskavah, opravljenih na Trent University, je bilo ugotovljeno, da se pri povprečni dnevni temperaturi 0 °C temperatura pod membrano pri standardni strehi dvigne na 0,2 °C, pri zeleni strehi pa se temperatura dvigne na 4,7 °C, kar dokazuje, da imajo zelene strehe vpliv na toplotno učinkovitost tudi v zimskem času (prav tam).



Slika 33: Prikaz energijske učinkovitosti zelene strehe (Vir: medmrežje 3)

### 6.2.6 Habitatna funkcija

Zelene strehe predstavljajo večjo korist za biotsko raznovrstnost kot klasične strehe, pokrite s strešniki. Ozelenjene strehe poleg vseh pozitivnih lastnosti, ki jih prinašajo za človeka, pozitivno vplivajo tudi na živali, saj jim predstavljajo zamenjavo za naravni habitat, ki so ga izgubile z zazidavo zelenih površin. Velike zelene površine, ki imajo pestro paleto vegetacije, lahko zagotovijo življenjski prostor za žuželke, pajke in ptice. Poleg tega zelene strehe zagotavljajo prostor, kjer se lahko gojijo redke in ogrožene vrste rastlin brez motenja naravnih plenilcev (Simončič, Dobrilovič 2005, str. 46; Habitat creation/ preservation).

Da pa dosežemo ohranjanje biotske raznovrstnosti, je treba streho pravilno zasnovati. Glede na raziskave, opravljene leta 1997 v Švici, je bilo ugotovljeno, da je potrebna uporaba lokalnih substratov za rast rastlin na zelenih strehah, da se čim bolj posnema razmere tal v okolici. Z različno globino substrata omogočimo mikrohabitate za pajke in hrošče, ki jih potrebujejo za preživetje. Priporoča se tudi ozelenitev z lokalno mešanico semen ter dodajanje starega lesa ter vej, da ustvarimo okolje, ki je podobno naravnim habitatom (European federation of green roof associations).

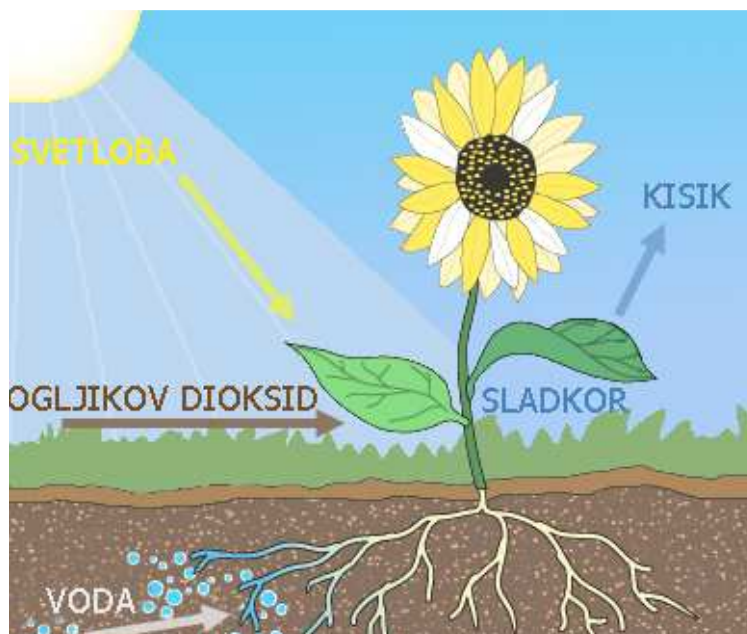


Slika 34: Prikaz habitatne funkcije zelene strehe (Vir: medmrežje 5)

### 6.2.7 Primarna produkcija in vezava CO<sub>2</sub>

Ozelenjene strehe, prerasle z rastlinami, vežejo CO<sub>2</sub>, ki je pomemben toplogredni plin. Rastline so avtotrofi, ki v procesu fotosinteze sintetizirajo hranilne snovi, potrebne za rast in energijo iz ogljikovega dioksida ter vode, in pri tem sproščajo kisik (Simončič idr. 2005, str. 46).

Raziskave so pokazale, da lahko površina 1 m<sup>2</sup> zelene strehe absorbira 5 kg CO<sub>2</sub>/leto, kar je enaka količina emisij, kot nastane pri vožnji avtomobila na razdalji 80 km (Vučina 2013).



Slika 35: Prikaz fotosinteze (Vir: medmrežje 7)

### 6.2.8 Psihološki vpliv

Obstaja vse več dokazov, da vizualni in fizični stik z naravnim zelenjem ponuja številne koristi za ljudi. Zadrževanje na ozelenjenih strešnih površinah omogoča sprostitvev in s tem zmanjšuje stres. Nudi tudi dodatno rekreacijo v obliki urbanega vrtnarjenja ter sprehodov, kar pozitivno vpliva na psihofizično počutje ljudi. Velike spremembe pri počutju ljudi se lahko vidijo pri zaposlenih, še posebej v večjih mestih, če imajo možnost pogleda ter dostopa na zelene površine. Pozitiven vpliv pa se odraža na njihovi storilnosti in zdravju. Kot pozitivna lastnost se je izkazal tudi vpliv na ljudi, ki delajo ali živijo v stavbah z ozelenjenimi strehami, saj le-te ustvarjajo prijetnejšo klimo v prostoru (European federation of green roof associations).



Slika 36: Sprostitev na zeleni strehi (Vir: Planning guide)

## 7 PRIMERJAVA EKOSISTEMSKIH STORITEV GRAJENIH IN ZELENIH STREH

V nadaljevanju je predstavljena tabela s pregledom ekosistemskih storitev, ki jih nudi zelena streha v primerjavi z ekosistemskimi storitvami grajene strehe.

Tabela 3: Primerjava ekosistemskih storitev med grajeno in zeleno streho

	GRAJENE STREHE	ZELENE STREHE
<b>OSKRBOVALNE STORITVE</b>		
Uporabni rastlinski viri	/	Če na strehi postavimo zeliščni ali klasični vrt, pridobimo uporabne rastlinske vire.
Voda	/	Zeleni sistemi imajo naravno filtracijo vode; ko se prečisti, jo lahko zajamemo in uporabljamo za zalivanje.
<b>URAVNALNE STORITVE</b>		
Izboljšanje kakovosti vode	/	Z naravno filtracijo prečistijo meteorne vode, da jih lahko uporabljamo za zalivanje, pranje avtomobilov.
Urejanje voda	/	Drenažni sistemi z vodnim zalogovnikom zadržijo določeno količino vodo, nekaj je za rast porabijo rastline. Tako zmanjšamo obremenjenost kanalizacijskih sistemov.
Vezava CO <sub>2</sub> in prašnih delcev	/	Rastline za svojo rast potrebujejo CO <sub>2</sub> . Prašni delci se zadržijo na površinskih listnih strukturah, kot so laski, in tako čistijo zrak.
Izboljšanje mikroklimе	/	S funkcijo izhlapevanja zelene strehe v mestih izboljšujejo mikroklimo.
Opraševanje	/	Z umestitvijo zelenih streh v mesta omogočimo prostor za naselitev in preživetje opraševalcev.
Ohranjanje biotske raznovrstnosti	/	Z zeleno streho z različnimi substrati in vegetacijo ustvarimo raznolike življenjske pogoje za organizme in s tem ohranjamo biotsko raznovrstnost.
<b>KULTURNE STORITVE</b>		
Estetske vrednosti	Grajena območja so navdih za mnogo umetnin.	Zelene površine predstavljajo dodano estetsko vrednost urbanemu prostoru.
Navdih za arhitekturo	Možnosti za arhitekturno oblikovanje.	Možnosti za arhitekturno oblikovanje.

Vpliv na socialne in družbene odnose	/	Zeleni parki na stavbah omogočajo razvoj socialnih in družbenih odnosov.
Rekreacija ter duševno in telesno zdravje	/	Omogočajo rekreacijo, kar je dobro za duševno in telesno zdravje.
<b>PODPORNE STORITVE</b>		
Fotosinteza	/	Vegetativni sloj na strehi omogoča fotosintezo.
Kroženje vode	/	Omogočajo kroženje vode.
Kroženje hranil	/	Omogočajo kroženje hranil.
Habitatna funkcija	/	Omogočajo habitatno funkcijo.

V spodnji tabeli je narejena primerjava tehničnih lastnosti grajene in klasične strehe.

Tabela 4: Primerjava tehničnih lastnosti med grajeno in zeleno streho

<b>Zelena streha</b>	<b>Grajena streha</b>
Podaljšana življenjska doba zaradi dodatne zaščite hidroizolacije.	Normalna življenjska doba.
Zaščita pred točo.	Zaščita pred točo ob primerni kritini.
Zaščita pred UV žarki.	Zaščita pred UV žarki ob primerni kritini
Zadrževanje deževnice in s tem zmanjšanje obremenitve komunalnih vodov.	Polna obremenjenost komunalnih vodov.
Deluje kot dodatna zvočna izolacija, ki zmanjšuje hrup.	Manjša zvočna izolativnost.
Zmanjševanje učinka toplotnega otoka s preprečevanjem segrevanja strehe zaradi vegetacije.	Segrevanje strehe in povzročanje toplotnega otoka.
Krajša življenjska doba kritine – vegetacijska plast.	Daljša življenjska doba.
Ima naraven videz in se lažje vklopi v okolje.	Brez naravnega videza.
Dodatne uporabne površine.	Nima dodatnih površin.
Večji vzdrževalni stroški.	Majhni vzdrževani stroški.
Vezava prašnih delcev.	Prašni delci se prosto sperejo nazaj.
Učinkovita raba energije.	Klasična raba energije.
Visoka investicija zaradi nosilne konstrukcije.	Nižja investicija.
Dodatna požarna zaščita.	Z uporabo primernih materialov lahko tudi požarno varna.
Večja obremenitev konstrukcije.	Manjša obremenitev konstrukcije.
Težja sanacija ob poškodbah.	Lažja sanacija ob poškodbah.
Nadstandardna gradnja.	Standardna gradnja.

Po opravljeni primerjavi v zgornjih tabelah je razvidno, da zelena streha v 90 % nudi več ekosistemskih storitev ter ima več pozitivnih tehničnih lastnosti kot grajena streha.

Iz tehničnega vidika ima zelena streha višje investicijske stroške na začetku in je dražja za vzdrževanje. Ti stroški so v daljšem obdobju upravičeni, saj ima zelena streha veliko pozitivnih koristi za okolje, pozitivno vpliva na energetske učinkovitost ter dobro vpliva na psihofizično počutje ljudi. Vendar pa ima vegetacijski sloj kot kritina omejeno življenjsko dobo, ocenjeno na najmanj 25 let. Takrat je treba plasti substrata, predvsem zaradi zakisanja in izčrpanosti, zamenjati. Prav tako je treba nadomestiti in na novo nasaditi rastline ter zamenjati grmovnice in drevesa, ki v tem času že prerastejo želena višino ter so moteče. Vendar pa s stroški vzdrževanja, ki nastanejo z obnovitvijo vegetacijskega sloja, vseeno ne presežemo stroškov, ki nastanejo pri grajeni ravni strehi, saj z vegetacijskim slojem podaljšamo življenjsko dobo vgrajenih materialov tudi do 50 let (Kunič 2008a, str. 44).

## 8 UMEŠČANJE ZELENIH STREH V SLOVENSKO OKOLJE

Za podrobnejše podatke o umeščanju zelenih streh v slovensko okolje sem se obrnil na podjetje Aurig, ki je eno izmed številnih v Sloveniji, ki se ukvarja z zelenimi strehami (Ian, 2014). Ampak, kot pravi direktor podjetja Tadej Ian: »Naša konkurenca so krovci, ki improvizirajo na področju zelenih streh, vrtnarji, ki improvizirajo na področju krovstva in podjetja, ki tržijo tuje sisteme ali celo tuje produkte. Mi smo torej unikat v Sloveniji.« Glede umeščanje zelenih streh v slovensko okolje pa pravi: »Odvisno je od tamkajšnjega prostorskega ureditvenega plana. Veliko je še občin, v katerih ravne strehe niso dovoljene, 99 % zelenih streh pa se izvaja ravno na ravnih strehah«.

V Sloveniji je mogoče videti kar nekaj objektov, kjer je svoje storitve izvajalo podjetje Aurig, nekaj so jih postavili tudi v Nemčiji in na Hrvaškem. Večino zelenih streh v Sloveniji je izvedenih z ekstenzivno ozelenitvijo najdemo pa jih lahko na novo grajenih zasebnih hišah ter javnih objektih (Ian, 2014). Kot pa pravi Tadej Ian (2014): »Povpraševanje v Sloveniji je zaradi krize trenutno majhno. Pred krizo ga je bilo po reklamiranju zelenih streh v medijih dosti več in je bilo v naraščanju. Torej, če ne bi bilo krize, bi bilo več hiš pokritih z zeleno streho.«



Slika 37: Zelena streha na objektu Farmadent v Mariboru (Vir: medmrežje 10)

Zaključim lahko, da je umeščanje zelenih streh v slovensko okolje možno in smiselno z vidika racionalnega ravnanja z meteorno vodo, prihrankov pri energiji in povečanje drugih ekosistemskih storitev. Pri tem pa je potrebno upoštevati lokalne klimatske razmere in z njimi povezane zahteve prostorsko ureditvenih načrtov. Zaradi velike količine padavin in snežne odeje ponekod ravne strehe niso dovoljene.

## 8.1 ZELENE STREHE V SLOVENIJI

### 8.1.1 Zelena streha na zasebnem objektu v Šentjurju pri Celju

Objekt, katerega lastnik je Grega Antolič, se nahaja v Šentjurju pri Celju. Ravna streha je bila izgrajena v letu 2013 in je velika 183 m<sup>2</sup>. Lastnik se je za ravno streho odločil na podlagi predlogov arhitekta, za ozelenitev strehe pa se je odločil sam. Kot je povedal, se je za zeleno streho odločil zaradi bivanja ter pozitivnih vplivov na okolje. To so: večja zaščita pred vremenskimi vplivi in sevanji, ob hudih nalivih ne prihaja do izliva meteornih voda iz strehe po fasadi objekta, kot je to možno pri klasičnih strehah, je bolj ekološka, v vsakem letnem času je v drugačnih odtenkih ter tudi kasneje ni posebnega dela oziroma stroškov z vzdrževanjem tovrstne strehe. Razmišljal je tudi o prodnati strehi, vendar se zanjo ni odločil zaradi tega, ker se poleti zelo segreva. Streho je izvedlo podjetje Aurig. Okvirna cena investicije, katera zajema izdelavo zelene strehe od betonske plošče dalje, je znašala 13.500,00 €. Kot je povedal, je bil s strokovnostjo in profesionalnostjo navedenega podjetja zelo zadovoljen (Antolič, 2014).

Sestav in način izdelave zelene strehe na tem objektu:

- betonska plošča,
- bitumenski premaz,
- parna zapora,
- toplotna izolacija - EPS,
- dvojni nanos lepljenega bitumenskega traku (Bauder) - debeline 4 mm,
- 250 gramski filc,
- substrat (mleta opeka) debeline 5 cm ter
- sedum (7 različnih vrst pokrивnih rastlin) (prav tam).



Slika 38: Zelena streha v Šentjurju (Vir: Avtor, 2014)



Slika 39: Ekstenzivna ozelenitev (Vir: Avtor, 2014)



Slika 40: Ekstenzivna ozelenitev (Vir: Avtor, 2014)

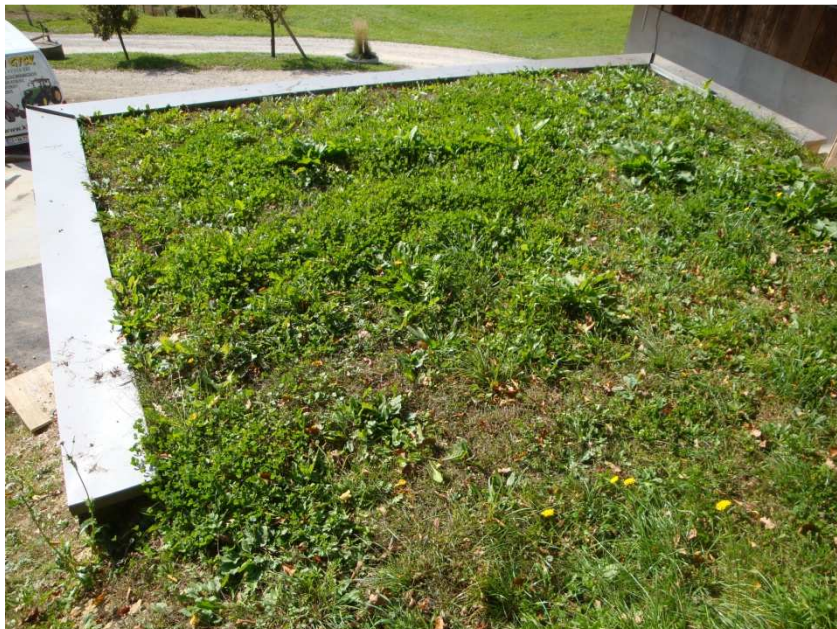


### 8.1.2 Zelena streha na prodajnem salonu v Rogaški slatini

Objekt na slikah se nahaja v Rogaški slatini. Prodajni salon so lastniki postavili sami, kot so tudi sami izvedli biotopsko ozelenitev strehe. Iz slike 41 je razvidno, da je objekt vkopan v hrib ter ima ravno streho. Postavljen je ob robu gozda in se z izbiro ozelenitve lepo vključuje v okolico.



Slika 41: Zelena streha v Rogaški Slatini (Vir: Avtor, 2014)



Slika 42: Biotopska ozelenitev (Vir: Avtor, 2014)

### 8.1.3 Zelena streha na parkirni hiši v Rogaški slatini

Na slikah spodaj je ekstenzivno ozelenjena ravna streha na parkirni hiši v Rogaški slatini. Streha je pohodna in urejena kot park. Iz slike 45 je razvidno, da so za ozelenitev strehe uporabili razne mahove in sukulente, ki so odporni na zmrzal in ne potrebujejo veliko vzdrževanja. Sama izbira krajinske ureditve ravne strehe je pripomogla k temu, da se objekt lepo vključuje v okolico.



Slika 43: Zelena streha na parkirni hiši v Rogaški slatini (Vir: Avtor, 2014)



Slika 44: Ureditev parka ter pešpoti (Vir: Avtor, 2014)



Slika 45: Ekstenzivna ozelenitev (Vir: Avtor, 2014)

## 9 PRIHRANEK VODE

Naredil sem izračun za prihranek pri pitni vodi za 4-člansko družino, ki živi v hiši z ekstenzivno ozelenjeno ravno streho, ki meri 80 m<sup>2</sup>.

Povprečna dnevna poraba pitne vode v Sloveniji je 117 litrov na osebo, povprečna količina padavin na leto pa znaša 1500 mm/m<sup>2</sup> (medmrežje 11).

Intenzivna ozelenitev zadrži in porabi 90 %, ekstenzivna pa 30 % meteorne vode.

Štiričlanska družina na dan porabi 468 litrov vode (117 litrov x 4 osebe), kar na leto znaša 170.820 litrov vode (468 litrov x 365 dni).

Če na leto pade 1500 mm padavin na 80 m<sup>2</sup> veliko streho, to pomeni 120 m<sup>3</sup> oziroma 120.000 litrov padavin. Če od tega 30 % meteorne vode zadrži ekstenzivna ozelenitev, pomeni, da lahko na leto zadržimo in prihranimo 84.000 litrov vode, ki jo lahko porabimo za zalivanje vrta, pranje avtomobila, izpiranje kotlička, potrebe pralnega ter pomivalnega stroja.

Po podatkih, ki sem jih pridobil iz lastnih virov (Priloga 1), lahko izračunam ceno 1 m<sup>3</sup> vode. Če upoštevam ceno vode kot tudi vseh trošarin, kot so odvajanje in čiščenje odplak, je cena 1 m<sup>3</sup> vode 2,48 €. Če pa upoštevam samo ceno vode, je cena 1 m<sup>3</sup> vode 0,64 €.

Če bi torej v gospodinjstvu uporabili vodo, ki odteče z zelene strehe ter upoštevali, da 1 m<sup>3</sup> vode stane 2,48 €, bi namesto celotnega stroška za vodo, ki znaša 423,63 € (170,82 m<sup>3</sup> x 2,48 €), prihranili 208,32 € (84 m<sup>3</sup> x 2,48 €). Torej bi za vodo plačali le 215,31 €.

Če pa upoštevamo strošek, da 1 m<sup>3</sup> vode stane 0,64 €, bi namesto 109,32 € (170,82 m<sup>3</sup> x 0,64 €) prihranili 53,76 € (84 m<sup>3</sup> x 0,64 €) na leto. Torej bi plačali le 55,56 €, obenem pa bi za 36 m<sup>3</sup> vode zmanjšali obremenitev kanalizacijskega sistema.

Pri izračunih je treba upoštevati, da bi za uporabo te vode za pitje potrebovali dodatno čiščenje, ki tu ni upoštevano.

## 10 INVESTICIJA

Glede stroška investicije, sem se obrnil na več podjetij, vendar sem največ podatkov pridobil od podjetja Aurig. So vodilno podjetje v Sloveniji na področju zelenih streh ter kot je povedal direktor podjetja, so edino krovsko podjetje v Sloveniji s svojim lastnim slovenskim proizvodom (Ilan, 2014). Zato sem se za izračun investicije omejil na njihove okvirne cene.

Po podatkih, ki sem jih pridobil, znaša povprečni strošek za 1 m<sup>2</sup> klasične obrnjene ravne strehe 73 €, za zeleno obrnjeno ravno streho pa 114 €. Torej je investicija za 1 m<sup>2</sup> zelene strehe višja za 41 €.

Vendar pa se dražja investicija z leti povrne, če upoštevamo vse pozitivne ekosistemske storitve, ki jih ima zelena streha na okolje. Prav tako je investicija upravičena, saj z izvedbo vegetacijskega sloja znatno podaljšamo življenjsko dobo strehe, kajti v nekaterih primerih dosega zelene strehe tudi 50 in več let življenjske dobe.

Dolgoročno se investicija obrestuje tudi pri nižjih stroških ogrevanja in hlajenja prostorov. Ustrezna izvedba omogoča znižanje toplotnih izgub v zimskem času in s tem nižje stroške ogrevanja. Vendar pa je toplotna učinkovitost odvisna tudi od količine vode v sistemu, ki ob večjih količinah padavin znižujejo toplotno zmogljivost zelene strehe. V poletnem času pa intenzivna evapotranspiracija s strehe omogoča hlajenje zraka nad zeleno streho in s tem nižje pregrevanje spodnjih plasti, kar se odraža v nižji potrebi po hlajenju prostorov.

## 11 SKLEP

Osnovna delovna hipoteza, ki sem si jo postavil, da ima umeščanje zelenih streh v urbano okolje večstranske pozitivne učinke na okolje, kot tudi pozitivne učinke na energetske učinkovitost stavb, je potrjena.

Kot sem predstavil skozi diplomsko nalogo, ponuja zelena streha veliko več ekosistemskih storitev kot klasično grajena streha. Kot pozitivne učinke na okolje lahko izpostavim:

- zadrževanje in čiščenje deževnice;
- izboljšanje mikroklimе;
- vezavo prašnih delcev in čiščenje zraka;
- omogočanje habitatne funkcije;
- primarno produkcijo in vezavo CO<sub>2</sub> ter
- pozitiven vpliv na psihofizično počutje ljudi.

Pozitivni učinki na energetske učinkovitost pa se poleti kažejo kot prihranki pri električni energiji, saj vegetacijski sloj dodatno izolira streho ter absorbira večino sončne toplote in preprečuje segrevanje plasti strehe kot tudi bivalnih prostorov. Kot sem že opisal v diplomski nalogi, je temperatura na povprečen poletni dan nad zeleno streho za 33 °C nižja kot nad klasično ravno streho. Prav tako pa imamo prihranke pozimi pri ogrevalni energiji, saj substrat z rastlinjem predstavlja dodatno toplotno izolacijo.

## 12 POVZETEK

V diplomski nalogi sem predstavil različne vrste izvedb zelene strehe ter opisal razliko med toplo in obrnjeno ravno zeleno streho, ki je tudi večkrat uporabljena in bolj primerna, saj z zaščito hidroizolacije omogoča pohodno streho ter za 2-krat podaljša življenjsko dobo strehe. Prav tako so za ozelenitev primerne poševne strehe, vendar za naklone, večje od 35° obstajajo posebni sistemi, ki preprečijo zdrs substrata in prost odtok vode. Ko sem opravil pregled o tem, kakšne so možne tehnike ozelenitve zelenih streh, sem ugotovil, da lahko na ravni strehi nasadimo tako trave, sukulente, grmovnice, cvetice vseh vrst, kot tudi manjša drevesa, ter da praktično nimamo krajinskih omejitev, saj lahko na zeleno streho postavimo ribnike, bazene, pergole, solarni sistem, vrt za pridelavo kmetijskih izdelkov, zeliščni vrt, klopi ter mize. Predstavil sem, kaj so to ekosistemi in podrobneje opisal ekosistemske storitve, ki jih omogoča zelena streha. Ker smo ljudje in živali popolnoma odvisni od obstoja ekosistemov in ekosistemskih storitev, je pomembno, da zelene strehe vključujemo v mesta, da naravi povrnemo nazaj zelene površine.

Cilj moje diplomske naloge je bil, podati odgovore na naslednja vprašanja:

Kolikšen je prihranek pri energiji, če streho prekrijemo z zeleno streho?

Koliko deževnice lahko prestrežemo in jo uporabimo za zalivanje ter druge koristne namene na letni ravni? Kolikšen bi bil prihranek pri pitni vodi?

Kolikšna je investicija v zeleno streho v primerjavi s streho klasične izvedbe?

Kakšne so možnosti umeščanja tovrstne infrastrukture v slovensko okolje?

Skozi diplomsko nalogo sem prišel do ugotovitev, da je prihranek pri energiji težko ovrednotiti, vendar je po opravljenih raziskavah dokazano, da lahko poleti prihranimo pri stroških hlajenja prostorov, pozimi pa pri ogrevanju.

Za štiričlansko družino sem naredil izračun o tem, kolikšen delež deževnice lahko prestrežemo ob upoštevanju strešne površine 80 m<sup>2</sup>. Prišel sem do ugotovitve, da lahko prestrežemo in zadržimo 84.000 litrov na leto ter tako zmanjšamo porabo pitne vode štiričlanske družine s 170.820 litrov na 86.820 litrov na leto. Tako bi strošek pitne vode zmanjšali za 50 %.

Izdelava ravne zelene strehe je v povprečju okoli 35 % višja od izdelave klasične ravne strehe. Vendar pa se investicija v daljšem obdobju povrne, saj ima zelena streha dokazane pozitivne učinke na energetsko učinkovitost, pozitiven vpliv na okolje in psihofizično počutje ljudi.

Glede možnosti umeščanja zelenih streh v slovensko okolje pa sem po besedah Tadeja Iana (Ian, 2014) ugotovil, da v večjem delu Slovenije gradnja ravnih streh ni mogoča, tako tudi ozelenitev ni izvedljiva. Zaradi velike količine padavin in snežne odeje v prostorskih ureditvenih načrtih ravne strehe namreč ponekod niso dovoljene. Z vidika racionalnega ravnanja z meteorno vodo, prihrankov pri energiji in povečanja drugih ekosistemskih storitev pa lahko zaključimo, da je umeščanje zelenih streh v slovensko okolje mogoče in smiselno.

## 13 SUMMARY

In my thesis, I presented various types of implementation of green roofs and described the difference between a warm deck flat roof and an inverted flat green roof. The latter is more frequently used and more suitable; due to waterproofing protection, such roof is walkable and its lifetime is extended by two times. Sloped roofs are also suitable for greening, with special systems designed for inclinations larger than 35° to prevent the sliding of the substrate and free drainage of water. By doing an overview of potential greening techniques for green roofs, I found that flat roofs are suitable for planting grass, succulents, shrubs, flowers, and smaller trees. Furthermore, there are almost no landscaping limitations: green roofs can be equipped with ponds, pools, pergolas, solar systems, vegetable gardens, herb gardens, benches, and tables. I presented ecosystems and gave a more detailed description of ecosystem services provided by green roofs. As humans and animals are fully dependant on the existence of ecosystems and ecosystem services, it is of great importance to integrate green roofs in cities and to restore some green surfaces.

The aim of my thesis was to provide answers to the following questions:

How much energy can be saved by installing a green roof?

How much rainwater can be collected and used for watering and other useful purposes every year? What would be the savings in the drinking water?

What is the amount of investment in a green roof compared to a conventional roof?

What are the possibilities for placement of such infrastructure in the Slovene environment?

Through my thesis, I came to a conclusion that the energy savings are difficult to evaluate, but after the conducted research, it has been proved that we can cut cooling costs in summer and heating costs in winter.

I made a calculation for a four-member family regarding the share of rainwater that can be collected from the roof area of 80 m<sup>2</sup>. I came to a conclusion that 84,000 litres of rain water can be collected and retained per year, thus reducing the yearly drinking water consumption of a four-member family from 170,820 litres to 86,820 litres. This would result in reduction of drinking water costs by 50%.

On average, the investment in a flat green roof is by 35% more expensive than a conventional flat roof. However, in the long term, the investment is returned, as the green roof has proven positive effects on the energy efficiency and a positive impact on the environment and psychophysical state of the people.

As regards the possibilities for the integration of green roofs in the Slovene environment, I found, according to Tadej Ian (Ian, 2014), that in the major part of Slovenia, construction of flat roofs is not possible, and greening is not feasible either. Namely, due to large amounts of precipitations and snow cover, flat roofs are not permitted in some areas according to spatial regulation plans. However, from the point of view of rational use of stormwater, energy savings and increase of other ecosystem services, we can conclude that integration of green roofs in the Slovene environment is possible and reasonable.

## 14 VIRI IN LITERATURA

1. Antolič G. (2014) Osebna komunikacija. Šentjur (oktober, 2014)
2. Brunšek, G. (2010). Zelene strehe: prispevek k ekološki in trajnostni gradnji. Strehe & kritine: ekologija. št. 4. str. 24–25. Medmrežje:  
[http://www.ravago.si/documents/Zelene\\_strehe\\_clanek.pdf](http://www.ravago.si/documents/Zelene_strehe_clanek.pdf) (24. 4. 2014)
3. Ecosystem and their services. Medmrežje:  
[http://yosemite.epa.gov/SAB/sabcvpress.nsf/e1853c0b6014d36585256dbf005c5b71/8f5869f2c957655d85256f1200524ffc/\\$FILE/MA\\_CF\\_chap2\\_p4c\\_final.pdf](http://yosemite.epa.gov/SAB/sabcvpress.nsf/e1853c0b6014d36585256dbf005c5b71/8f5869f2c957655d85256f1200524ffc/$FILE/MA_CF_chap2_p4c_final.pdf) (30. 7. 2014)
4. Ekomagazin. Zelena streha – moj mali raj mod modrim nebom. Medmrežje:  
<http://www.ekomagazin.si/Dom/Bivanje/Dom/Bivanje/Zelena-streha--moj-mali-raj-pod-modrim-nebom.html> (24. 4. 2014)
5. European federation of green roof associations. Environmental advantages. Medmrežje: [http://www.efb-greenroof.eu/verband/fachbei/fa01\\_englisch.html](http://www.efb-greenroof.eu/verband/fachbei/fa01_englisch.html)(24.4.2014)
6. Green roofs for healthy cities: Introduction to green walls. Medmrežje:  
[http://web.peralta.edu/das/files/2012/03/Green-Walls-Intro-908b\\_c2.pdf](http://web.peralta.edu/das/files/2012/03/Green-Walls-Intro-908b_c2.pdf) (30.9.2014)
7. Green roof handbook. Conservation technology. Medmrežje:  
<http://www.conservationtechnology.com/documents/GreenRoofHandbook1008.pdf> (28. 7. 2014)
8. Hluszyk, H., Stankiewicz, A. (1998). Slovar ekologije. Ljubljana, DZS.
9. Ilešič, A. (2010). Stroškovna analiza zelene strehe. Maribor, Fakulteta za gradbeništvo. (24. 4. 2014)
10. Ian T. (2014). Osebna komunikacija. Intervju s Tadejem Ianom na sedežu podjetja Aurig (maj, 2014)
11. Improved air quality. Nedlaw, living roofs. Medmrežje:  
[http://www.roofgreening.ca/content/AirQuality\\_Final.pdf](http://www.roofgreening.ca/content/AirQuality_Final.pdf) (9. 5. 2014)
12. Klavora, F., Simič, M. (2008). Zgornja trdnjava. Medmrežje:  
<http://www.kluze.net/zgornja-trdnjava> (24. 4. 2014)
13. Knaufinsulation. Sistem zelenih streh. Medmrežje:  
<http://www.knaufinsulation.si/sites/si.knaufinsulation.net/files/URBANSCAPE-PROSPEKT-Sistem-zelenih-streh.pdf> (9. 5. 2014)
14. Kunič, R. (2007). Ozelenjene strehe: vabijo poglede in plemenitijo delovno in bivalno okolje. Gradbenik. Ljubljana, št. 9, str. 130–132. Medmrežje:  
<http://www.fragmat.si/download/clanki/Ozelenjene%20strehe.pdf> (24. 4. 2014)
15. Kunič, R. (2008). Vrste ozelenjenih streh in napotki projektantom: urbanim okoljem trajno povrnemo naraven izgled le s pravilno izbiro in natančnim načrtovanjem sistema ozelenjenih streh. Gradbenik. Ljubljana, št. 5, str. 12–14. Medmrežje:  
<http://www.fragmat.si/download/clanki/Vrste%20ozelenjenih%20streh%20in%20napotki%20projektantom.pdf> (24. 4. 2014)



16. Kunič, R. (2008a). Sestavni elementi ozelenjenih streh. Gradbenik. Ljubljana. 2008, št. 6, str. 42–44. Medmrežje: <http://www.fragmat.si/download/clanki/Sestavni%20elementi%20ozelenjenih%20streh.pdf> (28. 7. 2014)
17. Kunič, R. (2012). Ozelenjene strehe: zgodovinski razvoj in osnovni koncept. Gradbenik. Ljubljana, št. 2, str. 114–116. Medmrežje: [http://www.fragmat.si/download/clanki/ozelenjene\\_strehe\\_zgodovinski\\_razvoj\\_in\\_osnovni\\_koncept.pdf](http://www.fragmat.si/download/clanki/ozelenjene_strehe_zgodovinski_razvoj_in_osnovni_koncept.pdf) (24. 4. 2014)
18. Mamič, O. (2010). Ponovno rojstvo zelenih streh. Medmrežje: <http://www.primorske.si/Priloge/Sobota/Ponovno-rojstvo-zelenih-streh.aspx> (24. 4. 2014)
19. Marin, J. (2011). Zelene strehe: klasična gradnja zlasti v mestih odvzame naravi veliko zelenih površin, vendar pa ji lahko delček zelenja povrnemo z ozelenitvijo streh in tako izboljšamo mikroklimatske razmere v okolju. Kvadrati: naravi in človeku prijazno. Maribor, 2011, št. 373, str. 36–38. Medmrežje: [http://www.aurig.si/images/stories/mediji/2011-03-28-kvadrati-zelene\\_strehe.pdf](http://www.aurig.si/images/stories/mediji/2011-03-28-kvadrati-zelene_strehe.pdf) (13. 5. 2014)
20. Medmrežje 1: <http://www.zelenastreha.si/xeroflor-zelene-strehe/fotogalerije/posevna-streha-braslovce> (13. 5. 2014)
21. Medmrežje 2: <http://nep.vitra.si/ukrep.php?id=761&fid=4354#fid> (13. 5. 2014)
22. Medmrežje 3: <http://commons.bcit.ca/greenroof/faq/why-green-roofs-benefits/> (15. 5. 2014)
23. Medmrežje 4: [http://www.zinco-greenroof.com/EN/benefits/ecological\\_benefits.php](http://www.zinco-greenroof.com/EN/benefits/ecological_benefits.php) (15. 5. 2014)
24. Medmrežje 5: <http://www.fragmat.si/> (28. 7. 2014)
25. Medmrežje 6: <http://humko.si/zelene-strehe.html> (28. 7. 2014)
26. Medmrežje 7: <http://www.greenroofs.com/content/2010earthday-photocontest.htm> (31. 7. 2014)
27. Medmrežje 8: [http://www.natreg.eu/pohorje/uploads/datoteke/lovenska\\_ZloZenka\\_www\(1\).pdf](http://www.natreg.eu/pohorje/uploads/datoteke/lovenska_ZloZenka_www(1).pdf) (30. 7. 2014)
28. Medmrežje 9: <http://greenroofblocks.com/products/green-paks/> (31. 7. 2014)
29. Medmrežje 10: <http://www.aurig.si/> (24. 4. 2014)
30. Medmrežje 11: <http://www.stat.si/> (31. 7. 2014)
31. Improved stormwater management. Nedlaw, living roofs. Medmrežje: [http://www.roofgreening.ca/content/Improved\\_Final.pdf](http://www.roofgreening.ca/content/Improved_Final.pdf) (9. 5. 2014)
32. Nemanič, K. (2011). Strehe, kritine in ostrešja: ravne naj bodo ozelenjene. Delo in dom. Ljubljana, 2011, str. 26–30. Medmrežje: <http://www.deloindom.si/ravne-naj-bodo-ozelenjene> (13. 5. 2014)

33. Oblak, M. 2012: Viseči vrtovi v Babilonu. Medmrežje:  
<http://www.zgodovinarika.si/viseci-vrtovi-v-babilonu> (24. 4. 2014)
34. Planning guide. System solutions for thriving green roofs. ZinCo GmbH Medmrežje:  
[http://www.zinco-greenroof.com/EN/downloads/pdfs/Green\\_Roof\\_System\\_Solutions.pdf](http://www.zinco-greenroof.com/EN/downloads/pdfs/Green_Roof_System_Solutions.pdf) (28. 7. 2014)
35. Reducing urban heat island: compendium of strategies. Green roofs. Medmrežje:  
<http://www.epa.gov/heat island/resources/pdf/GreenRoofsCompendium.pdf> (30. 7. 2014)
36. Simonič, T., Dobrilovič, D. (2005). Vloga ozelenjevanja streh in fasad pri prenovi objektov. AR. Ljubljana, 2005, št. 2, str. 44–49. Medmrežje:  
<http://www.objemnarave.si/downloads/ar2005-2-ClanekRevijaAR.pdf> (9. 5. 2014)
37. Snodgrass, E. C., McIntyre, L. (2010). The green roof manual: a professional guide to design, installation and maintenance. London, Timber Press.
38. Vučina Vršnak, A. 2013: Stičišče slovenskih energetikov: Zelene strehe hladijo. Medmrežje: [www.energetika.net/novice/news/zelene-strehe-hladijo](http://www.energetika.net/novice/news/zelene-strehe-hladijo) (9. 5. 2014)
39. Wark, C. G. 2003: Green roof specifications and standards. Medmrežje:  
<http://www.fussypainting.com/pdf/GreenRoof.pdf> (28. 7. 2014)
40. Wong, M. 2011: Environmental benefits of green roofs. Medmrežje:  
<http://www.nea.gov.sg/cms/sei/pss23slides.pdf> (31. 7. 2014)

## 15 PRILOGE

## PRILOGA 1: Obračun komunalnih dobrin oziroma storitev

**KOMUNALNO PODJETJE VELENJE, d. o. o.**

Koroška cesta 37/b, p. p. 92, 3320 Velenje, TEL.: (03) 896-11-00, FAX: (03) 896-11-27  
 TRR: 0242 6001 2967 176 NLB d.d., 0600 0003 8175 619 Banka Celje d.d.  
 ID Številka za DDV: SI55713998, Matična številka: 5222109  
 Registracija: Ciklično sodišče v Celju SRG 497/97, Osnovni kapital: 1.126.932,00 EUR  
<http://www.kp-velenje.si> E-mail: [kpvd@kp-velenje.si](mailto:kpvd@kp-velenje.si)

Stran 1 od 3  
14109352

**OBRAČUN KOMUNALNIH DOBRIN OZ. STORITEV**  
**JANUAR - JUNIJ 2014**

Šifra PP: 8549

Številka računa: **14109352**  
 Kraj in datum izdaje: **30.06.2014**  
 Obdobje: **201406**  
 Datum zapadlosti: **31.07.2014**

**1. Mrzla voda 101299.0000.1****Š:101299-1**

Datum odčitka	Opis odčitka	Števec	Stanje	Poraba	Količina
04.12.2013	Prejšnje stanje	101299-1	30,00		
30.06.2014	Odbitek mrzle vode	101299-1	117,00	87,00	87,00
03.06.2014	ZA OBRAČUN				87,00

Zap. Stanje/opis	Količina EM	Cena brez DDV	Znesek brez DDV	DDV%	Znesek DDV	Vrednost z DDV
1 Omrežnina voda	6,0000 kom	4.81920	28,92	9,5%	2,78	31,68
2 Vodarina	87,0000 m3	0,58360	50,77	9,5%	4,82	55,59
3 Vodno povračilo	41,8178 m3	0,06410	2,68	9,5%	0,25	2,93
4 Vodno povračilo	45,1822 m3	0,09770	4,41	9,5%	0,42	4,83
5 Omrežnina odvajanje odplak	6,0000 kom	2,17110	13,02	9,5%	1,26	14,28
6 Odvajanje odplak	87,0000 m3	0,27300	23,75	9,5%	2,26	26,01
7 Omrežnina čiščenje odplak	6,0000 kom	3,57700	21,48	9,5%	2,04	23,52
8 Čiščenje odplak	87,0000 m3	0,54700	47,59	9,5%	4,52	52,11
9 Okolj.daj. za onesn. okolja (priključeni na ...)	87,0000 m3	0,05280	4,59	0,0%	0,00	4,59
DDV - znižana stopnja			9,5% Osn:		192,62 Davek:	18,33
Ne gre v davčno evidenco			0,0% Osn:		4,59 Davek:	0,00
Skupaj OM v EUR						216,54

**2. Ogrevanje prostorov 101299.0000.4****Š:101299-4**

Datum odčitka	Opis odčitka	Števec	Stanje	Poraba	Količina
04.12.2013	Prejšnje stanje	101299-4	59,60		
03.06.2014	Odbitek ogrevanje prostorov	101299-4	72,90	13,30	13,30
03.06.2014	ZA OBRAČUN				13,30

Zap. Stanje/opis	Količina EM	Cena brez DDV	Znesek brez DDV	DDV%	Znesek DDV	Vrednost z DDV
Ogrevanje prostorov po merilniku	13,3000 MWh	22,35070	297,26	22,0%	65,40	362,66
Prispevek za podpore - dalj. toplota	0,0161 MWh	0,99627	0,02	22,0%	0,00	0,02
3 Dodatek k ceni - daljinska toplota	13,3000 MWh	0,50000	6,65	22,0%	1,46	8,11
4 Obračunska toplotna moč	17,2686 kW	14,70400	253,92	22,0%	55,86	309,78
5 Števnina toplotna energija	6,0000 KOM	4,12080	24,72	22,0%	5,46	30,18
DDV - osnovna stopnja			22,0% Osn:		582,57 Davek:	128,18
Skupaj OM v EUR						710,75

Obtmi &gt;&gt;&gt;