



Центар за одржлив развој „Алка“

Октомври, 2025

Пре - физибилити студија

Зелени решенија за адаптација на климатски промени и енергетска ефикасност

Корисник на проектот  
Општина Куманово



Проектот е финансиски поддржан од  
Министерство за  
животна средина и  
просторно планирање





## ИНФОРМАЦИИ ЗА ПРОЕКТОТ

|                               |                                                                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Име на проектот:</b>       | Зелени решенија за адаптација на климатски промени и енергетска ефикасност |
| <b>Број на договор:</b>       | AA-010595-003                                                              |
| <b>Потписник на проектот:</b> | Центар за одржлив развој „Алка“                                            |
| <b>Адреса:</b>                | Бул. Октомвриска Револуција<br>8-2/4, 1000 Скопје                          |
| <b>Телефон:</b>               | +389 075 317 070                                                           |
| <b>Контакт лице:</b>          | Елизабета Ѓорѓиевска                                                       |
| <b>E-mail:</b>                | <a href="mailto:elizabetha.gj@alka.org.mk">elizabetha.gj@alka.org.mk</a>   |



## Содржина

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Листа на кратенки и акроними .....                                                      | 6  |
| 0. Синопис на проектот .....                                                            | 7  |
| 1. Вовед во концептот на зелени кровови и зелени фасади .....                           | 8  |
| 1.1 Дефиниција .....                                                                    | 8  |
| 1.2 Зелени кровови .....                                                                | 8  |
| 1.3 Зелени фасади .....                                                                 | 13 |
| 2. Придобивки од инсталација на зелени кровови и зелени фасади .....                    | 16 |
| 2.1 Зголемување на енергетските перформанси .....                                       | 16 |
| 2.2 Подобрување на квалитетот на воздухот .....                                         | 17 |
| 2.3 Регулација на температура и намалување на ефектот на урбани топлински острови ..... | 18 |
| 2.4 Управување со атмосферски води .....                                                | 19 |
| 2.5 Пролонгирање на животниот век на крововите и фасадите .....                         | 20 |
| 2.6 Управување со бучава .....                                                          | 21 |
| 2.7 Зачувување на биодиверзитетот и природните живеалишта .....                         | 21 |
| 2.8 Подобрување на здравјето и благосостојбата .....                                    | 22 |
| 2.9 Естетско подобрување .....                                                          | 23 |
| 2.10. Квантификација на придобивките .....                                              | 23 |
| Зголемување на енергетските перформанси .....                                           | 25 |
| Подобрувањето на квалитетот на воздухот .....                                           | 27 |
| Пролонгирање на животниот век .....                                                     | 28 |
| Управување со бучава .....                                                              | 28 |
| Естетско подобрување .....                                                              | 29 |
| 3. Проценка на зелени решенија .....                                                    | 29 |
| 3.1. Избор на зелено решение за Општина Куманово .....                                  | 29 |
| 3.2. Ризици и предизвици .....                                                          | 29 |
| 4. Пилот проекти .....                                                                  | 31 |
| 4.1. Општинско средно техничко училиште „Наце Буѓони“ .....                             | 31 |
| 4.2. Урбани отворени површини .....                                                     | 35 |
| Прва урбана површина: паркингот пред Домот на културата .....                           | 35 |
| Втора урбана површина: паркинг пред градски базен .....                                 | 37 |
| 5. Анализа на трошоци и придобивки .....                                                | 39 |
| 5.1. Капитални инвестиции во инфраструктура за зелени фасади .....                      | 40 |
| 5.2. Инвестиции за одржување на инфраструктура за зелени фасади .....                   | 41 |
| 5.3. Монетарни трошоци и придобивки од инсталацијата на зелени фасади .....             | 41 |
| 5.4. Анализа за економска изводливост за примена на зелени фасади .....                 | 41 |
| Финансиска анализа .....                                                                | 42 |
| Економска анализа .....                                                                 | 42 |
| Социјално-еколошка анализа .....                                                        | 44 |
| 5.5. Капитални инвестиции за отворање на запечатени површини .....                      | 46 |



|     |                                                                       |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 6.  | Заклучок.....                                                         | 47 |
| 7.  | Дополнителни препораки.....                                           | 48 |
| 8.1 | Промоција на зелени кровови .....                                     | 48 |
| 8.2 | Урбани шуми .....                                                     | 49 |
| 8.3 | Зелени паркинг простори.....                                          | 49 |
| 8.4 | Ладни кровови .....                                                   | 51 |
| 8.5 | Озеленето поплочување .....                                           | 51 |
| 8.6 | Иновативни мерки .....                                                | 53 |
|     | Референци .....                                                       | 57 |
|     | Анекси .....                                                          | 59 |
|     | Анекс I – Финансиска понуда добиена за изведба на зелени фасади ..... | 59 |
|     | Анекс II – Предмер пресметка за отварање на запечатени површини ..... | 61 |



## Листа на кратенки и акроними

|       |                                                                                          |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| IRR   | Внатрешна стапка на поврат                                                               |
| NPV   | Нето сегашната вредност (NPV)                                                            |
| SECAP | Sustainable Energy and Climate Action Plan – Акцискиот план за одржлива енергија и клима |
| UHI   | Urban Heat Island – Урбан топлински остров                                               |



## 0. Синопис на проектот

Согласно проектот, општата цел на оваа задача е зајакнување на климатската отпорност и енергетската ефикасност во Куманово преку имплементација на природни решенија за адаптација и ублажување на климатските промени. Целта на оваа задача е да се процени потенцијалот за примена на зелени кровови, зелени фасади и отворање на запечатени урбани површини, во согласност со Акцискиот план за одржлива енергија и клима (SECAP) на градот и националните стратешки приоритети.

Центарот за одржлив развој „Алка“ е избран за поддршка во рамките на Програмата за инвестирање во животна средина 2025 за спроведување на оваа задача во времетраење од три месеци (јули–октомври 2025). Услугите ќе се реализираат преку шест главни активности:

Активност 1: Иницијален состанок и подготвителен план со Општина Куманово и засегнатите страни;

Активност 2: Скрининг и теренско истражување на јавни објекти и урбани простори;

Активност 3: Техничка и економска пре-физибилити анализа на избрани пилот-локации;

Активност 4: Организација на јавна презентација/работилница со засегнатите страни;

Активност 5: Промоција на проектот и активностите преку онлајн платформи;

Активност 6: Подготовка на финален извештај и препораки за следни чекори.

Овој Технички извештај (ТИ) ќе ја претставува пре-физибилити студијата подготвена во рамки на Активноста 3, со опфат на техничките, економските и еколошките аспекти на предложените решенија. Пилот проектите идентификувани во рамки на Активноста 2 и потврдени преку консултации со засегнатите страни ќе бидат основа за изработка на пре-физибилити анализата. Ќе бидат разгледани најмалку два јавни објекта со потенцијал за зелени кровови/фасади и една урбана површина за отворање на запечатени простори.

Како резултат на Активноста 3, студијата ќе даде заклучоци за изводливоста на избраните пилоти, потребниот обем на инвестиции и можностите за проширување на природните решенија на други делови од Куманово. Студијата ќе ги претстави и придобивките во однос на подобрена енергетска ефикасност, управување со атмосферските води, апсорпција на CO<sub>2</sub> и зголемен биодиверзитет.

Финално, преку Активностите 4 и 5 проектот ќе обезбеди активно вклучување на заедницата, подигнување на јавната свест и ангажман на стручните фели како архитекти, урбанисти и инженери. Наодите ќе бидат презентирани преку јавна работилница, прес-конференција и онлајн кампања. Во рамки на Активноста 6 ќе се подготви финален извештај со практични препораки и стратегии за понатамошна имплементација, што ќе обезбеди одржливост и усогласеност со СЕКАП на Куманово и националните климатски заложби.



## 1. Вовед во концептот на зелени кровови и зелени фасади

### 1.1 Дефиниција

**Зелен кров** е систем кој на кровната конструкција интегрира слоеви за вегетација, почвен супстрат и дренажа, со цел да се создаде жив екосистем на површината на зградата. Тој овозможува природна изолација, ја намалува апсорпцијата на топлина, придонесува за управување со атмосферските води и ја подобрува енергетската ефикасност, истовремено зголемувајќи го биодиверзитетот и квалитетот на урбаната средина.

**Зелена фасада** претставува вертикален систем за озеленување на надворешните ѕидови на објектите, кој може да биде изведен со директно садење на растенија во почва или со користење на специјализирани конструкции и панели за вертикално градинарство. Таа има функција да обезбеди природна изолација, да ја намали изложеноста на сончево зрачење и загадувачи, да ја подобри естетиката и да придонесе за почист и поздрав урбан амбиент.

### 1.2 Зелени кровови

Постојат два главни типа на зелени кровови: интензивни и екстензивни. Интензивните кровови имаат тенденција да бидат длабоки повеќе од 15 см, што овозможува раст на поголеми растенија како што се дрвја и грмушки. Со големата дебелина на почвата и висината на растенијата, интензивниот кров е изложен на поголемо структурно оптоварување. Како такви, тие бараат повеќе одржување, распоред за наводнување, наводнување и хранење. Оваа дополнителна тежина и одржување е она што ги прави овие кровови поскапи. Растенијата избрани за интензивен кров имаат тенденција да се избираат врз основа на визуелната привлечност.

Од друга страна, екстензивните кровови содржат помали растенија, вклучувајќи грмушки, седуми (ниско поставени покривки на земјиштето) и билки. Тие се самоодржливи освен за двогодишно одржување каде што леите се плеват и ѓубрат. Тие имаат тенденција да имаат пониски трошоци за изведба и одржување. Поради ниското ниво на сите растенија, тие често се изложени на повеќе временски услови како што се ветер и мраз. Како такви, при изборот на растенија што се користат за екстензивен кров, се одбираат растенија што се вообичаени за областа и можат да издржат сурови услови. Екстензивните кровови се поефикасни од аспект на заштита на животната средина од интензивните кровови.

При избор помеѓу интензивен и екстензивен кров, главното прашање е дали кровот треба редовно да го посетуваат луѓе. Ако одговорот е да, тогаш е потребен интензивен кров. По природа, интензивните кровови се визуелно попривлечни и затоа се погодни за дневни јавни посети.

Зелените кровови можат да се постават и на стари (постоечки) и на нови згради. Сепак, поради дополнителната тежина, се препорачува да се направи студија за изводливост (статичка проценка на носивоста) за сите стари згради за да се осигури дека можат да го издржат дополнителното структурно оптоварување.

Во рамките на различните видови зелени кровови, може да се користат различни системи или технологии за зелени кровови. Трите најчести системи се: комплетни, модуларни и претходно култивирани вегетативни покривки.

**Комплетни системи:** Овој тип на систем може да се додаде на кровот или за време или по изградбата и се состои од сите различни компоненти на кровот, од мембраната на кровот до растенијата. Иако овој систем на кровови нуди најголем избор во однос на мембраните, медиумите и растенијата што се користат, тој придонесува за најголемо структурно оптоварување, што значи повисоки трошоци за градење.



**Табела 1: Споредба на предностите и недостатоците на интензивните и екстензивните кровови <sup>1</sup>**

| Интензивни зелени кровови                     | Екстензивни зелени кровови                           |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Предности</b>                              |                                                      |
| Поголема разновидност на растенија и опции    | Лесен                                                |
| Визуелно привлечно                            | Мала потреба од одржување                            |
| Добра изолација                               | Ниска цена                                           |
| Се користи како отворен простор               | Работи на постари кровови                            |
| Професионално за поголема заштеда на енергија | Полесно се заменува                                  |
| Поголемо задржување на атмосферските води     | Честопати нема систем за наводнување или одводнување |
| <b>Недостатоци</b>                            |                                                      |
| Голема тежина                                 | Мал избор на растенија                               |
| Потребен систем за наводнување/одводнување    | Нема пристап за рекреација                           |
| Висока цена                                   | Непривлечно                                          |
| Висока одржување                              | Помалку задржување на атмосферска вода               |
| Висока цена за замена                         |                                                      |
| Потребна е поголема експертиза                |                                                      |

Постојат неколку компоненти што го сочинуваат системот на зелен кров кои во продолжение ќе бидат детално објаснети.

#### **(i) Хидроизолација на кровот**

Првото прашање е дали кровот веќе има хидроизолационен слој бидејќи водоотпорноста е клучен дел од заштитата на конструкцијата. Во случај да не постои хидроизолација, истата е потребно да се вклучи како слој од зелениот кров.

#### **(ii) Заштитна мембрана од корени**

Се препорачува да се вклучи оваа заштитна мембрана над примарниот слој за хидроизолација за да се спречи оштетување на конструкцијата од страна на корените. Ова се тенки полиетиленски пластични мембрани кои едноставно можат да се постават преку слојот за хидроизолација и да се спојат со лента.

Кај интензивните кровови, заштитните мембрани се неопходни поради потенцијално подрвените и посилните корени на вегетацијата.

#### **(iii) Дренажна мембрана**

Дренажниот слој на системот на зелен кров е од витално значење. Тој се справува со дождовницата и атмосферската вода, овозможувајќи им безбедно да се одводнуваат подалеку од кровот, насочувајќи ја кон олуците и цевките. Со справување со вишокот вода, се спречува оштетување на структурата, како и на растенијата од заситеност и оштетување на корените.

<sup>1</sup> Feasibility Study for Green Roof Application on Queen's University Campus



#### **(iv) Филтерски слој / геотекстилен филтер**

Филтерскиот слој на зелен кров е дизајниран да спречи почвата и другите подлоги, како и остатоците, да ги полнат шуплините на дренажната мембрана.

#### **(v) Подлога за одгледување на зелен кров**

За успешно одгледување вегетација на кровна конструкција, потребно е да се избере вистинската подлога или медиум за одгледување. Честа грешка е да се мисли дека може да користите само почва.

Исто така, честа грешка е што седумските подлоги и седумските кебиња не бараат дополнителен медиум за одгледување и можат да се постават врз дренажните и филтерските слоеви. Иако корените на седумското ќебе се релативно плитки, секогаш е потребно да се обезбеди дополнителен медиум за одгледување. Минимална длабочина од 20 mm е прифатлива.

За други видови вегетација, е потребен супстрат за одгледување кој е лесен, помага со дренажата, но е доволно апсорбирачки за да ја задржи водата за соодветно да го поддржи растот на растенијата.

Многу медиуми за одгледување на зелен кров се специјално дизајнирани, како мешавина од агрегат и органски материјали согласно потребите.

На пазарот постојат различни супстрати за зелен кров. Тие често вклучуваат неколку различни материјали измешани заедно за да се создадат карактеристиките потребни за добар раст на вегетацијата. Тука спаѓаат тули и агрегати, компост, средно глинени почви, па дури и вулкански карпи како лава и пемза (кои се сите природни и еколошки).

#### **(vi) Вегетација**

Погодни растенија за екстензивни зелени кровови се треви, мовови и седуми.

Погодни растенија за интензивни зелени кровови – препорачаните растенија се отпорни на суша, сонце и ветер.

### **Проектирање на зелен кров**

Проектирањето на зелениот кров треба да обезбеди соодветно задржување на водата, соодветна дренажа, структурно оптоварување и длабочина на подлогата за растење на зелениот кров.

Длабочината варира во зависност од видот на кровот што го градите и се движи во следните соодноси:

- Екстензивен = 25 – 120 mm
- Полуекстензивен / Полуинтензивен = 120 - 200 mm
- Интензивен = 1000 mm

При проектирање на зелени кровови, потребно е да се обрне внимание на следниве елементи:

- Наклон на кровот



- Структурно оптоварување
- Хидроизолација на кровот
- Задржување на водата за поддршка на вегетацијата
- Одводнување на вишокот вода

Кога станува збор за структурално проектирање на зелен кров, потребно е да се осигура дека структурата може да се справи со дополнителното оптоварување.

### **Инсталација на зелен кров**

Следните чекори се однесуваат на изградба на екстензивен зелен кров. Изградбата на интензивен кров е во голема мера иста, но може да вклучува дополнителни елементи.

**Прв чекор** - Примарен слој за хидроизолација. Кровот треба да биде водоотпорен. Некои кровови веќе имаат водоотпорен слој.

**Втор чекор** - Инсталирање на коренска бариера. Развлечете ја пластичната коренска бариера по должината на кровот и исечете ја по големина. Треба да се преклопи и запечати со лента каде што е потребно.

**Трет чекор** – Поставување на дренажна мембрана на зелен кров. Откако ќе се постави коренската бариера, потребно е да се расклопи дренажната мембрана на зелениот кров или дренажните плочи по должината на кровот и да се исече мембраната по големина. Доколку мембраната не содржи интегриран слој за филтрирање на геотекстил, тогаш треба да се инсталира во оваа фаза. Геотекстилниот елемент треба да се преклопува најмалку 100 mm.

**Четврт чекор** – Одгледување на подлога. Ова веројатно ќе биде некоја форма на комбинација од агрегат и органски материјал. Треба да се распореди рамномерно низ целата површина на кровот до потребната длабочина според дизајнот. Забелешка: Доколку користите седумски подлоги или кебиња, тогаш овој чекор може да се прескокне.

**Петти чекор** – Садење семе / вегетативен слој. Забелешка: Доколку кровот има потпора, ќе му треба граница од камчиња за да се помогне во дренажата (видете ја сликата подолу). Најдобриот начин е да поставите раб од чакал од 200 mm околу целиот раб на кровот. Камчињата одат на основата за задржување на вода и дренажа. Никогаш не ставајте камчиња на хранливата подлога за да избегнете проблеми со плевелите.



**Слика 1: Камена рамка околу работ на кровот**



## **Одржување**

Вршењето рутинско, превентивно одржување е од суштинско значење за одржување на зелените кровови. Целото одржување треба да го врши обучен и квалификуван персонал и со користење на најдобри практики за хортикултура и безбедност. Работата на издигнати конструкции може да бара обука за безбедност и специјализирана, заштитна опрема.

Кога се изградени правилно, екстензивните зелени кровови бараат релативно малку одржување. Со соодветни услови, зелените кровови се саморегулирачки. Видот на активности за одржување потребни за зелен кров ќе зависи од насадите и регионалната клима.

Основното одржување на зелениот кров вклучува наводнување, плевање и грижа за растенијата. Проактивното одржување секогаш е најдобра опција.

**Наводнување** - Екстензивните зелени кровови обично не бараат вградени системи за наводнување во повеќето региони. Сепак, за време на периоди на продолжена суша, екстензивниот зелен кров треба да се наводнува за да се одржи здравјето на растенијата. Како општо правило, ако природните врнежи се  $< 1.5$  см во период од 10-15 дена за време на сезоната на растење, може да биде потребно наводнување или растенијата може да станат неактивни или да пропаднат. Продолжените температури над 30 Целзиусови степени и/или многу ветровити локации можеби ќе треба да се наводнуваат порано. Дополнителното наводнување треба да вклучува нанесување на приближно 2.5 см вода еднаш неделно додека не се вратат поумерените врнежи. Во сушни клими се препорачуваат трајни системи за наводнување за сите системи на зелени покриви.

**Плевање** - Зелениот покрив треба визуелно да се проверува и да се плеви на секои 2-4 недели во текот на сезоната на растење. Важно е да се отстрани плевелот пред да процвета и да се сее за да се минимизираат идните напори. Како и секоја градина, превентивното, редовно плевање има најдобри резултати со најмал вкупен напор. Во повеќето клими, за зелените покриви плевањето ќе бара околу 10 до 20 работни часови годишно. При плевањето, добра идеја е да се проверат одводите на покривот и да се осигура дека водата што не ја користи зелениот покрив може слободно да се исцеди од покривот преку соодветниот систем за одводнување.

**Грижа за растенијата** - Грижата за растенијата на зелениот покрив има две основни компоненти - ѓубрење и кастрење. Ѓубрењето треба да се спроведува најмалку еднаш годишно напролет во првите 3-5 години по инсталацијата, а потоа по намален распоред ако тестирањето на почвата и перформансите на растенијата сугерираат дека е препорачливо. Може да се предложи и ѓубрење кон крајот на летото или почетокот на есента, во зависност од мешавината на растенијата и регионот, но генерално не е потребно. Избегнувајте хранење во текот на најжешките/најсушните делови од годината или кон крајот на сезоната кога растенијата треба да влезат во мирување или помалку активна фаза. Хранливите материји треба да се додаваат со гранулирано ѓубриво со бавно ослободување (минимум 3 месеци) со целен сооднос N-P-K од 18-6-12. Алтернативно, може да се користи генеричко ѓубриво за уредување со бавно ослободување од 10-10-10. Тестовите на почвата се препорачуваат секоја година или секоја втора година, со целни вредности исти како и за општото уредување. На секои две до три години, потстрижете го зелениот покрив за да поттикнете дополнителен развој на листовите на круната на растението и да ги распоредите регенеративните резници низ системот во текот на пролетната сезона. Може да се користи тример со жици или дури и косилка за трева поставена на максимална висина на сечилото.



Табела 2: Сезонско одржување на зелен кров

| Тип на растение         | Пролет                                                                       | Лето                                                                                                   | Есен                                                                                       |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Седум                   | Ѓубриво (април)<br>Плевање (мај)<br>Кастрење (опционално – мај)              | Плевање (на секои 2-4 недели)<br>Наводнување (за време на суши)                                        | Плевање (октомври)                                                                         |
| Повеќегодишни растенија | Кастрење (март-април)<br>Ѓубрење (април)<br>Пресадување (доколку е потребно) | Плевање (на секои 2 недели)<br>Активирајте го системот за наводнување                                  | Плевање (октомври)<br>Пресадување (доколку е потребно)<br>Зимска подготовка за наводнување |
| Декоративни треви       | Кастрење (март-април)<br>Ѓубрење (април)<br>Пресадување (доколку е потребно) | Плевање (на секои 2 недели)<br>Поставете распоред за наводнување (или користете систем за наводнување) | Плевање (октомври)<br>Пресадување (доколку е потребно)<br>Зимска подготовка за наводнување |

За интензивни зелени покриви и градини, одржувањето и грижата за растенијата е почесто и генерално во согласност со барањата за уредување на приземје. Зелените покриви што вклучуваат „полуинтензивни“ и „интензивни кровни градини“, обично вклучуваат поголеми и поразновидни насади како што се пониски дрвја, грмушки, украсни треви и тревни повеќегодишни растенија и затоа одржувањето е поинтензивно и почесто и слично на другите градини на приземје.<sup>2</sup>

### 1.3 Зелени фасади

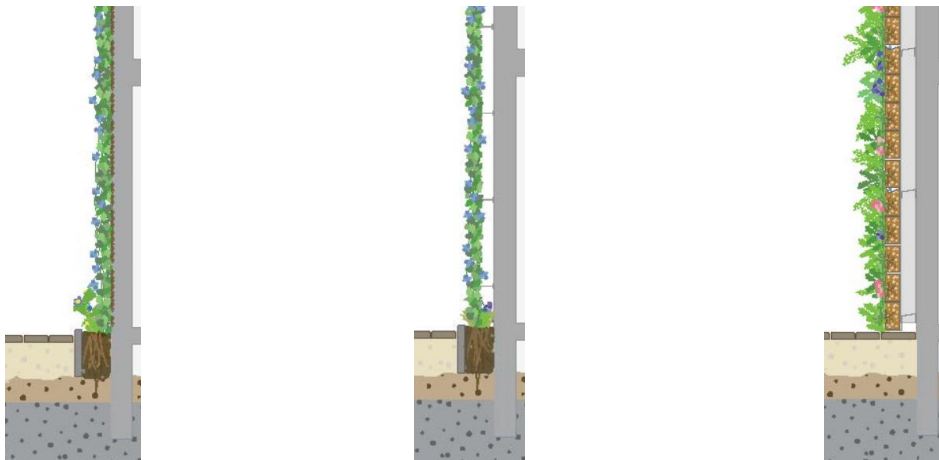
Зелените фасади претставуваат современо решение за интеграција на вегетацијата во архитектурата. Постојат неколку различни видови на зелени фасади, детално опишани во продолжение.

- (i) **Директни зелени фасади (direct greening)** - кај кои растенијата се прилепуваат непосредно до ѕидот на објектот. Оваа само-адхезивност се постигнува преку воздушни корени или лепливи израсоци со кои тие се качуваат и се одржуваат на вертикалната површина. Растенијата се садат во подножјето на зградата или во жардинери и директно се искачуваат по фасадата. Најчесто користени видови се бршленот, партенокисусот и качувачката хортензија. Главната предност на овој систем е едноставноста на инсталација и ниската цена, но истовремено постои ризик од акумулација на влага и механички оштетувања на фасадата. Поради тоа, директното озеленување се препорачува за објекти со робусни ѕидни материјали, кои можат да издржат подолготрајно изложување на вегетација.
- (ii) **Индијектни зелени фасади (indirect greening)** – кај кои растенијата не доаѓаат во директен контакт со ѕидот, туку се развиваат со помош на потпорни конструкции, како кабли, решетки или метални рамки. Овие конструкции се монтираат на одредено растојание од фасадата и овозможуваат подобра заштита на објектот, а воедно создаваат и воздушен слој кој делува како дополнителна изолација. Во рамки на овој систем се вбројуваат различни подтипови зависно од начинот на кој растенијата се качуваат: некои ги обвиткуваат своите стебла околу поддршката (глицинија), други користат видоизменети листови и петеоли кои се завиваат околу каблите (винова лоза, клематис), додека трети се искачуваат со помош на трње или куки (качувачки рози, зимски јасмин). Овој систем

<sup>2</sup> The Royal Horticultural Society Guidelines

овозможува голем избор на растителни видови и архитектонска флексибилност, но бара поголема инвестиција во конструкцијата и редовна грижа за насочување на растот.

- (iii) **Модуларни системи (modular system)** - најсложениот, но и најатрактивен тип на зелени фасади, познати и како живи сидови или вертикални градини. Тие се состојат од панели, касети или текстилни џебови исполнети со подлога во кои растенијата се садат директно. Модуларните системи секогаш имаат вграден систем за наводнување и прихрана, што овозможува одржување на разновидна вегетација, вклучувајќи треви, цветни видови, па дури и ароматични или јадливи растенија. Тие се користат и на ентериерни и на екстериерни сидови и претставуваат силен еколошки и естетски елемент во урбаната архитектура. Нивната главна предност е високата ефикасност во подобрување на микроклимата и квалитетот на воздухот, но истовремено тие бараат значајна почетна инвестиција и професионално одржување.



(i) Директна зелена фасада      (ii) Индиректна зелена фасада      (iii) Модуларен систем

**Слика 2: Видови на зелени фасади**

Во пракса, често се применуваат и хибридни системи, каде што се комбинираат елементи од различни типови. На пример, на истата фасада може да се искористат само-адхезивни растенија за основниот зелен слој, додека на одредени делови се додаваат кабли за поддршка на декоративни видови или пак модуларни панели за создавање на композиции со посилно визуелно влијание. Со оваа комбинација се постигнува оптимално користење на просторот, поголем биодиверзитет и уникатен архитектонски израз.

**Табела 3: Споредба на предностите и недостатоците на различните видови на зелени фасади**

| Директни зелени фасади    | Индиректни зелени фасади                                                                     | Модуларни зелени фасади                                                                                |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Предности</b>          |                                                                                              |                                                                                                        |
| Ниска почетна инвестиција | Фасадата е заштитена, бидејќи растенијата не доаѓаат во директен контакт со сидот            | Можност за голема разновидност од растителни видови, вклучувајќи цветни, тревни и ароматични растенија |
| Едноставна инсталација    | Многу поголем избор на растителни видови – од винова лоза и клематис до рози и зимски јасмин | Висока естетска вредност и силен визуелен ефект                                                        |



|                                                                                                               |                                                                                                     |                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Брзо создавање на зелен слој со малку интервенции                                                             | Овозможуваат разновидни архитектонски решенија – хоризонтални, вертикални или дијагонални облици    | Најголем придонес за подобрување на микроклимата и квалитетот на воздухот                |
| Едноставно одржување                                                                                          | Дополнителниот воздушен слој меѓу фасадата и зеленилото придонесува за топлинска и звучна изолација | Може да се користат и на ентериерни ѕидови (канцеларии, јавни згради и др.)              |
| Природно ладат во летниот период и го намалуваат ефектот на топлински остров во урбаните средини              |                                                                                                     | Совршено решение за објекти каде класичното садење не е можно                            |
| <b>Недостатоци</b>                                                                                            |                                                                                                     |                                                                                          |
| Ризик од оштетување на фасадата (влага, пукнатини, ерозија на малтерот)                                       | Поголема почетна инвестиција поради потребата од конструкции.                                       | Најскап систем за инсталација и одржување                                                |
| Ограничен избор на растителни видови – најчесто само бршлен, партенокисус или слични само-адхезивни растенија | Бараат редовна контрола и насочување на растот на растенијата                                       | Потребна е професионална инсталација и континуирана грижа и одржување                    |
| Помала архитектонска флексибилност во споредба со другите системи                                             | Во случаи на запуштање, конструкциите можат да станат преоптоварени и небезбедни                    | Целосна зависност од автоматизиран систем за наводнување и прихрана                      |
|                                                                                                               | Наводнувањето и одржувањето се посложени отколку кај директните фасади                              | Поголем ризик од сушење на растенијата доколку системот за вода откаже или не се одржува |

### **Инсталација на зелени фасади**

Инсталацијата на зелена фасада претставува сложен процес кој бара внимателно планирање, соработка меѓу архитекти, инженери и хортикултурни експерти, како и избор на соодветен систем во зависност од условите на објектот. Првиот чекор секогаш е анализа на подлогата и објектот. Се врши статичка проверка на фасадата и носивоста, бидејќи зелените фасади претставуваат дополнително оптоварување со тежина на вегетацијата, подлогата и водата. Исто така, се анализираат климатските услови, насоченоста кон сонцето и изложеноста на ветер, со цел да се изберат соодветни растителни видови.

Вториот чекор е изборот на систем. За објекти со помал буџет и едноставни барања може да се применат директни или индиректни системи со кабли и решетки, додека за репрезентативни згради или јавни простори најчесто се користат модуларни панели со интегрирани системи за наводнување и прихрана. Кај индиректните фасади, неопходно е поставување на метални или синтетички потпори кои ја носат вегетацијата, со растојание од 10–30 см од фасадата, со што се обезбедува воздушен слој кој делува и како изолација.

Третата фаза се однесува на подготовка на инфраструктурата. Се поставуваат жардинери или садови за растенија на подножјето на фасадата или на меѓукатни конструкции, се вградуваат системи за наводнување (најчесто „капка по капка“) и дренажа за вишокот на вода, а кај модуларните системи се инсталираат панели со подлога и автоматизирана опрема за прихрана.



На крај, следи садење и озеленување, при што се избираат растителни видови кои се соодветни за локалната клима и за конкретната ориентација на фасадата. Се препорачува комбинација на повеќегодишни видови со побрзорастечки едногодишни растенија, со цел да се постигне побрз визуелен ефект.

### **Одржување на зелени фасади**

Одржувањето претставува клучен аспект за долгорочната успешност на зелените фасади. За разлика од класичните фасади, кои се статични конструкции, зелените фасади се „живи системи“ што бараат постојана грижа.

Наводнувањето и прихраната се од суштинско значење, особено кај модуларните системи. Автоматизирани системи „капка по капка“ се препорачуваат заради оптимално користење на водата и рамномерна дистрибуција на хранливи материи. Кај индиректните фасади, каде растенијата најчесто се садат во земја, потребата за автоматизација е помала, но сепак континуираното снабдување со вода е клучно за нивниот развој.

Кроењето и обликувањето на растенијата се врши најмалку еднаш или двапати годишно, со цел да се насочува нивниот раст, да се одржи саканата форма и да се спречи преголемо оптоварување на конструкцијата. Кај индиректните фасади оваа интервенција е особено важна за да се обезбеди безбедност и стабилност.

Заштитата од болести и штетници бара редовно следење, бидејќи густата вегетација може да претставува подлога за развој на инсекти или габични заболувања. Примената на интегрирана заштита со биолошки препарати е препорачлива, особено во урбана средина.

Техничката проверка на системот е уште еден важен сегмент. Редовно се контролираат потпорните конструкции, каблите, решетките и автоматизирани системи за наводнување, за да се избегнат дефекти кои би можеле да доведат до сушење на растенијата или оштетување на фасадата.

На подолг рок, се јавува потреба од обнова на растителниот материјал, бидејќи дел од растенијата природно ќе стареат или ќе откажат. Вообичаено, на секои пет до десет години се заменува дел од вегетацијата за да се одржи густината и естетската вредност на фасадата.

## **2. Придобивки од инсталација на зелени кровови и зелени фасади**

### **2.1. Зголемување на енергетските перформанси**

Инсталацијата на зелени фасади и зелени кровови претставува интегриран пристап во одржливата архитектура, кој значајно влијае врз енергетската ефикасност на објектите. Преку процеси како сенчење, евапотранспирација и подобрена топлинска изолација, овие системи овозможуваат оптимизација на климатизацијата и греењето, намалувајќи ја годишната потрошувачка на енергија.

Во текот на летото, зелените кровови ја намалуваат изложеноста на сончевата радијација и создаваат природен „ладилник“ преку евапотранспирацијата на растенијата и подлогата. Истражувањата покажуваат дека температурата на површината на зелен кров може да биде за 25–30 °C пониска во споредба со конвенционален црн кров, што доведува до намалување на топлинскиот флуks за до 72% и на топлинскиот добив од сонцето за до 84% (Liu & Baskaran, 2003). Со ова се постигнува значителна заштеда на енергија за ладење, особено кај објекти со големи кровни површини.



Слично, зелените фасади обезбедуваат засенчување на ѕидните површини и ја намалуваат температурата на фасадата за 10–15 °C, што доведува до 20–30% помала потрошувачка на енергија за ладење (Perini & Rosasco, 2013). Воздушниот слој меѓу растителната покривка и фасадата делува како природна вентилациона бариера, редуцирајќи го преносот на топлина во внатрешноста.

Во зимски услови, и зелените кровови и фасади имаат изолациски ефект, со што се намалуваат топлинските загуби. Зелените кровови ја задржуваат топлината преку дополнителниот слој на почва и вегетација, овозможувајќи 13–33% повисока термичка отпорност и до 34% помали загуби на топлина во споредба со конвенционални кровови (Green Roofs Project Database, 2010). Зелените фасади делуваат на сличен начин, преку воздушниот јаз кој ја намалува спроводливоста на топлина, што води до заштеда од 5–15 kWh/m<sup>2</sup> годишно енергија за греење (Cameron, Taylor, & Emmett, 2014).

И зелените кровови и фасади поседуваат повисока топлинска маса од конвенционалните системи, што значи дека побавно се загреваат и оладат. Ова „термално заостанување“ резултира со намален дневен топлински пик, како и со повисоки ноќни температури на површината, што е особено корисно за објекти со 24-часовна употреба. Дополнително, оваа карактеристика ја продолжува трајноста на хидроизолационите мембрани и фасадните материјали, бидејќи тие се помалку изложени на екстремни температурни осцилации (Liu & Baskaran, 2003).

Поголем број згради имаат воздуховодни отвори и климатизациска опрема поставени на крововите или во близина на фасадите. Кај зелените системи, намалената температура во непосредната околина резултира со „помек“ влезен воздух во системите, што значи дека на климатизациската опрема и е потребна помала енергија за постигнување на саканата температура. Неколку студии укажуваат дека ефектот на овој „темпераиран воздух“ може да создаде дополнителни заштеди, поголеми од оние добиени само преку намалувањето на топлинскиот флукс (Green Roofs Project Database, 2010).

Ефектот на зелените кровови и фасади зависи од повеќе фактори:

- Клима: во суви и топли региони ефектот на евапотранспирација е посилен отколку во влажни
- Висина и ориентација на зградата: повисоките катови добиваат поголеми придобивки
- Растителни видови и подлога: изборот на растенија (на пр. *Sedum spurium*, *Sedum kamtschaticum*) и структурата на подлогата влијаат врз топлинските својства
- Ниво на одржување и наводнување: оптималното снабдување со вода е клучно за максимизирање на ефектите на евапотранспирација.

Зелените кровови и зелените фасади обезбедуваат целогодишни придобивки за енергетските перформанси на зградите. Во лето, тие ја намалуваат топлинската апсорпција и овозможуваат значителни заштеди во потрошувачката на енергија за ладење, додека во зима придонесуваат за задржување на топлината и пониски трошоци за греење. Дополнително, тие го ублажуваат ефектот на урбан топлински остров и придонесуваат за намалување на емисиите на стакленички гасови преку пониска побарувачка за енергија.

## 2.2. Подобрување на квалитетот на воздухот

Растенијата одамна се користат во урбаните средини за подобрување на квалитетот на воздухот и намалување на загадувањето. Зелените кровови и фасади имаат значајна улога во апсорпција на штетни материи како јаглерод диоксид (CO<sub>2</sub>), суспендирани честички (PM), азотни оксиди (NO<sub>x</sub>),



сулфур диоксид ( $\text{SO}_2$ ) и други гасови кои негативно влијаат врз здравјето на луѓето и климата.

Јаглерод диоксидот, како главен стакленички гас, се ослободува во атмосферата и преку природни процеси и преку активности на човекот. Зелените кровови и фасади го намалуваат овој ефект преку фотосинтеза – процес во кој растенијата го врзуваат јаглеродот и го складираат во почвата, корењата и растителните ткива. Иако по завршување на животниот циклус дел од јаглеродот повторно се ослободува, кумулативното дејство создава баланс кој има позитивно влијание врз урбаната клима.

Зелените кровови и фасади се особено ефикасни во намалување на  $\text{NO}_x$  и  $\text{PM}$  – загадувачи кои најчесто потекнуваат од согорување на горива во транспортот и индустријата. Листовите на растенијата ги апсорбираат гасовите преку стомите, а честичките се задржуваат на нивната површина или се врзуваат во почвата. Овој ефект е значаен во густо населените градски подрачја каде што сообраќајот е главен извор на загадување.

Преку засенчување и испарување на вода (евотранспирација), зелените кровови и фасади ја намалуваат температурата на воздухот околу зградите. Со тоа се редуцира и создавањето на озон на приземно ниво – загадувач кој настанува преку фотохемиски реакции во услови на високи температури.

Покрај апсорпцијата на гасови, зелените системи имаат способност да задржат и потешки загадувачи. Некои растенија како *Sedum album* и *Sedum spurium* се познати како хиперакумулатори – тие апсорбираат и складираат високи нивоа на тешки метали во своите ткива. На тој начин, зелените кровови и фасади не само што го прочистуваат воздухот, туку делуваат и како природни филтри за поопасни загадувачи.

Зелени кровови најчесто имаат подебел супстрат, што овозможува складирање на поголеми количини на  $\text{CO}_2$  и задржување на вода, со што придонесуваат за подобра изолација и енергетска ефикасност на зградите.

Зелени фасади имаат предност во директна изложеност на загадувачи од сообраќајот и подобрување на микроклимата околу пешаците и улиците. Нивната вертикална поставеност овозможува поголем контакт со урбаниот воздух, а со тоа и поголем ефект на прочистување.

И зелените кровови и фасади претставуваат ефикасни „зелени технологии“ за ублажување на урбаното загадување и климатските промени. Со правилен избор на растителни видови, длабочина и состав на подлогата, како и соодветно одржување, тие можат да станат моќен инструмент за подобрување на квалитетот на воздухот, намалување на топлинските острови и создавање поодржливи и поздрави градски средини.

### **2.3. Регулација на температура и намалување на ефектот на урбани топлински острови**

Повторното внесување на зеленило на покривите и фасадите е едно од најперспективните решенија за проблемот на урбаните топлински острови, бидејќи растенијата го намалуваат акумулираното топлинско оптоварување и овозможуваат поудобна и поенергетски ефикасна средина. Зелените кровови и зелените фасади ја намалуваат летната температура на воздухот во нивната непосредна близина и го подобруваат квалитетот на микроклимата околу зградите.

Ефектот на топлински остров може да се забележи околу градските објекти и инфраструктура (како кровови и улици), во слојот на крошни – од нивото на земја до врвовите на зградите, како и во граничниот атмосферски слој кој се издига над нив до височина и над 1 km. Истражувањата покажуваат дека во многу градови ефектот е посилен ноќе отколку дење. Главна причина за ова се темните материјали со ниска алbedo вредност (асфалт, катран, бетон), кои апсорбираат 80–95%



од сончевата радијација и ја претвораат во топлина. Белите покриви ја намалуваат апсорпцијата благодарение на повисокото алbedo, но зелените кровови и фасади обезбедуваат дополнителна предност преку процесот на евапотранспирација, каде растенијата дел од сончевата енергија ја трошат за испарување на вода, со што директно ја лади површината.

Секое зголемување од 0,6°C на амбиенталната температура предизвикува раст на пиковата побарувачка за електрична енергија за ладење од 1,5–2,0%. Со тоа, зелените кровови и фасади индиректно ја намалуваат потрошувачката на енергија, бидејќи го ублажуваат порастот на температурите во објектите и нивната околина. Овој ефект има дополнителна придобивка: фотонапонските панели поставени на покриви со пониска температура имаат поголема ефикасност и произведуваат повеќе електрична енергија.

Зелените фасади претставуваат вертикални системи на засадено зеленило (со директно прилепување или со потпорни конструкции) кои обезбедуваат засенчување на ѕидовите и нивна заштита од директна сончева радијација. Со тоа се намалува загревањето на фасадните материјали и се подобрува термичката стабилност на објектот.

И зелените кровови и зелените фасади се ефикасни алатки за намалување на урбаните топлински острови. Тие ја намалуваат апсорпцијата на топлина, ја зголемуваат рефлективноста, овозможуваат природно ладење преку евапотранспирација и создаваат поудобна и одржлива урбана средина. Нивната примена во комбинација претставува стратешки пристап за подобрување на енергетската ефикасност, квалитетот на воздухот и отпорноста на градовите кон климатските промени.

#### **2.4. Управување со атмосферски води**

Истражувањата потврдуваат дека зелените кровови претставуваат едно од најефикасните решенија за справување со обилни врнежи во урбаните средини со висока густина на изградба. Тие можат да бидат дел од план за управување со атмосферски води на ниво на локација, со што се намалува стапката на истекување на водата и се продолжува времето на нејзино задржување. Зелените кровови можат да ја намалат стапката на истекување за околу 65% и да го одложат времето на истекување и до 3 часа.

Слични придобивки обезбедуваат и зелените фасади. Со нивната вертикална структура и густ растителен покривач, тие ја задржуваат и упиваат атмосферската вода што паѓа директно на фасадите или се спроведува преку системи за наводнување. На овој начин, зелените фасади придонесуваат за намалување на количината на вода што директно завршува во канализационите системи, а истовремено ја подобруваат микроклимата околу зградата.

Зелените кровови и фасади влијаат врз атмосферските води на два главни начина:

- Зголемување на количината на вода што останува во растителниот и слојот на подлогата по врнежите.
- Намалување на брзината со која водата се пренесува во канализациониот систем.

Клучните фактори за задржување на водата се:

- Дренажниот слој
- Подлогата (субстратот)
- Растителниот слој



- Наклонот на површината
- Големината на покривот или фасадата

Конфигурацијата на слоевите и изборот на материјали, како и видот на растенијата, значително влијаат врз капацитетот за задржување и испарување на водата. Растенијата преку процесот на евапотранспирација придонесуваат за дополнителна апсорпција, а одредени видови, како сукулентите, имаат способност да складираат вода во своите ткива.

Кај зелени кровови, поголемите и понепречени кровови се поефикасни во намалување на врвните проточни количини и одложување на истекувањето. Длабокиот слој на подлогата може да ја зголеми апсорпцијата, иако најголем бенефит во однос на цена и ефикасност нудат т.н. екстензивни зелени кровови.

Зелени фасади, со тоа што ја покриваат вертикалната површина, тие задржуваат дел од врнежите, ја намалуваат директната ерозија на сидовите и овозможуваат постепено испуштање на влагата. Притоа, фасадите можат да бидат дополнително снабдени со системи за собирање на вода, која потоа може да се користи повторно (на пр. за наводнување).

И зелените кровови и зелените фасади претставуваат клучни елементи на зелената инфраструктура за управување со атмосферски води во урбаните средини. Тие не само што го намалуваат оптоварувањето на канализационите системи и ризикот од поплави, туку и придонесуваат кон подобрување на квалитетот на воздухот, регулирање на температурите и зголемување на биодиверзитетот во градовите.

## **2.5. Пролонгирање на животниот век на крововите и фасадите**

Правилно изведените зелени кровови повеќе од двојно го продолжуваат временскиот период пред да биде потребна нивна замена, во споредба со конвенционалните или т.н. „бели“ кровови. Долговечноста на кровот најмногу зависи од мембраната, која е изложена на оштетувања предизвикани од УВ-зрачење и екстремни температурни колебања. Зелените кровови, благодарение на слојот почва и вегетација, ја штитат мембраната од овие влијанија и ја намалуваат секојдневната експанзија и контракција која со текот на времето ја оштетува. Почвата и растителниот слој ја ублажуваат изложеноста на сончеви зраци, ветер, дожд и механички оштетувања. Дополнителната термална маса и физичката бариера се главните причини за ваквите придобивки. Истражувањата покажуваат дека просечниот животен век на зелен кров е околу 40 години, наспроти 17 години кај конвенционалните кровови, иако во пракса постојат примери каде зелените кровови траеле и подолго.

Слично, зелените фасади значително придонесуваат кон продолжување на животниот век на надворешните сидови и фасадните системи. Вегетацијата на фасадите делува како природна заштитна обвивка, која го намалува директното влијание на сончевото зрачење, дождот, снегот и ветерот врз материјалите. Оваа природна бариера ја намалува ерозијата, механичките оштетувања и деградацијата на бојата и малтерот, со што се продолжува употребливоста на фасадата и се намалува потребата од чести санации. Дополнително, зелените фасади создаваат микроклима околу зградата, го намалуваат прегревањето на сидовите и овозможуваат стабилност на температурата, што придонесува кон порамномерно стареење и поголема издржливост на материјалите.

И кај крововите и кај фасадите, заштитната функција на зелената вегетација се одразува и економски – се намалуваат трошоците за одржување и реконструкција, а во исто време се подобрува енергетската ефикасност и трајната вредност на објектите.



## 2.6. Управување со бучава

Зелените кровови можат значително да ја намалат звучната загаденост од авиони, железнички пруги на повисоко ниво и уличен сообраќај, особено кога станува збор за бранови со ниска и средна фреквенција. Тие обезбедуваат подобро намалување на бучавата по единица тежина во споредба со традиционалните или бетонските кровови. Ова намалување најмногу се чувствува на горните катови на зградите, каде што зелениот кров делува како дополнителен звучен изолатор. Со тоа се подобрува пригушувањето на дифузните звуци и се намалува преносот на звук низ кровната површина, особено кај објекти без дополнителна изолација на таваните.

Според обемни студии, кровови со дебелина од 2,5 до 12 cm ја намалуваат бучавата за најмалку 8 децибели, зависно од содржината на вода во подлогата за растење. Колку е поголем процентот од површината покриен со зелен кров, толку е поголемо намалувањето на звучниот притисок од бучавата што се движи преку кровот. Тежината на кровот ја определува количината на достапна изолација, а текстурата на подлогата дополнително влијае врз нивото на апсорпција. Зелените кровови имаат потенцијал да ги намалат и нискофреквентните звуци (кои се блокираат преку подлогата), и високофреквентните звуци (кои се блокираат преку вегетацијата).

Слично на ова, зелените фасади имаат изразена способност за апсорпција и рефлексија на звуците во урбаната средина. Растителниот слој на фасадата делува како природна звучна бариера, која го намалува преносот на звук кон внатрешноста на зградата, особено во улици со густ сообраќај и бучави јавни простори. Вегетацијата го апсорбира шумот, а нерамната структура на листовите и гранките дополнително ја дифузира звучната енергија, што ја намалува јачината на бучавата што стигнува до внатрешните простории. Со тоа, зелените фасади придонесуваат за создавање поквалитетна акустична средина, обезбедувајќи комфор и намалување на стресот кај жителите.

И кај крововите и кај фасадите, растителните слоеви претставуваат ефикасна природна технологија за управување со бучавата, што ја прави оваа мерка исклучително корисна во густо населените и индустриските урбани подрачја.

## 2.7. Зачувување на биодиверзитетот и природните живеалишта

Зелените кровови создаваат нови живеалишта за растенија и животни во урбаните средини и со тоа ја зголемуваат локалната биодиверзитетна вредност. Типот на вегетација, длабочината на подлогата за растење и варијацијата во висината и распоредот на растенијата се трите клучни фактори за поттикнување на биодиверзитет на зелен кров. Дизајнот на кровот – од длабочината и топографијата, до староста и растителниот состав – има силно влијание врз неговата способност да поддржува разновиден екосистем.

Зелените кровови можат да привлечат автохтони растенија и животни, како и миграторни птици, па дури и да обезбедат храна и засолниште за нивно размножување. Истражувањата покажуваат дека интензивните кровови со разновидна вегетација овозможуваат поголема разновидност на ретки видови инсекти, пајаци и птици, додека екстензивните кровови повеќе се посетувани од почести видови. Сепак, и едните и другите можат да привлечат значаен број инсекти, меѓу кои пчели, оси, бумбари и пеперутки. Пеперутките и пајаци се сметаат за важни индикатори на добар еколошки баланс.

Варијациите во длабочината на подлогата овозможуваат создавање на повеќе микроклиматски услови на еден кров – плитки делови што имитираат суви пасишта или степи, и подлабоки делови што овозможуваат услови слични на речни брегови, мочуришта или шумски подножја. На тој начин се создава комплексен мозаик на живеалишта, со што зелените кровови можат да станат вистински резервоари на урбан биодиверзитет.



Слично на крововите, и зелените фасади имаат голем потенцијал за збогатување на биодиверзитетот во градовите. Растителните слоеви на фасадите овозможуваат вертикални живеалишта за инсекти, птици и дури и за некои мали цицачи. Разновидните видови и различната структура на растителните слоеви создаваат услови за населување на повеќе животински видови, а воедно обезбедуваат храна и засолниште. Автохтоните растителни видови на фасадите се посоодветни за долгорочна стабилност, бидејќи бараат помалку одржување и се подобро прилагодени на локалните климатски услови.

Зелените фасади, исто како и зелените кровови, можат да станат коридори за движење и размножување на инсекти и птици во урбаните средини. Тие ја збогатуваат биолошката разновидност и ја зголемуваат отпорноста на екосистемите во градовите, обезбедувајќи балансирана средина која го намалува влијанието на доминантните инвазивни видови.

Со интеграцијата на зелени кровови и фасади, урбаните простори добиваат нова еколошка димензија – простори што не се само инфраструктура, туку и активни живеалишта што ја враќаат природата во градот.

## 2.8. Подобрување на здравјето и благосостојбата

Претворањето на рамните кровови во рекреативни зелени површини носи значајни придобивки за жителите и корисниците на зградите. Зелените кровови создаваат безбедни простори за одмор, јадење и релаксација на отворено. Присуството на растенија и природна околина е докажано дека го намалува стресот, го стабилизира крвниот притисок и ја зголемува општата сатисфакција на луѓето. Покрај тоа, зелените кровови се визуелно попривлечни во споредба со традиционални инфраструктурни решенија како одводни шахти и цевки, а истовремено создаваат атрактивен пејзаж и за соседните згради ([greenroofs.net](http://greenroofs.net)).

Истражувањата на глобално ниво покажуваат дека зелените површини имаат силна поврзаност со менталното и физичкото здравје. Не е неопходно луѓето директно да престојуваат на овие простори за да почувствуваат подобрување – дури и поглед кон зелената површина од улица, канцеларија или училница има позитивно влијание. Физичките придобивки доаѓаат од подобрениот квалитет на воздух, стабилната температура и регулираната влажност во зградата, додека менталните придобивки се должат на визуелното, звучното (шушкање на листови) и миризливо доживување на растенијата (Heschong, Mahone Group, Inc., 2003).

Ефектот на зелените кровови како простори за рекреација зависи од висината на парапетите и карактерот на другите структурни елементи. Често се додаваат клупи и места за седење, а поставувањето заштитни екрани од ветер ги прави овие простори уште попривлечни. Некои истражувања укажуваат дека зелените кровови носат директни економски придобивки за сопствениците и станарите преку зголемена продуктивност и намалено отсуство од работа ([greenroofs.net](http://greenroofs.net)).

Слични ефекти врз здравјето и благосостојбата имаат и зелените фасади. Вертикалната вегетација ја збогатува урбаната средина, нудејќи визуелен мир и природен допир во густите градски јадра. Жителите и минувачите што секојдневно ги гледаат зелените фасади искусуваат подобро психичко здравје и чувство на благосостојба, дури и без директен контакт со растенијата. Освен тоа, зелените фасади придонесуваат кон подобра акустика и микроклима околу зградите, со што индиректно влијаат на физичкото здравје на луѓето.

Со комбинацијата на зелени кровови и фасади, урбаните простори се трансформираат во здравствено и психолошки поддржувачки средини, кои ја зголемуваат квалитетот на живот и ја промовираат одржливата иднина на градовите.



## 2.9. Естетско подобрување

И интензивните и екстензивните зелени кровови создаваат атрактивен простор – не само за вработените во зградата, туку и за целата околина. Тие овозможуваат место за бегство и релаксација, со што го намалуваат стресот и ја зголемуваат продуктивноста на работниците. Дополнително, зелените кровови носат визуелна вредност и претставуваат ново урбано зеленило кое ја разубавува градската средина (GSA, 2011).

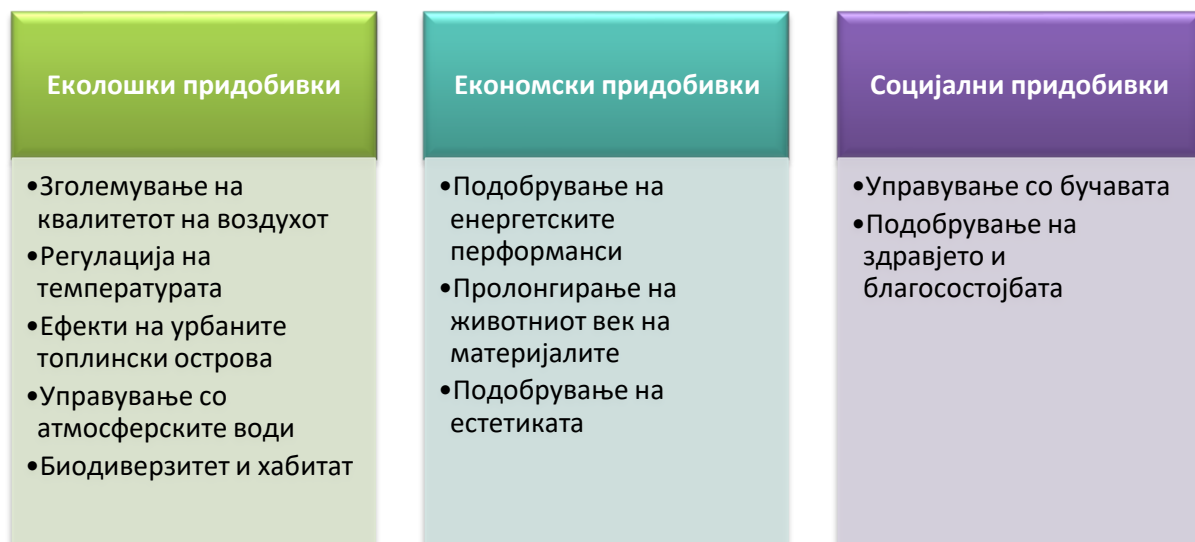
Естетското подобрување што го носи воведувањето на зелени системи директно влијае врз зголемувањето на вредноста на недвижностите – и на самите објекти каде се инсталирани, и на околните објекти. Ова е важен индикатор при проценка на вредноста на имотот и неговото пласирање на пазарот на недвижности (GSA, 2011).

Слично на крововите, и зелените фасади придонесуваат за значително подобрување на естетиката во урбаните средини. Тие ја разубавуваат визуелната слика на улиците, намалуваат монотонија на бетонските и стаклените фасади и внесуваат природна текстура во градскиот пејзаж. Вертикалното зеленило често станува архитектонски белег, зголемувајќи ја атрактивноста на зградите и правејќи ги попријатни за жителите и минувачите.

И кај крововите и кај фасадите, естетските подобрувања носат долгорочни придобивки – зголемена вредност на имотот, подобрен имиџ на објектот и создавање попријатна и поврзана урбана средина.

## 2.10. Квантификација на придобивките

Инсталирањето на зелени кровови и зелени фасади може да донесе многубројни придобивки не само за вработените во градот, туку и за самите граѓани. Придобивките можат да се групираат во три главни категории: еколошки, економски и социјални, како што е прикажано на следната слика.

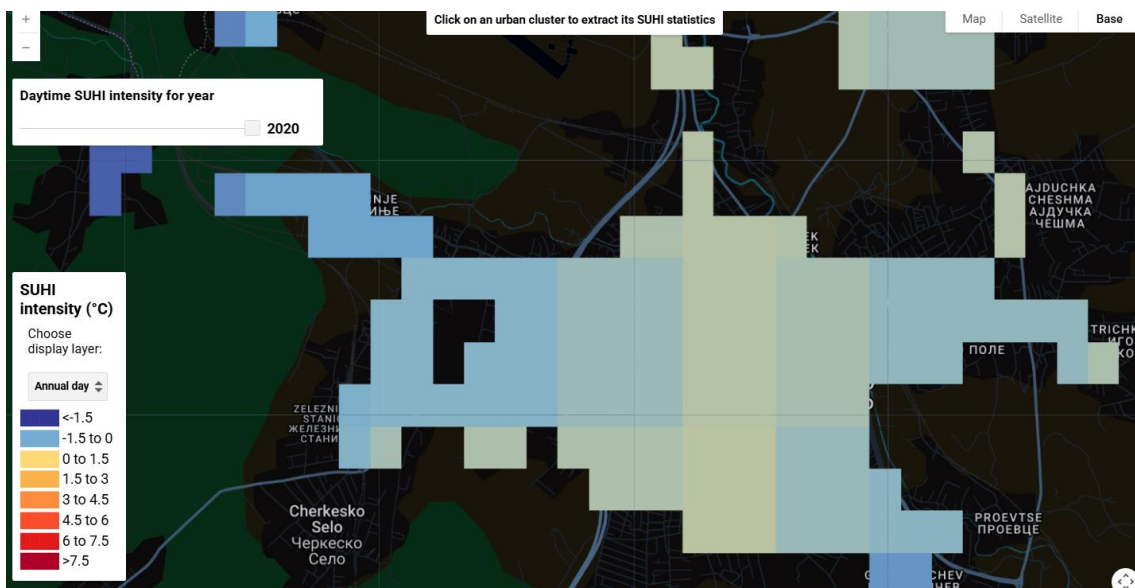


Слика 3: Категоризација на придобивките од инсталацијата на зелени кровови и фасади

Некои од придобивките може да се вбројат во две категории. На пример, подобрувањето на енергетските перформанси обично се смета за економска придобивка поради намалените сметки за енергија, но истовремено е и еколошка придобивка затоа што со намалената потрошувачка на енергија се намалуваат и CO<sub>2</sub> емисиите. Исто така, намалувањето на бучавата го зголемува нивото на комфорт на вработените (или жителите), а во исто време претставува и економска придобивка преку зголемување на вредноста на недвижностите.

Иако инсталирањето на зелени кровови и фасади има бројни придобивки кои детално се објаснети во ова поглавје, некои од нив се многу тешки за квантитативно мерење. На пример, тешко е да се измери влијанието на зелените кровови врз намалувањето на ефектот на тоplotни острови на ниво на поединечна зграда. Во едно истражување за Торонто (2002) е направена симулација според која намалување на температурата од 2°C може да се постигне доколку 50% од крововите бидат зелени.

За подобра визуелизација на локациите, на ниво на општина Куманово извадена е мапа од „Global Surface UHI Explorer“, глобална студија за тоplotни острови спроведена од Центарот за набљудување на Земјата при Универзитетот Јејл. „Global Surface UHI Explorer“ е интерактивна веб-апликација за следење на интензитетот на урбаните тоplotни острови (UHI) кај речиси сите урбани кластери на планетата. Апликацијата е развиена на платформата Google Earth Engine и им овозможува на корисниците преку едноставен интерфејс да пребаруваат податоци за UHI во урбаните подрачја.



Слика 4: Мапа со урбани топлински острови во Куманово

Во случајот со општина Куманово, сите пилот локации се лоцирани во централното урбано подрачје, со значаен потенцијал за намалување на ефектите на тоplotните острови и за апсорпција на вишокот атмосферска вода. Конкретно, во нашата студија се вклучени три пилот проекти со многу мал удел во вкупните фасадни површини во центарот на градот, што може да резултира со ограничено намалување на градските температури. Овие пилот проекти може да се посочат како репрезентативни за идно проширување на примената на зелени кровови и зелени фасади во централното градско подрачје, со поголемо влијание врз ефектите на тоplotните острови.

Дополнително, иако избраните пилот проекти се сите во урбани средини, ефектите се сметаат како придобивка за заедницата, а не како индивидуална придобивка за сопственикот, и затоа не се понатаму квантитативно анализирани.

Слично како кај биодиверзитетот, придонесот на зелените кровови и фасади кон збогатувањето на биодиверзитетот е тешко да се измери економски. Постојат различни пристапи за валоризација на оваа придобивка – од споредување на додадената вредност за вкупната разновидност на дадена област со онаа на коридор за диви животни или отворен простор, па сè до придонесот на биодиверзитетот кон остварувањето на одржливите цели на сопственикот. Оттука, озеленувањето



на крововите и фасадите има позитивен ефект врз биодиверзитетот, но во рамките на пилот проектите овој ефект не може квантитативно да се потврди поради недостаток на податоци.

Преку податоците за врнежи во Куманово можно е да се пресмета количината на атмосферска вода што се задржува на локациите на студијата. Врз основа на овие вредности се добива информации колкава количина вода се задржува на локациите кај секој пилот проект. Водата што се задржува не оди во одводниот систем, што носи заштеди на трошоци. Но, бидејќи оваа јавна услуга има генерално многу ниска цена во Куманово, заштедите се маргинални и не се понатаму анализирани во рамките на оваа студија.

Подобрувањето на здравјето и благосостојбата поврзано со контактот со природата, исто така, не беше разгледано во оваа евалуација. Иако во последните години истражувачите сè повеќе го анализираат влијанието на вегетацијата врз подобрувањето на благосостојбата и здравјето на луѓето, сè уште не постои јасен консензус. Затоа, и покрај тоа што придобивките од зелените кровови и фасади применети во урбаните средини за психолошката, социјалната и физичката благосостојба на луѓето се очигледни, нивните ефекти сè уште се тешки за квантитативно мерење поради субјективноста и варијабилноста на влијанието на многубројните надворешни фактори.

Квантификацијата на останатите придобивки е заснована на релевантни студии и истражувања, кои понатаму се детално објаснети.

### **Зголемување на енергетските перформанси**

За проценка на потенцијалот за подобрување на енергетските перформанси и генерирање на заштеди, користени се научни извештаи со студии на случај. Имено, табели со генерирани заштеди по типови на згради се извлечени од трудот „Analysis of green roof thermal properties and investigation of its energy potential“ подготвен за канцелариски згради за поширокиот регион на Атина.

Во оваа проценка, направени се следните претпоставки:

- Внатрешната температура на воздухот во згради со и без зелен кров е 20 °C во режим на греење и 26 °C во режим на ладење
- Инфилтрацијата е поставена на 0,5 ACH
- Оптоварување со луѓе 10 m<sup>2</sup>/лице
- Работно време на системот за греење/ладење од 8:00 до 16:00 часот во работни денови
- Ноќна вентилација не е применета

Во трудот се анализирани различни структури на кровови – од неизолирани до умерено и високо изолирани – со пресметка на коефициентите на топлинска спроводливост. Потоа, овие конструкции се моделирани со поставување на зелени кровови и споредени со конвенционални. Споредбата е направена врз основа на разлика во коефициентот на топлинска спроводливост, но и во процентуалните енергетски заштеди во греење, во ладење и во вкупната потрошувачка.

**Табела 4: Коефициенти на топлинска спроводливост за конвенционални кровови (A1–A10) и исти структури со зелен кров (B1–B10)**

| Вид на кров      | Опис                                                   | Конвенционален кров |                    | Зелен кров  |                    | Разлики            |
|------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|
|                  |                                                        | Вид на кров         | W/m <sup>2</sup> K | Вид на кров | W/m <sup>2</sup> K | W/m <sup>2</sup> K |
| Неизолиран       | Од 10 cm А.Б. плоча (A1&B1) до 25 cm А.Б.плоча (A4&B4) | A1                  | 18.18              | B1          | 1.99               | 16.19              |
|                  |                                                        | A2                  | 12.56              | B2          | 1.89               | 10.67              |
|                  |                                                        | A3                  | 9.59               | B3          | 1.81               | 7.78               |
|                  |                                                        | A4                  | 7.76               | B4          | 1.73               | 6.03               |
| Умерено изолиран | Изолација од 5 cm со различна дебелина на бетон        | A5                  | 0.8                | B5          | 0.59               | 0.21               |
|                  |                                                        | A6                  | 0.77               | B6          | 0.57               | 0.2                |
|                  |                                                        | A7                  | 0.74               | B7          | 0.55               | 0.19               |
| Изолиран         | Изолација од 10 cm (A8&B8) до 15 cm (A10&B10)          | A8                  | 0.4                | B8          | 0.34               | 0.06               |
|                  |                                                        | A9                  | 0.39               | B9          | 0.33               | 0.06               |
|                  |                                                        | A10                 | 0.26               | B10         | 0.24               | 0.02               |

Како што е прикажано во табелата подолу, кај неизолираните кровови, вкупната енергетска заштеда е меѓу 31–44%, што претставува најголем ефект доколку се постават зелени кровови. Кај умерено изолираните кровови, може да се достигнат заштеди од околу 7%, додека кај добро изолираните кровови заштедите се движат околу 2%.

**Табела 5: Енергетски заштеди во % за различни структури на кровови**

| Вид на кров      | Споредба на видови на кров | Енергетски заштеди за греење | Енергетски заштеди за ладење | Вкупни енергетски заштеди |
|------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|
|                  |                            | %                            | %                            | %                         |
| Неизолиран       | A1-B1                      | 45                           | 45                           | 44                        |
|                  | A2-B2                      | 45                           | 37                           | 39                        |
|                  | A3-B3                      | 45                           | 28                           | 35                        |
|                  | A4-B4                      | 46                           | 22                           | 31                        |
| Умерено изолиран | A5-B5                      | 13                           | 4                            | 7                         |
|                  | A6-B6                      | 13                           | 2                            | 4                         |
|                  | A7-B7                      | 13                           | 0                            | 3                         |
| Изолиран         | A8-B8                      | 8                            | 0                            | 2                         |
|                  | A9-B9                      | 8                            | 0                            | 2                         |
|                  | A10-B10                    | 9                            | 0                            | 2                         |

Покрај зелените кровови, и зелените фасади значајно придонесуваат за намалување на енергетската потрошувачка, особено за ладење во летниот период. Вертикалните системи за



озеленување создаваат дополнителен изолациски слој и ефект на засенчување, со што се намалува директниот продор на сончевото зрачење низ сидовите, додека преку процесот на евапотранспирација растенијата обезбедуваат дополнително ладење на обвивката на зградата.

Според студијата „Energy performance of green walls in buildings: A review“ (Kontoleon & Eumorphoroulou, 2010) и потврдено со Perini et al. (2011), поставувањето зелени фасади може да доведе до:

- Намалување на потребата за ладење за 20–30% во летните месеци за канцелариски згради и колективно домување;
- Намалување на температурата на надворешните сидни површини и до 10–15 °C во текот на пиковите на летото;
- Годишни заштеди во греење, кои се помали (околу 2–5%), главно поради дополнителниот изолациски ефект на вегетацијата во зимскиот период, во зависност од видот на растенијата (листопадни или зимзелени) и длабочината на подлогата.

Дополнително, Perini et al. (2017) покажуваат дека системите на живи сидови со интегрирани подлоги можат да намалат вкупната годишна потрошувачка на енергија на зградите до 7–10%, со најголем ефект во клими со високи потреби за ладење. Во постудени клими, пак, зимзелените фасади придонесуваат за подобрена термичка отпорност и намалување на загубите на топлина.

Резултатите јасно покажуваат дека и зелените кровови и зелените фасади значајно ги подобруваат енергетските перформанси на зградите:

- Кај крововите, ефектот е најголем кај неизолираните структури со до 44% вкупни заштеди на енергија, додека кај изолирани кровови ефектот е намален на 2–7%.
- Кај фасадите, најголем е придонесот во намалувањето на енергијата за ладење (20–30%), додека заштедите во греење се помали, но сепак значајни (2–5%).

Интеграцијата на двата системи овозможува синергетски пристап, при што крововите го редуцираат директното сончево зрачење од горните површини, а фасадите го ублажуваат хоризонталното зрачење врз сидовите. Со тоа, заеднички придонесуваат за намалување на ефектот на урбан тоplotен остров и за пониска оперативна потрошувачка на енергија во зградите.

#### Подобрувањето на квалитетот на воздухот

Овој бенефит се пресметува преку заштедите остварени со намалување на потребната енергија за греење/ладење на зградите – и со тоа намалување на емисиите на јаглерод кои се поврзани со производството на енергија. Дополнително, и зелените кровови и зелените фасади придонесуваат за подобрување на квалитетот на воздухот преку апсорпција на јаглерод диоксид (CO<sub>2</sub>), филтрација на суспендирани честички (PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub>) и врзување на други загадувачи како азотни оксиди (NO<sub>x</sub>) и сулфур диоксид (SO<sub>2</sub>).

Табела 6: Конверзиони фактори за Северна Македонија

| Енергенси           | Конверзиони фактори за пресметка на примарна енергија [kWh /kWh] | Конверзиони фактори за пресметка на CO <sub>2</sub> емисии [kgCO <sub>2</sub> /kWh] |
|---------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Електрична енергија | 2.5                                                              | 0.915                                                                               |



|                         |      |       |
|-------------------------|------|-------|
| Екстра лесно масло      | 1.14 | 0.267 |
| Дрвени пелети / брикети | 1.19 | 0.0   |

За цена на јаглерод, во согласност со европските пазари за тргување со емисии (EU ETS), во оваа студија се применува вредност од 90,17 €/tCO<sub>2</sub>.

Намалувањето на енергијата за греење/ладење преку зелените кровови резултира со намалени CO<sub>2</sub> емисии пропорционално на заштедената енергија. Според Niachou et al. (2001), секој m<sup>2</sup> зелен кров годишно филтрира приближно 0.2 kg прашина и PM од воздухот. Економската вредност на оваа редукција е проценета на 0.8 €/kg филтрирани честички, врз основа на избегнати здравствени трошоци. Вкупниот ефект зависи од површината под зеленило – поголеми кровови во урбаните подрачја имаат значаен придонес кон намалување на концентрациите на PM во локалниот воздух.

Зелените фасади имаат директен ефект на задржување на PM и апсорпција на CO<sub>2</sub> преку фотосинтеза. Според Perini et al. (2011) и Ottelé et al. (2010), 1 m<sup>2</sup> зелена фасада може да филтрира 0.15–0.20 kg PM годишно, што е слично на зелените кровови, но со поголем ефект во густо изградените централни зони каде фасадите претставуваат поголема изложена површина. Дополнително, зависно од видот и густината на растенијата, зелените фасади можат да врзат до 2.3 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> годишно (Kontoleon & Eumorphoulou, 2010). Економската вредност на редукцијата на честички е идентична – 0.8 €/kg PM, со тоа што фасадите се особено ефикасни за намалување на концентрациите на PM<sub>2.5</sub> во близина на пешачките зони и улици со густ сообраќај.

Интегрираното воведување на кровни и фасадни зелени системи обезбедува синергетски ефект: крововите ја намалуваат топлинската оптовареност и апсорбираат честички во хоризонталната рамнина, додека фасадите ја подобруваат микроклимата во вертикалната рамнина (улици и пешачки површини). Со тоа, двата системи заедно придонесуваат за намалување на CO<sub>2</sub> емисиите, подобрување на квалитетот на воздухот, здравјето на граѓаните и урбаната одржливост.

#### Пролонгирање на животниот век

Овој бенефит се квантифицира преку избегнатите трошоци за замена на покривната конструкција кои се остваруваат со примена на зелени системи. Според повеќе публикации, се смета дека кај екстензивните зелени кровови трајноста на кровната конструкција се продолжува за околу 20 години поради заштитата што ја обезбедува вегетацијата и подлогата од УВ-зрачење, температурни флукуации и механички оштетувања. За зелените кровови овој бенефит се јавува во дваесеттата година со проценета вредност од 30 €/m<sup>2</sup> (Niachou et al., 2001; European Federation of Green Roofs and Walls, 2019).

Кај зелените фасади, иако не се работи за кровна хидроизолација, постои сличен ефект врз продолжување на трајноста на фасадниот малтер, изолација и завршните слоеви. Истражувањата на Ottelé et al. (2010) покажуваат дека зелените фасади го намалуваат термичкиот и механичкиот стрес на фасадата, што резултира со подолг животен век на фасадните материјали за најмалку 10 години со проценета вредност од 50 €/m<sup>2</sup>.

#### Управување со бучава

Вреднувањето на имотите каде што се применуваат зелени системи претставува значаен бенефит. Според студија од 2018 година, со поставување на зелен кров, бучавата може да се намали за 10.5 dB, што доведува до зголемување на вредноста на имотот за 7.5%.



Кај зелените фасади, ефектот врз апсорпција на бучава е уште поизразен поради вертикалната изложеност кон сообраќајниот шум. Perini & Rosasco (2013) покажуваат дека фасадното озеленување може да намали надворешна бучава од сообраќај и индустриски извори за 5–8 dB, зависно од густината и дебелината на зеленилото. Дополнително, во густо урбано ткиво фасадите имаат директен ефект врз намалување на бучавата на ниво на пешачка зона.

#### **Естетско подобрување**

Естетското подобрување што се јавува со инсталација на зелени системи се квантифицира за имотите каде што овие системи се поставени. Во анализите, пазарната вредност на секој пилот проект е проценета врз основа на најновите податоци за недвижности. Со воведување зеленило, се претпоставува дека вредноста на имотот се зголемува за 2%, согласно истата студија наведена кај квантификацијата на управување со бучава.

Кај зелените фасади, естетскиот ефект е уште понагласен поради големата видливост и интеграција во јавниот простор. Истражувањата на Perini & Rosasco (2013) покажуваат дека инвеститорите и сопствениците препознаваат зголемување на атрактивноста и престижот на објектите со фасадно зеленило, што може да резултира со зголемување на пазарната вредност за 3–5%.

### **3. Проценка на зелени решенија**

#### **3.1. Избор на зелено решение за Општина Куманово**

Во Куманово досега не постојат реализирани примери на зелени кровови, а воедно, на ниво на јавни објекти, не постојат објекти со рамни кровови за имплементирање на ваков вид на решение.

Со цел да се создадат нови можности за озеленување во густо изградените делови од градот и да се намалат негативните ефекти од запечатените урбани површини, во оваа студија се предлага интегрирање на зелени фасади како применливо и ефикасно зелено решение.

Дополнително, се дава детален осврт на зелените кровови со начелни препораки за нивна инсталација и одржување, а се' со цел нивно идно имплементирање во станбениот и комерцијалниот сектор.

При изработка на документот е земена предвид Студијата за урбано зеленило на Куманово (2023–2033), која претставува основа за идентификација и избор на урбани локации погодни за отворање на запечатени површини и за создавање услови за развој на нова зелена инфраструктура. На тој начин, предлогот за зелени кровови и фасади се надоврзува на веќе дефинираните насоки за унапредување на урбаното зеленило и создава синергија меѓу традиционалните и современите форми на урбано озеленување.

#### **3.2. Ризици и предизвици**

Проценката на ризиците помага да се фокусира вниманието на очекуваните идни ризици кои можат значително да влијаат врз имплементацијата на проектот и да се воспостават стратегии за намалување на нивното влијание. Идентификувањето на можните ризици овозможува концентрирање врз најзначајните фактори, без да се занемари можноста за појава и на други ризици.



Табела 7: Матрица на ризици

| Идентификуван ризик                          | Ниво на ризик | Стратегија за ублажување                                                                            |
|----------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Структурни ризици (старост, носивост)        | Ниско         | Статичка проценка и прераспределба на товарот; кај нови објекти озеленувањето е дел од проектот     |
|                                              | Средно        | Статичка проценка на фасадата; користење лесни системи (кабли, панели) и избор на соодветен систем  |
| Геоморфолошки карактеристики на теренот      | Ниско         | Прераспределба на товарот – нема дополнително оптоварување врз темелите                             |
|                                              | /             | Неприменливо за фасадни системи                                                                     |
| Капацитет за склучување и надзор             | Ниско         | Јавни тендери со критериуми за квалификувани изведувачи и надзор; гаранција за материјали и изведба |
|                                              | Ниско         | Јавни тендери со специјализирани фирми; обука на надзорни органи за фасадни системи                 |
| Капацитет за одржување                       | Средно        | ЈП со искуство, но потребно зголемување на тимот за редовно одржување                               |
|                                              | Високо        | Потребни автоматизирани системи за наводнување и редовна обука на персоналот                        |
| Потенцијал за оштетувања од протекување вода | Средно        | Квалитетна хидроизолација, правилна изведба на олуци и редовно одржување                            |
|                                              | Средно        | Заштита на фасадата со мембрани; редовни инспекции за влага и оштетувања                            |



|                               |                |                                                                                                |
|-------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Губење на растенија           | Ниско          | Ограничен пристап, избор на отпорни видови (седум), правилна дренажа                           |
|                               | Средно         | Користење локални и климатски адаптирани видови; редовно следење на здравјето на растенијата   |
| Неправилен избор на растенија | Ниско          | Седум и сукуленти за тенки профили; детална спецификација во проектот                          |
|                               | Средно         | Избегнување инвазивни видови; избор на климатски соодветни растенија; спецификации во проектот |
| Визуелна неконзистентност     | Ниско          | Неприменливо за кровови                                                                        |
|                               | Ниско          | Дизајн со сезонска разновидност и јасен план за одржување                                      |
| Легенда                       | зелени кровови | зелени фасади                                                                                  |

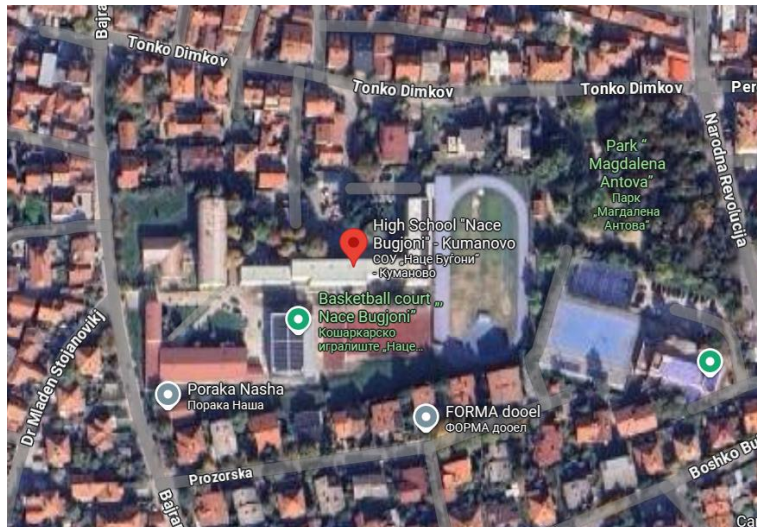
#### 4. Пилот проекти

Во рамките на активностите 1&2, беа избрани три локации кои служат како пилот проекти и подетално се анализираат во ова поглавје. Првата локација е средното училиште ОСТУ „Наце Буѓони“ за која се разгледани и квантитативно оценети придобивките од озеленување на фасадните површини, како составен дел од анализата на трошоци и придобивки.

Дополнително, придобивките од отворање на запечатените урбани површини се обработени во посебен дел, кој ги разгледува можностите за нивно озеленување и интегрирање во концептот на отворени јавни простори. Во овој дел се разгледуваат две локации, првата е паркингот пред Домот на културата додека втората локација е паркингот пред градскиот базен.

##### 4.1. Општинско средно техничко училиште „Наце Буѓони“

Општинското средно техничко училиште „Наце Буѓони“ е лоцирано на улица Бајрам Шабани бб на катастарска парцела 21421. Истото е составено од главна централна зграда изградена во 1964 година и објект со работилници која датира од 1960 година. Како корисници на објектот се ученици чиј број е променлив секоја година и изнесува околу 780 и вработените ~ 85.



Слика 5: ОШУ „Наце Бугјони“

Фасадните сидови се изградени од блок цигла и истите се термички реконструирани во 2021 година со термоизолациона фасада од 10 см. Вкупната фасадна покривка на централната зграда изнесува 1,627 м<sup>2</sup> додека на објектот со работилниците 976 м<sup>2</sup>.

Во натамошната анализа за поставување на зелена фасада, ќе се разгледува централната зграда како репрезентативен примерок на школото за поставување на ваков вид на зелено решение. Поставувањето на зелените фасади ќе се одвива на северната и јужната фасада, како и на западната фасада.



Слика 6: ОШУ „Наце Бугјони“ – реконструкција на фасада

Согласно прашалникот за изработка на програмата за енергетска ефикасност, централната зграда се загрева со котел на екстра лесно масло за греење со капацитет од 582 kW. За ладење, се употребуваат 30 сплит системи – инвентори.

Потрошувачката на енергенси е дадена за 2021, 2022 и 2023. За референтна се одредува 2023 година, поради фактот што претходните две години не беа типични години односно тоа е период на пандемија кога образовниот систем во земјата не функционираше регуларно и енергетска



криза кога цената на енергенсите беше нетипично висока.

За референтната 2023 година, беа потрошени 11,000 литри екстра лесно масло за греење на централната зграда и вкупна потрошувачка на електрична енергија од 60,324 kWh. Од истата, пресметана вредност за потрошена електрична енергија за ладење на објектот изнесува 7,560 kWh. Сведено на специфична потрошувачка, за греење на објектот изнесува 89 kWh/m<sup>2</sup> додека за ладење 6 kWh/m<sup>2</sup>.

Одредувањето на енергетските заштеди се базира на информациите дадени во точката „Квантификација на придобивките – зголемување на енергетските перформанси“. Со поставување на зелена фасада, заштедите на енергија за греење се проценети на 5%, додека заштедите на енергија за ладење на 30%. Енергетски заштеди се очекуваат само за волуменот кој е ограничен со инсталираната зелена фасада или на фасадна површина од 189 m<sup>2</sup> и грејна површина од 156 m<sup>2</sup>. Со овие влезни податоци, пресметаните енергетски заштеди изнесуваат:

- Заштеди во финална енергија при греење:  $89 \text{ kWh/m}^2 * 156 \text{ m}^2 * 5\% = 694 \text{ kWh/год}$
- Заштеди во финална енергија при ладење:  $6 \text{ kWh/m}^2 * 156 \text{ m}^2 * 30\% = 281 \text{ kWh/год}$
- Вкупни заштеди во финална енергија: 975 kWh/год

Цената на екстра лесно масло изнесува 0.11 ЕУР/kWh, додека цената на електрична енергија изнесува 0.19 ЕУР/kWh. Конвертирани во монетарни димензии, заштедите би изнесувале:

- Заштеди во финална енергија при греење:  $694 \text{ kWh/год} * 0.11 \text{ EUR/kWh} = 76 \text{ EUR/a}$
- Заштеди во финална енергија при ладење:  $281 \text{ kWh/год} * 0.19 \text{ EUR/kWh} = 53 \text{ EUR/a}$
- Вкупни заштеди во финална енергија: 129 EUR/a

За пресметка на подобрувањето на квалитетот на воздухот, заштедите на енергија ќе придонесат за заштеда на CO<sub>2</sub>, пресметана врз основа на табелите дадени во точката „Квантификација на придобивките – подобрување на квалитетот на воздух“. Од испорачаните заштеди на финална енергија, со воведување на конверзиски фактор од финална во примарна енергија од 2.5 за електрична енергија и 1.14 за екстра лесно масло, пресметана е заштеда на примарна енергија од 3.063 kWh/год. Од ова, со примена на конверзиски фактор од 0.915 kgCO<sub>2</sub>/kWh за електрична и 0.267 kgCO<sub>2</sub>/kWh за екстра лесно масло, пресметано е избегнување на кумулативни CO<sub>2</sub> емисии во износ од 1,680 kgCO<sub>2</sub>/год. Со цена на јаглерод од 90.17 EUR по тон CO<sub>2</sub>, паричната презентација на подобрувањето на квалитетот на воздухот изнесува 152 EUR/год.

Дополнително, квалитетот на воздухот е разгледан и од аспект на честички (particulate matter). Како што е опишано во точка 2.10. „Квантификација на придобивки“, филтрирањето на ПМ врз основа на инсталација на зелена фасада изнесува 0.2 kgPM/m<sup>2</sup> со избегнување на здравствени трошоци од 0.8 EUR/kg. За зелената површина од 189 m<sup>2</sup>, вкупната количина на филтрирани ПМ честички е 37.8 kg на годишно ниво со економска придобивка од 30 EUR/год.

Животниот век на фасадата ќе се продолжи за дополнителни 10 години, а оваа придобивка ќе се реализира во 10-та година со проценета цена од 50 EUR/m<sup>2</sup> или за целата зелена фасада од 189 m<sup>2</sup> тоа изнесува 9,450 EUR.

За подобрување на бучавата и естетиката, направена е проценка на вредноста на имотот. Според истражувањето на пазарот на недвижности, валоризацијата на имотот е 900 EUR/m<sup>2</sup> или за вкупната површина на зградата од 1,344 m<sup>2</sup>, проценката изнесува 1.21 милиони EUR. Врз основа



на подобрување на бучавата, вредноста на имотот ќе се зголеми за 7.5% или 90,750 EUR, додека од аспект на естетиката, вредноста на имотот ќе се зголеми за 3-5% во оваа анализа земено е 3% или 36,300 EUR.

Сите придобивки за овој пилот проект се прикажани во следната табела:

**Табела 8: Парични придобивки од инсталација на зелена фасада на објектот „Наџе Бугони“**

| Придобивки                                | Опис                                                                              | Парични придобивки | Година на поврат |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|
| 1.Зголемување на енергетските перформанси | Намалувањето на енергијата за греење е проценето на 5% за долниот волумен.        | 76 EUR/год         | На годишно ниво  |
|                                           | Намалувањето на енергијата за ладење е проценето на 30% за долниот волумен.       | 53 EUR/год         | На годишно ниво  |
| 2.Подобрување на квалитетот на воздух     | Заштеди на CO2 врз основа на енергетските заштеди                                 | 152 EUR/год        | На годишно ниво  |
|                                           | Намалување на честички преку филтрирање                                           | 30 EUR/год         | На годишно ниво  |
| 3.Пролонгирање на животниот век           | За зелена фасада, проценетиот век е 10 години со 50 EUR/m <sup>2</sup> за замена. | 9,450 ЕУР          | Во 10-та година  |
| 4.Управување со бучава                    | Зголемување на вредноста на имотот за 7.5%                                        | 90,750 ЕУР         | Во првата година |
| 5.Естетско подобрување                    | Зголемување на вредноста на имотот за 3%                                          | 36,300 ЕУР         | Во првата година |

Овој проект претставува одличен пример за интеграција на зеленило во фасадните конструкции. Делот од фасадата свртен кон паркингот ќе придонесе за озеленување и разубавување на овој простор, создавајќи попријатна и поздрава средина. Од друга страна, зелената фасада на јужната страна ќе обезбеди природно ладење на сончевата површина и ќе помогне во намалување на

внатрешните температури за време на летниот период.



Слика 7: Изглед на објектот „Наче Буѓони“ со зелено решение

#### 4.2. Урбани отворени површини

Една од задачите опфатени во овој проект беше идентификација на запечатени урбани површини кои би можеле да се отворат и да се озеленат. За дополнување на наодите беа извршени теренски посети на повеќе јавни локации.

На состанокот одржан на 4 септември 2025 година беа предложени и дискутирани две урбани јавни површини:

- Првата е паркинг пред Домот на културата каде што се наоѓа монтажниот паркинг
- Втората предложена отворена површина е паркинг пред градски базен

Озеленувањето на овој простор може да послужи како позитивен пример за соседните објекти и урбани структури, со што ќе се создаде нова микролокација во постојната бетонска зона. Со отворањето на запечатените урбани површини и нивно претворање во зелени оази, се овозможува подобрување на квалитетот на животната средина преку намалување на ефектот на урбаните топлински острови, апсорпција на вишокот на атмосферски води и подобрување на квалитетот на воздухот.

Дополнително, ваквите зелени решенија претставуваат важен визуелен и естетски елемент, кој не само што ја разубавува околината туку и придонесува кон создавање на пријатен простор за престој и дружење на граѓаните. Ваквите интервенции имаат потенцијал да иницираат пошироки урбани промени, инспирирајќи ја локалната заедница и институциите да инвестираат во слични решенија на други локации во градот.

На тој начин, отворањето и озеленувањето на урбаните површини не е само локална акција, туку и дел од стратегијата за одржлив развој и создавање на поздрава, пофункционална и поатрактивна урбана средина.

Во продолжение, детално се образложение секоја од избраните урбани површини.

##### Прва урбана површина: паркингот пред Домот на културата

Оваа пилот локација се наоѓа пред Домот на културата „Трајко Прокопиев“, на катастарска

парцела 18518/1. На оваа локација, во 2019 година е поставен монтажен паркинг од привремен карактер.



**Слика 8: Катастарска парцела на паркинг околу Дом на култура**

Овој паркинг, со приближна површина од  $900 \text{ m}^2$ , се наоѓа во централното градско подрачје и претставува значаен запечатен асфалтиран простор што негативно влијае врз урбаната микроклима и визуелниот амбиент на плоштадот „Маршал Тито“. Делумното отворање на асфалтираната површина и нејзино преуредување со зеленило би придонело кон подобрување на квалитетот на јавниот простор и зајакнување на културно-естетската вредност на оваа централна локација.

Предлогот опфаќа замена на дел од асфалтот со тревни и цветни површини, садење на дрвореди и декоративни садници кои ќе создадат сенка за возилата и удобност за пешаците. Со ова се намалува ефектот на урбан тоplotен остров, се подобрува управувањето со врнежните води и се овозможува поинтегриран зелен појас кој ќе го надополни постојното зеленило на плоштадот.

Препорачани видови на дрворедикои се отпорни и имаат низок ризик од масовни корени како и алергии се препорачуваат: *Tilia tomentosa*, *Acer campestre*, *Celtis australis*, *Gleditsia triacanthos* ‘Skyline’, *Koelreuteria paniculata*, *Sophora japonica*.

Дополнително, за пешачките патеки и за дел од паркинг-местата (на пример, крајните редови) може да се применат пермеабилни коцки или тревни решетки кои дополнително ја зголемуваат процентуалната застапеност на зелените површини.

Оваа интервенција не само што ќе ја зголеми функционалноста на просторот, туку и ќе придонесе Домот на културата и неговата непосредна околина да станат пример за одржлив и современ урбан дизајн.

Воедно, ова решение ќе се интегрира во веќе изградениот зелен плоштад „Маршал Тито“, кој се наоѓа токму пред Домот на културата „Трајко Прокопиев“, со површина од  $14.570 \text{ m}^2$ , од кои тревниците зафаќаат  $1.510^3 \text{ m}^2$ .

<sup>3</sup> Извор: Студијата за урбано зеленило на Куманово (2023–2033)



**Слика 9: Предлог озеленување на паркингот околу Дом на култура**

Даденото предлог решение е индикативно со цел претсавување на зелени решение во склоп на оваа локација. Врз основа на скицата, е изработена и индикативна предмер пресметка дадена во анекс II. Во случај овој пилот проект да биде вовед во план за изведба, потребно е за истиот да се направи детална техничка документација со конкретна предмер пресметка.

#### **Втора урбана површина: паркинг пред градски базен**

Втората предложена урбана локација за озеленување е паркингот пред градскиот базен на катастарска парцела 19554/1. Истиот е со површина од ~4,000 м<sup>2</sup> и можност за паркирање на приближно 110 возила.



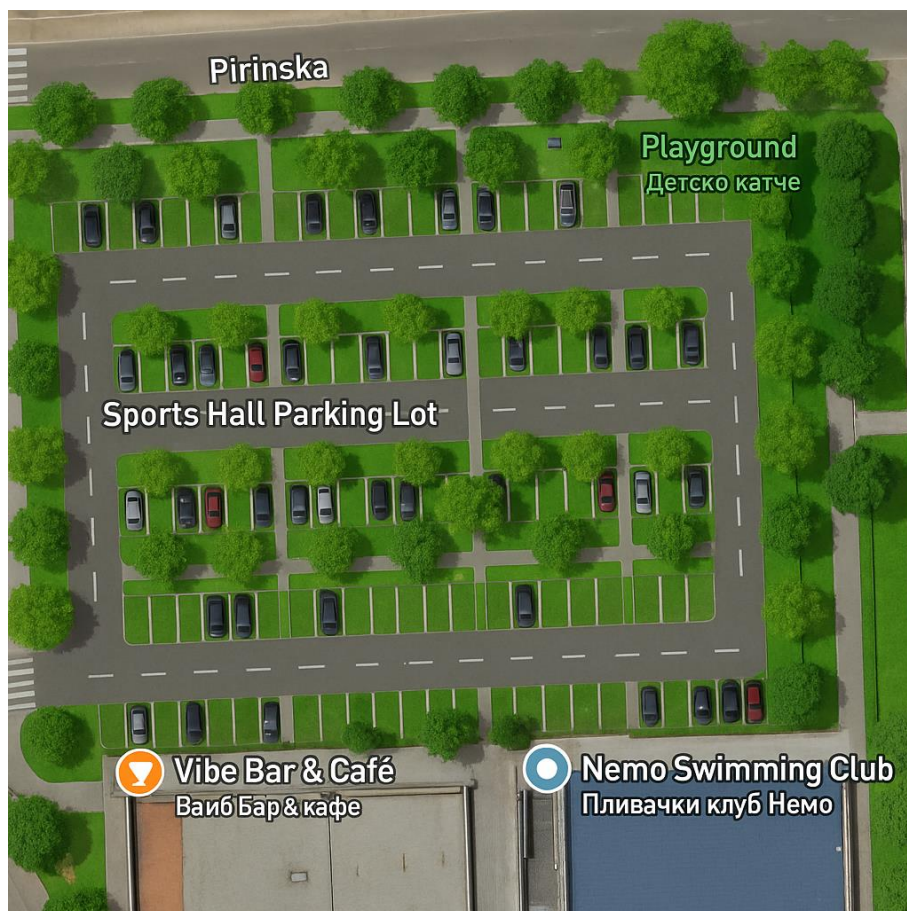
**Слика 10: Катастарска парцела на паркинг околу градскиот базен**

Запечатените асфалтирани површини, како што е паркингот пред градскиот базен, претставуваат

значителен извор на топлински острови и попречуваат природна инфилтрација на врнежните води. Со нивното делумно отворање и трансформација во зелени површини ќе се овозможи подобрување на микроклимата, апсорпција на врнежите и зголемување на биолошката разновидност.

Предлогот опфаќа демонтажа на дел од асфалтот и формирање линии и острови со тревни површини, ниско и високо зеленило, како и декоративни дрвореди. Овие дрвореди, поставени меѓу паркинг-редовите, ќе обезбедат сенка за возилата во текот на летните месеци, со што ќе се намали прегревањето на автомобилите и непријатноста на корисниците.

Со оваа интервенција се намалува вкупната запечатеност на просторот, се подобрува естетската вредност и комфорот на корисниците, а паркингот се претвора во пример за одржливо управување со јавни површини.



**Слика 11: Предлог озеленување на паркингот пред градскиот базен**

Во случај овој пилот проект да биде вовед во план за изведба, потребно е за истиот да се направи детална техничка документација со конкретна предмер пресметка. Дадениот предлог е индикативен и врз основа на оваа скица е изработена и индикативна предмер пресметка дадена во анекс II.

За делот кој се однесува на отворените површини, нема да бидат изготвени финансиски придобивки, бидејќи тие не се мерливи. Со имплементацијата на оваа мерка за ублажување и адаптација кон климатските промени, градот ќе има корист преку ладењето на плоштадите идентификувани како топлотни острови, како и преку проширување на урбаните зелени површини во однос на нивното квантитативно и квалитативно зголемување во рамки на градските



блокови и оформување на заштитно зеленило околу инфраструктурните објекти.

## 5. Анализа на трошоци и придобивки

Целта на овој дел од студијата е да се изврши анализа на трошоци и придобивки (cost-benefit evaluation) за предложената инвестиција и да се прикажат економските придобивки поврзани со пилот проектите, корисниците и животната средина низ животниот циклус на инвестицијата. Наодите можат да се искористат за подобро разбирање на придобивките, за поширока примена во рамките на Општина Куманово и за охрабрување на другите општини, градежни инвеститори и сопственици на куќи да имплементираат исти или слични мерки.

Анализата на придобивките поврзани со зелените кровови и фасади и отворањето на запечатени површини е комплексна. Некои придобивки, како што се користењето на зелените кровови и фасади, зголемување на биодиверзитетот и слично, се нематеријални и тешко мерливи и докажливи. Иако е тешко да се квантифицираат во монетарна вредност, тие придобивки се прикажани, разгледани и вклучени во анализата.

Наодите во студијата се засновани врз преглед на достапната литература, искуството и знаењето на експерти, а дел од нив се искористени за проценка и претставување на монетарните придобивки.

Финансиската, економската и социјално-еколошката анализа е подготвена за првиот пилот проект каде е земено во предвид зелено решение на фасадата, додека за отворањето на запечатените површини податоците се прикажани на ниво на инвестициони трошоци.

Имено, инвестицијата во отворање на запечатени површини ќе донесе јавни придобивки. Тие имаат еколошки и социјални импликации. Еколошките придобивки се однесуваат на подобрување на квалитетот на воздухот, намалување на емисиите на јаглерод, редукција на урбаните топлотни острови, подобрување на хабитатите итн. Социјалните придобивки во овие случаи се поврзани со промена на начинот на паркирање на возилата, при што тие нема да бидат изложени на директно сонце. Ова ќе придонесе за намалување на случаите на паркирање на возила на локации кои не се предвидени за таа намена. За вакви инвестиции не се идентификувани економски придобивки.

Методологијата која се користи за анализата на трошоци и придобивки е применлива за проценка на инвестиции во зелени фасади на јавни згради. Во оваа студија се евалуирани и прикажани директните и индиректните економски, еколошки и социјални придобивки поврзани со планираната инвестиција. Трошоците и придобивките се групирани по фази од животниот циклус на зелената инфраструктура во кои се појавуваат.

Со оваа Методологија се спроведуваат три вида на анализи:

- Финансиска анализа, која ги зема предвид: трошоци за изградба, трошоци за одржување и придобивките од намалувањето на потрошувачката на енергија
- Економска анализа, која ги опфаќа: трошоците за изградба и одржување и придобивките поврзани со намалувањето на потрошувачката на енергија, плус придобивките поврзани со трајноста на фасадата, управувањето со бучава и подобрувањето на естетиката
- Социјално-еколошка анализа, која ги вклучува сите трошоци и придобивки од економската анализа, плус придобивките поврзани со подобрување на квалитетот на воздухот.



Табела 9: Методологија за анализа на трошоци и придобивки за јавни згради

| Финансиска анализа |                                                              | Економска анализа  |                                                                              | Социјално-еколошка анализа |                                                                              |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Почетни            | Во тек                                                       | Почетни            | Во тек                                                                       | Почетни                    | Во тек                                                                       |
| Трошоци за изведба | Трошоци за одржување,<br>Намалување на трошоците за енергија | Трошоци за изведба | Трошоци за одржување,<br>Намалување на трошоците за енергија                 | Трошоци за изведба         | Трошоци за одржување,<br>Намалување на трошоците за енергија                 |
|                    |                                                              |                    | Пролонгирање на животниот век,<br>Управување со бучава, Естетско подобрување |                            | Пролонгирање на животниот век,<br>Управување со бучава, Естетско подобрување |
|                    |                                                              |                    |                                                                              |                            | Подобрување на квалитетот на воздухот                                        |

Нето сегашната вредност (NPV) на зелената фасада е пресметана земајќи ги предвид придобивките што зелените фасади ги генерираат во текот на нивниот животен циклус. Вклучен е временски хоризонт од 40 години, при што сите парични текови се дисконтирани за да се прикаже сегашната вредност. Нето сегашната вредност (NPV), Внатрешната стапка на поврат (IRR) и Периодот на отплата се прикажани за да се демонстрираат економските придобивки и финансиската одржливост на инсталацијата на зелени фасади.

Нето сегашна вредност (NPV) се користи за да се утврди профитабилноста на една инвестиција. Таа ја зема предвид очекуваната вредност на идните трошоци и придобивки поврзани со инвестицијата, прилагодена за ефектите на инфлацијата. Дисконтната стапка е стапката со која идните парични текови се дисконтираат поради временската вредност на парите. Инвестицијата ќе биде профитабилна ако NPV е позитивна, и затоа NPV е добар индикатор дали инвестицијата во зелени фасади претставува финансиски оправдана инвестиција за Општина Куманово.

Внатрешна стапка на поврат (IRR) е мерка за очекуваната годишна финансиска корист што ја носи инвестицијата во одреден временски период (на пр., IRR од 10% означува дека паричните текови растат, во просек, за 10% годишно).

Период на отплата (Payback period) е бројот на години потребни за да се повратат иницијалните инвестиции преку приходите генерирани од истата инвестиција.

### 5.1. Капитални инвестиции во инфраструктура за зелени фасади

Целта на овој дел е да се прикажат трошоците за имплементација на инфраструктура за зелени фасади на национално ниво, преку трошоците изразени конкретно за Општина Куманово. Претставените трошоци се засновани на вредности добиени од локални компании и дадени во анекс I.

Вкупната капитална инвестиција за изведба на зелена фасада на „Наце Буѓони“ изнесува 98,280 евра или 520 евра/м<sup>2</sup>. Капиталната инвестиција се реализира во почетната година од анализата.

Детална понуда за изведба на зелена фасада е дадена во анекс I. Дополнително дадена е и понуда за изведба на индиректна зелена фасада како поевтино решение кое може да биде земено во понатамошна анализа.



## 5.2. Инвестиции за одржување на инфраструктура за зелени фасади

Кај зелените фасади, одржувањето секогаш е неопходно, и затоа буџетот за одржување мора да биде планиран и вклучен во анализите на трошоци и придобивки. Зелените фасади се природни системи, но бараат постојана грижа. Одржувањето на зелена фасада опфаќа проверка на наводнување и губрење, плевене, подкастрување и замена на оштетени растенија. Потребна е и контрола на конструкцијата и на појавата на штетници или болести. Со сезонски активности – повеќе наводнување во лето и обликување во пролет и есен – се обезбедува рамномерна покриеност и здрав развој на фасадата.

Трошоците за одржување зависат од големината на зелените фасади и нивната висина, карактеристиките на објектите и комплексноста на инсталираниот систем. Годишните трошоци за одржување согласно добиената понуда изнесуваат 1,000 ЕУР/годишно.

## 5.3. Монетарни трошоци и придобивки од инсталацијата на зелени фасади

Придобивките од инвестицијата во инсталација на зелени фасади се прикажани во Извештајот, Глава 2: Придобивки од инсталација на зелени кровови и зелени фасади.

Монетарните вредности на придобивките, со детален опис на пресметката, се дадени во Глава 4: Пилот проекти.

**Табела 10: Резиме на монетарните трошоци и придобивки за „Наџе Буѓони“**

|                                                                | Вкупна инвестиција |
|----------------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Трошоци и придобивки во животниот циклус</b>                |                    |
| Капитални инвестиции [ЕУР]                                     | 98,280             |
| Инвестиции во одржување [ЕУР/год]                              | 1,000              |
| Зголемување на енергетските перформанси [ЕУР/год]              | 129                |
| Пролонгирање на животниот век [ЕУР]                            | 9,450              |
| Управување со бучава: зголемување на вредноста на имотот [ЕУР] | 90,750             |
| Естетско подобрување: зголемување на вредноста на имотот [ЕУР] | 36,300             |
| Зголемување на квалитет на воздухот [ЕУР/год]                  | 182                |

Претставените монетарни трошоци и придобивки се користат во анализата за економска изводливост.

## 5.4. Анализа за економска изводливост за примена на зелени фасади

Животниот циклус на зелена фасада е проценет на 40 години. Дисконтниот фактор е дефиниран на 6% (како долгорочен зрел проект), додека годишната стапка на инфлација од 2.4%<sup>4</sup> е применета

<sup>4</sup> [https://www.ecb.europa.eu/pub/projections/html/ecb.projections202212\\_eurosystemstaff~6c1855c75b.en.html#toc7](https://www.ecb.europa.eu/pub/projections/html/ecb.projections202212_eurosystemstaff~6c1855c75b.en.html#toc7)



во оваа анализа.

Студијата за изводливост е спроведена преку финансиска, економска и социјално-еколошка анализа и се заснова на наодите за трошоците и придобивките претставени во овој извештај.

#### Финансиска анализа

Финансиската анализа ги зема предвид капиталните инвестициони трошоци, трошоците за одржување и паричниот тек од намалувањето на потрошувачката на енергија. Придобивката од намалената потрошувачка на енергија е материјална и резултира со зголемување на паричниот тек.

Финансиската анализа е извршена за вкупната инвестиција на пилот проектот во „Наџе Буѓони“.

Спроведената финансиска анализа покажа дека инвестицијата има негативен кумулативен паричен тек низ животниот циклус на инвестицијата. Како последица, трошоците за инвестиција и одржување не можат да се покријат со придобивките од намалувањето на потрошувачката на енергија во текот на животниот циклус.

Затоа, инвестицијата во инфраструктура за зелени фасади не покажа финансиска одржливост. Нето сегашната вредност (NPV) е негативна и за вкупната инвестиција за овој пилот проект.

**Табела 11: NPV, IRR и период на отплата при финансиска анализа**

|               | Финансиска анализа |           |                   |
|---------------|--------------------|-----------|-------------------|
| Пилот проект  | NPV                | IRR       | Период на отплата |
| „Наџе Буѓони“ | -117,143           | Негативен | Негативен         |

Преку финансиската анализа на некулумиран паричен тек (анализа на паричен тек по секоја година) се заклучува дека:

- Негативниот врв се јавува во почетната година на инвестицијата, кога се прикажани трошоците за инвестиција.
- Инвестициите имаат негативен паричен тек во текот на целиот нивен животен циклус. Годишните трошоци за одржување не можат да се покријат со придобивките од намалувањето на енергијата.
- Од финансиски аспект, проектот не е оправдан само врз основа на енергетските заштеди. За да има физибилност, потребно е да се вклучат дополнителни квалитативни и квантитативни придобивки, како што се: естетска вредност, зголемена вредност на имотот, квалитет на воздух и останати придобивки.

#### Економска анализа

Економската анализа ги зема предвид: трошоците за капитална инвестиција и одржување и паричните текови од придобивките на: намалување на потрошувачката на енергија, продолжен



животен век на фасадата, управување со бучава и подобрување на естетиката.

Додека придобивката од намалувањето на потрошувачката на енергија е годишна придобивка, продолжениот животен век на кровот, управувањето со бучавата и подобрувањето на естетиката претставуваат еднократни придобивки кои се додаваат кон вредноста на имотот.

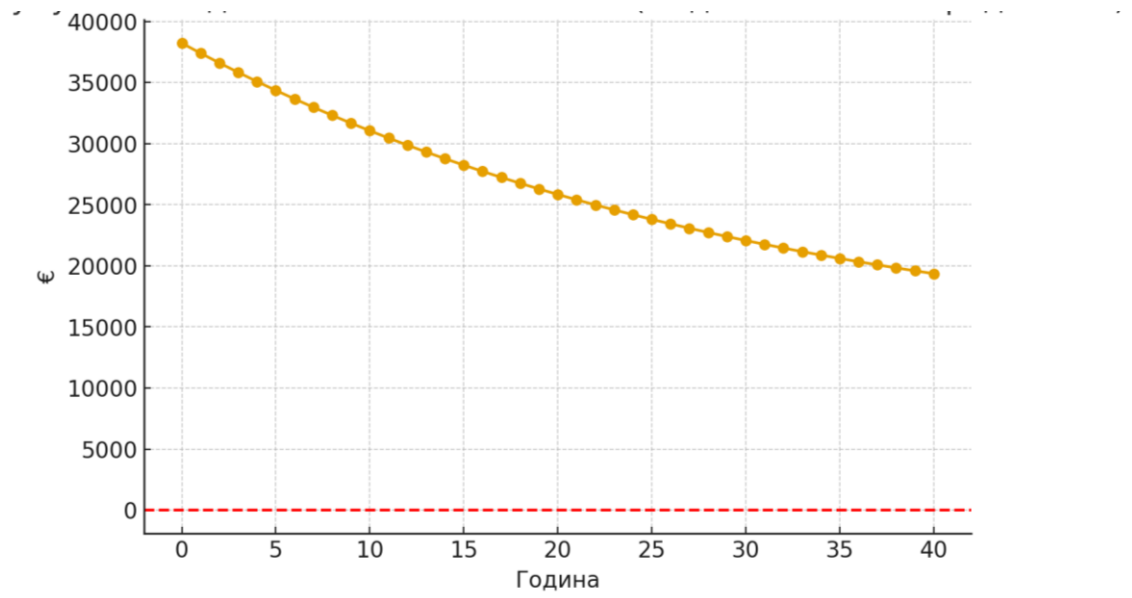
Продолжениот животен век на кровот, управувањето со бучавата и подобрувањето на естетиката се придобивки за Општина Куманово, како сопственик на објектот. Тие можат да се искористат како колатерал, за рефинансирање или за препродажба на имотот.

Спроведената економска анализа покажа дека инвестицијата во зелена инфраструктура е економски изводлива. Придобивките ги компензираат трошоците за инвестиција и одржување, поради фактот што ваквата инвестиција резултира со значително зголемување на вредноста на имотот.

Нето сегашната вредност (NPV) е позитивна за вкупната инвестиција на овој пилот проект.

**Табела 12: NPV, IRR и период на отплата при економска анализа**

| Пилот проект  | Економска анализа |      |                                   |
|---------------|-------------------|------|-----------------------------------|
|               | NPV               | IRR  | Период на отплата                 |
| „Наце Буѓони“ | +19,357 ЕУР       | 2.1% | Во првата година од инвестицијата |

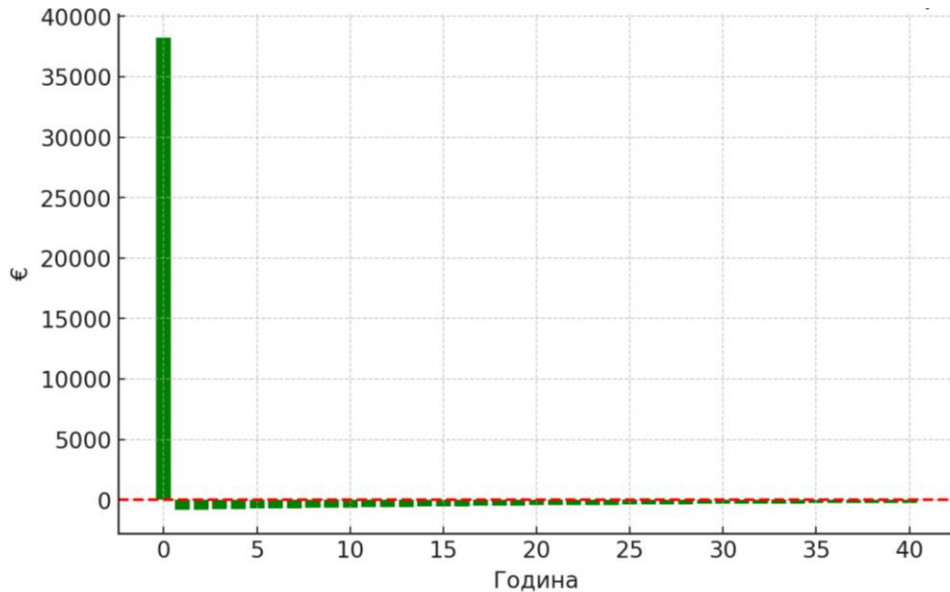


**Слика 12: Кумулативен дисконтен готовински тек од економската анализа**

Од графичкиот приказ на кумулативниот дисконтен готовински тек за зелена фасада со сите дополнителни придобивки може да се забележи:



- Уште во првата година линијата е над нула - инвестицијата е исплатена веднаш благодарение на капитализираните придобивки.
- Понатаму, линијата благо опаѓа со тек на време поради тоа што трошоците за одржување растат со инфлација, а енергетските придобивки се мали и фиксни.



**Слика 13: Некумулативен дисконтен готовински тек од економската анализа**

- Во почетната година имаме голем позитивен прилив (разликата меѓу инвестицијата и капитализираните дополнителни придобивки).
- Во секоја наредна година, колоните се негативни, бидејќи трошоците за одржување се поголеми од заштедата на енергија.
- Со други зборови: проектот се исплатува веднаш благодарение на вредноста од бучава, естетика и животен век, а понатаму тековните годишни ефекти се негативни, но не ја анулираат почетната добивка.

### Социјално-еколошка анализа

Социјално-еколошката анализа ги зема предвид капиталните инвестиции и трошоците за одржување, како и паричните текови од придобивките: намалување на потрошувачката на енергија, продолжен животен век на фасадата, управување со бучавата, подобрување на естетиката и подобрување на квалитетот на воздухот.

Продолжениот животен век на фасадата, управувањето со бучавата и подобрувањето на естетиката претставуваат еднократни придобивки кои се додаваат кон вредноста на имотот, додека намалувањето на потрошувачката на енергија и подобрувањето на квалитетот на воздухот се годишни придобивки.

Земајќи ги предвид трошоците за инвестиција и одржување и паричниот тек од сите придобивки опфатени со оваа анализа, може да се заклучи дека инвестицијата во зелена инфраструктура е социјално-еколошки изводлива. Придобивките ќе ги компензираат сите трошоци за инвестиција и одржување.

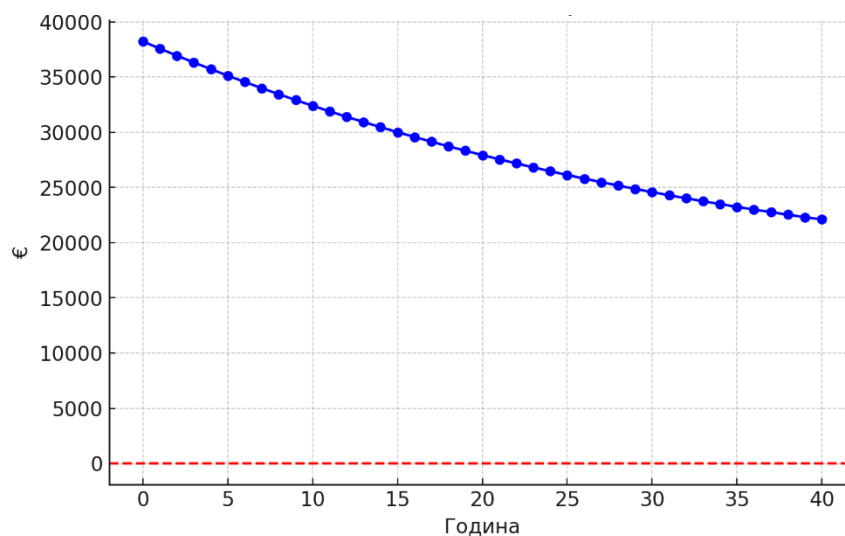


Евалуацијата на акумулираниот паричен тек е слична со резултатите од економската анализа.

Нето сегашната вредност (NPV) е позитивна за вкупната инвестиција за овој пилот проект.

**Табела 13: NPV, IRR и период на отплата при социјално-еколошка анализа**

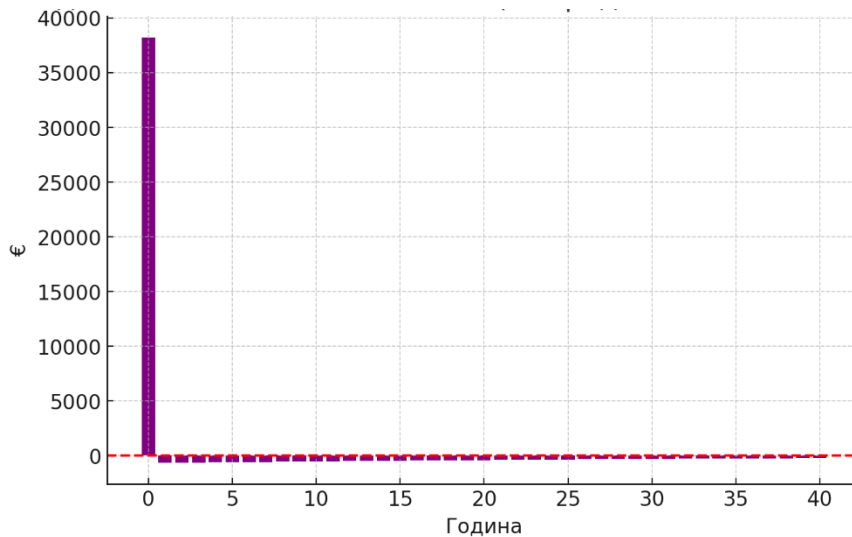
| Пилот проект  | Социјално – еколошка анализа |        |                                   |
|---------------|------------------------------|--------|-----------------------------------|
|               | NPV                          | IRR    | Pay back                          |
| „Наце Бугони“ | +22,095 ЕУР                  | 1.44 % | Во првата година од инвестицијата |



**Слика 14: Кумулативен дисконтен готовински тек од социјално-еколошката анализа**

Преку кумулативниот дисконтен готовински тек за варијантата со сите капитализирани придобивки (животен век, бучава, естетика) и годишната придобивка од подобрен квалитет на воздух може да се заклучи:

- Линијата започнува високо над нулата (поради големите иницијални придобивки) и постепено се спушта поради растечките трошоци за одржување.
- Благодарение на додадените годишни 182 ЕУР, темпото на опаѓање е побавно отколку претходно.
- Дури и по 40 години, проектот останува со позитивна кумулативна вредност (NPV ~22 илјади ЕУР).



**Слика 15: Некумулативен дисконтен готовински тек од социјално-еколошката анализа**

Од приказот на годишните (некумулативни) дисконтни готовински текови за сценариото со сите капитализирани придобивки и годишното подобрување на квалитетот на воздух се заклучува:

- Во почетната година имаме голем позитивен прилив (поради вклучените капитализирани придобивки минус инвестицијата).
- Во секоја наредна година текот е негативен, бидејќи трошоците за одржување растечки со инфлација се поголеми од годишните придобивки од заштеда на енергија и подобрување на квалитетот на воздухот.
- Негативните текови се помали во однос на претходното сценарио поради придобивките во однос на подобрувањето на квалитетот на воздухот.

#### 5.5. Капитални инвестиции за отворање на запечатени површини

Двете градски урбани јавни површини – паркингот кај Домот на културата и паркингот кај градскиот базен – се избрани како пилот проекти за отворање на запечатирани површини.

Вкупната капитална инвестиција за отворање на запечатените површини изнесува 7,711 евра.

Деталната предмер пресметка со опис на работите, количини, единични цени и вкупни износи за секоја јавна површина се прикажани во Анекс III од овој извештај.

**Табела 14: Капитална инвестиција за отворање на запечатени површини во ЕУР**

| Опис на работите       | Паркинг кај Дом на култура | Паркинг кај градскиот базен |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Припремни работи [ЕУР] | 500                        | 1,000                       |
| Земјени работи [ЕУР]   | 260                        | 820                         |
| Саден материјал [ЕУР]  | 900                        | 3,000                       |
| Садење садници [ЕУР]   | 90                         | 300                         |



|                                 |                  |                  |
|---------------------------------|------------------|------------------|
| Анкерисување на стебла [ЕУР]    | 90               | 300              |
| Формирање на тревници [ЕУР]     | 110              | 341              |
| <b>Вкупна инвестиција [ЕУР]</b> | <b>1,950 ЕУР</b> | <b>5,761 ЕУР</b> |

## 6. Заклучок

Анализата на трошоци и придобивки е извршена користејќи Методологија развиена за инвестиции во инфраструктура за зелени фасади на јавни згради применлива и за зелени кровови. Оваа Методологија пропишува потреба од финансиска, економска и социо-еколошка анализа со цел да се оценат сите трошоци и придобивки од зелените фасади во текот на нивниот животен циклус.

Резултатите од анализата на трошоци и придобивки се следните:

- Трошоците за инсталација и одржување на инфраструктурата на зелената фасада имаат најголемо негативно влијание врз нето сегашната вредност.
- Анализата на трошоци и придобивки е позитивна (има позитивна нето сегашна вредност) само ако готовинскиот тек од придобивките од животниот век на фасадата, управувањето со бучава и естетското подобрување се земат предвид во оценката на профитабилноста на инвестицијата. Трошоците за инвестицијата ќе се повратат во првата година од инвестицијата.
- Инвестицијата не е финансиски одржлива ако се земат предвид само готовинските текови од придобивките од подобрување на енергетските перформанси преку заштеда на енергија.
- По првата година, вкупната инвестиција има позитивен некумулативен готовински тек. Годишните трошоци за одржување можат да се покријат од придобивките од намалување на потрошувачката на енергија.
- Спроведената социјално-еколошка анализа за инвестицијата во овој пилот проект ја нагласува важноста од разбирање и земање предвид на сите придобивки во текот на животниот циклус на инвестицијата. Имено, во финансиската анализа не беа земени во предвид останатите придобивки и паричниот тек за овој објект беше претежно негативен. Вклучувајќи ја придобивката од подобрување на квалитетот на воздухот и пресметувајќи ја во монетарна вредност, некумулативниот паричен тек за овој објект е позитивен во текот на целиот животен циклус на инвестицијата.
- Спроведената анализа е лесно прилагодлива за спроведување на зелени репенија и на други објекти, во јавниот, приватниот и комерцијалниот сектор. Истата може да послужи како генерална Методологија и рамка за спроведување на исплатливоста од инсталација на зелени решенија на кров или фасада.



## 7. Дополнителни препораки

Градот Куманово претставува еден од добрите примери во регионот во процесот на усвојување и имплементација на стратегии и политики поврзани со климатски промени и биодиверзитет. Куманово веќе има воспоставено практики и документи со цел унапредување на локалната отпорност кон климатските ризици и адаптација на урбаното опкружување. Локалната стратегија за климатски промени и адаптација, усвоена од Советот на Општина Куманово, е насочена кон градење на климатски отпорно општество преку унапредување на знаењето за климатските влијанија и адаптивните решенија, преку засилено планирање и проценка на климатски ризици, како и преку поттикнување на активности за адаптација на локално ниво.

Покрај тоа, во рамките на локалните политики и акциски планови за заштита на животната средина, биодиверзитетот во Куманово се препознава како критично подрачје подложно на влијанијата од климатските промени. Намалувањето на урбаниот биодиверзитет може да ја намали неговата способност да придонесе во одржување на вкупните нивоа на биодиверзитет и во обезбедувањето на повеќе екосистемски услуги (регулација на температура, подобрување на квалитетот на воздухот, заштита на зелените коридори и културна вредност на просторот).

Во ова поглавје, заедно со веќе адресираните мерки за адаптација, се предлагаат дополнителни препораки и потенцијални акции што можат да се преземат за олеснување на имплементацијата на локалната стратегија за климатски промени и зајакнување на отпорноста на Куманово кон климатските ризици.

### 8.1 Промоција на зелени кровови

Градот Куманово може да има значајна улога во промоцијата на инсталација на зелени кровови и зелени фасади, како иновативни решенија за унапредување на урбаната средина, подобрување на квалитетот на воздухот и зајакнување на отпорноста на градот кон климатските промени. Следните мерки ќе поддржат поголеми инвестиции и пошироко воведување на вакви системи:

- Подготовка на Стратегија за озеленување на кровови и фасади на Град Куманово. Стратегијата ќе служи за нагласување на позитивните придобивки од воведувањето на зелени системи, за едукација на пошироката јавност за нивните ефекти врз енергетската ефикасност, биодиверзитетот и здравјето на луѓето, како и за подобрување на имиџот на Куманово како современ, одржлив и зелен град.
- Изработка на Акциски план со детални мерки и приоритети за инсталација, организациски одговорности, финансиски механизми и рокови. Акцискиот план ќе ја конкретизира имплементацијата на стратегијата и ќе овозможи систематско воведување на зелени кровови и фасади на јавни, станбени и комерцијални згради.
- Развивање на техничка проектна документација за поставување зелени кровови и зелени фасади на сите јавни објекти во сопственост на Град Куманово и воспоставување иницијален буџет за инвестиции. Грантовите за овие инвестиции треба да се договорат со ЕУ, меѓународни финансиски институции и други донатори. Примената на одржливи финансиски механизми може да овозможи дополнителна мобилизација на средства за приватниот сектор.
- Воведување регулаторни мерки. Градот Куманово може да пропише задолжителна инсталација на зелени кровови и фасади кај сите нови општински, комерцијални и станбени објекти под негова надлежност. Дополнително, може да се воведат стимули (ослободување од дел од комунални давачки, намалување на данок на недвижности) за



приватните инвеститори кои ќе применат зелени системи.

- Финансиска поддршка. Градот може да субвенционира делумно или целосно каматни стапки на кредити од комерцијални банки за проекти за зелени кровови и зелени фасади, овозможувајќи полесен пристап до финансирање за граѓаните и компаниите.
- Јавна промоција и кампањи. Потребно е да се спроведе поширока јавна кампања за споделување на придобивките од зелените кровови и фасади. Особено е важно да се прикажат јавните и приватните бенефити, како што се подобрување на квалитетот на воздухот, намалување на урбаниот тоplotен остров, енергетски заштеди и зголемување на вредноста на недвижностите. Со тоа граѓаните и инвеститорите ќе бидат мотивирани да инвестираат во вакви решенија.

## 8.2 Урбани шуми

Куманово веќе има искуство со уредување на јавни површини преку озеленување на плоштади и поставување на урбани зеленилни решенија со цел намалување на ефектот на урбаниот тоplotен остров. Поради високата застапеност на поплочени површини и големата густина на објекти во централното градско подрачје, Градот Куманово постојано бара и истражува нови природни решенија засновани на природата (nature-based solutions) за подобрување на микроклимата.

Дрвјата и другите растенија помагаат во ладењето на животната средина, што го прави зеленилото едноставен и ефективен начин за намалување на урбаните тоplotни острови. Преку обезбедување сенка и процесот на евапотранспирација, дрвјата и вегетацијата го намалуваат и површинскиот и амбиенталниот воздух. На пример, површините во сенка можат да бидат 11–25°C постудени од оние што се изложени на директно сонце. Самата евапотранспирација или во комбинација со сенка може да придонесе за намалување на летните температури за 1–5°C.

Дрвјата и зелените појаси имаат најголема корист како стратегија за ублажување на високите температури доколку се садат на стратешки локации – околу објекти, долж улици или за засенчување на паркинзи на отворено.

Како и во повеќето урбани подрачја, така и во Куманово, зелените површини и дрворедите се ограничени, а доминираат непропустливи површини (асфалт, бетон) и густо изградени објекти кои ја апсорбираат сончевата енергија и ја задржуваат топлината. Дополнително, урбаниот дизајн често е компактен, што спречува адекватно ослободување на акумулираната топлина.

Затоа, урбаното планирање игра клучна улога во создавањето на тоplotни острови, но истовремено нуди и можност за нивно намалување преку примената на стратегии за паметен раст (smart growth strategies). Интегрирањето на мерките за ладење – како урбани шуми, засадување нови дрвореди, зелени коридори и сенчести јавни површини – во рамките на урбанистичките планови овозможува повеќекратни придобивки: подобрување на животната средина, зголемување на отпорноста на градот на климатски промени и унапредување на квалитетот на животот на граѓаните.

## 8.3 Зелени паркинг простори

Паркинг просторите значително придонесуваат за појава на урбани тоplotни острови (УТО). Асфалтот, како најчесто користен материјал за поплочување на паркинзи, претставува темна површина што силно апсорбира топлина. Ноќно време, кога асфалтот се лади, ја ослободува акумулираната топлина во воздухот, со што се успорува природното ноќно разладување. Овој ефект, комбиниран со брзото истекување на атмосферската вода од непропустливата површина, влијае и врз околните водни тела – бидејќи нема доволно време за природна евапорација, се



ограничува природното ладење на воздухот. Дополнително, расчистувањето на земјиштето за изградба на паркинзи ја намалува дрворедната покривка и другото зеленило кое природно обезбедува сенка и умерување на температурите.

Во урбаните средини, дизајнот на паркинг просторите главно е фокусиран на функционалност – движење на возила, максимизирање на бројот на паркинг места и лесно одржување. Како резултат, просторот за зеленило или пешачки зони често останува маргинализиран или занемарен.

За справување со овие проблеми, Град Куманово треба да интегрира препораки за паметен урбан раст и да ги земе предвид еколошките предизвици во дизајнот на паркинг просторите. Целта е да се создадат паркинзи кои не се само функционални, туку и безбедни, атрактивни и еколошки прифатливи.

За постојните паркинг површини, решение е делумно отворање на запечатените површини со можност за примена на природно-базирани решенија (nature-based solutions) – како интеграција на зелени појаси, порозни материјали за поплучување и поврзување со системи за управување со атмосферска вода.

Напредно решение претставува поставување на фотоволтаични соларни панели и зелени сенилници над паркинзите, кои ќе обезбедат сенка за возилата и ќе произведуваат обновлива енергија. Дополнително, може да се постават системи за собирање дождовница (цевки, олуци, резервоари), со што ќе се овозможи складирање на водата за наводнување на зеленилото. На овој начин, зеленилото не само што ќе обезбеди ладење и ќе го ублажи ефектот на УТО, туку и ќе го зголеми производството на кислород и ќе придонесе за подобар квалитет на воздухот.



**Слика 16: Зелени паркинг натстрешници**

Предноста од комбинирање на фотоволтаични панели и зелен кров на паркинг натстрешници е во тоа што атмосферската вода што ќе се слее од соларните панели ќе се насочи кон зелениот кров. На тој начин ќе се овозможи растење на растенијата, што ќе придонесе за подобрување на квалитетот на воздухот во паркинг просторот.

Дополнителна предност е и во одржувањето: кога еднаш ќе се пристапи до натстрешницата, може

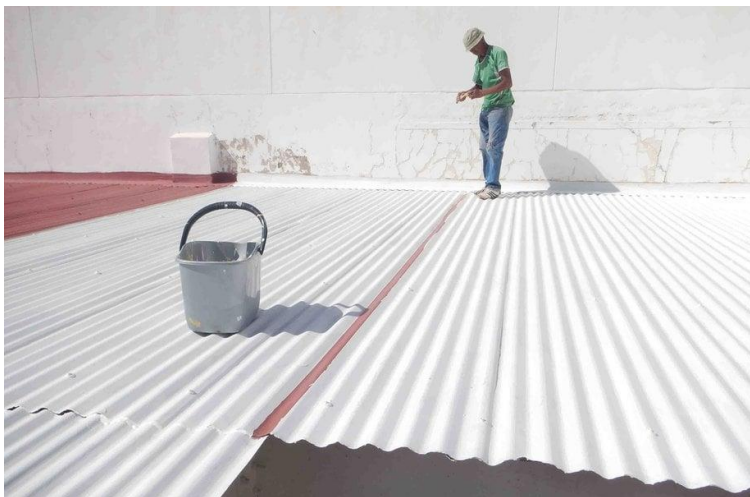


истовремено да се изврши чистење на соларните панели и одржување на зелениот кров – косење на тревата, вадење плевели и слични активности. Со тоа, трошоците за одржување се оптимизираат, а се обезбедува долготрајна функционалност и на двата системи.

#### 8.4 Ладни кровови

Заедно со уредувањето на јавни површини со перголи и урбано зеленило, граѓаните на Куманово активно учествувале и делумно се вклучувале во финансирањето на проекти за бојадисување на фасади со светли бои. На сличен начин, примената на ладни кровови (cool roofs) претставува соодветна мерка за постоечките темни кровови.

Најважната карактеристика на ладните кровови е високата соларна рефлективност (албедо), која овозможува одбивање на сончевата светлина и топлината од зградата, со што се намалува температурата на кровната површина. Високата топлинска емисивност исто така игра значајна улога, особено во клими кои се топли и сончеви. Комбинацијата од овие својства овозможува крововите да апсорбираат помалку топлина и да останат постудени од конвенционалните материјали во периоди на високи летни температури.



Слика 17: ладни кровови

Производите за ладни кровови можат да се применат и на кровови со мал наклон (рамни или благи, како кај комерцијални, индустриски и административни згради), но и на кровови со стрмен наклон, кои се карактеристични за многу станбени и трговски објекти.

Како недостаток, ладните кровови можат да одбиваат дел од посакуваното добивање топлина во зимскиот период и на тој начин потенцијално да ги зголемат сметките за греење. Сепак, во целина, ладните кровови овозможуваат нето енергетски заштеди, особено во подрачја каде цените на електричната енергија се високи и каде оптоварувањето за ладење во летните месеци е значително.

#### 8.5 Озеленето поплучување

Озеленетото поплучување опфаќа различни постојни и нови технологии кои градовите ги применуваат како дел од мерките за намалување на ефектот на урбаните топлотни острови. Под овој поим се подразбираат материјали за поплучување кои овозможуваат интеграција на зеленило, подобра евапорација на вода и циркулација на воздух, со што површините остануваат постудени во споредба со конвенционалните асфалтни и бетонски површини.

Во летните месеци, класичните коловози и плочници можат да достигнат температури од 48–67°C,



со што ја зголемуваат температурата на воздухот и ја загреваат дождовната вода која истекува во локалните водни текови. Бидејќи поплочените површини зафаќаат голем дел од урбаното земјиште – во просек 30–45% од вкупната површина – нивната трансформација е клучна за ублажување на топлотните острови.

Озеленетото поплочување може да се реализира преку:

- порозни материјали кои овозможуваат инфилтрација на дождовна вода и подобра циркулација на воздух;
- интегрирање на тревни или ниско-растителни површини меѓу поплочувањето (т.н. grass paving), што создава природна сенка и подобрување на микроклимата;
- комбинирање со дрвореди и урбано зеленило за создавање сенка и дополнителна регулација на температурата.

Главните придобивки од озеленетото поплочување се:

- Намалување на ефектот на топлотниот остров преку пониски површински температури;
- Подобрo управување со дождовни води преку инфилтрација и задржување на водата;
- Подобрување на квалитетот на воздухот и зголемување на биодиверзитетот во урбаните средини;
- Создавање на попријатен јавен простор за граѓаните.



**Слика 18: Пример 1 за озелено поплочување**



**Слика 19: Пример 2 за озелено поплочување**

Со примена на озеленето поплочување, Куманово може да ја подобри локалната микроклима, да го намали ризикот од поплави предизвикани од брзо истекување на дождовната вода и да создаде поеколошки и попривлечни јавни простори.

### 8.6 Иновативни мерки

Многу иновативни идеи може да се преземат од светот и од други метрополи кои се соочуваат со слични проблеми.

За постигнување на брзи резултати, може да се користат преносливи зелени градини кои истовремено ќе овозможат ладење и ќе придонесат за украсување на централното градско подрачје. Ова интересно урбано решение може да се изработи преку прилагодување на стари контејнери или нивно целосно ново дизајнирање.

Таквата опрема може да се користи како простор за одмор и релаксација во делови од градот каде што во краток рок е невозможно да се воспостават класични зелени површини.



**Слика 20: Преносливи зелени градини**

На места каде што не е можно да се засадат дрвја, може да се инсталираат преносливи вертикални градини. Тие не само што ќе влијаат на намалување на ефектот на урбаните тоplotни острови, туку и ќе придонесат за создавање поубав природен амбиент во централните градски подрачја.

Главен предизвик кај вакви проекти е нивното редовно одржување, кое мора директно да биде доверено на надлежна институција или специјализирана служба за одржување.



**Слика 21: Преносливи вертикални градини**

Автобуските засолништа долго време беа неискористен потенцијал – сè до неодамна. Одличен пример е холандскиот град Утрехт, каде што од јуни повеќе од 300 автобуски засолништа се покриени со седум-кровови (Sedum roof).

Вниманието и позитивните реакции што ги предизвикуваат зелените кровови создаваат вистинско движење низ целиот свет. Озеленетите автобуски засолништа ги мотивираат и другите општини и граѓани да придонесат за создавање позелен и поодржлив свет.



**Слика 22: Озеленети автобуски станици**

Досега, вниманието главно беше насочено кон намалување на ефектот на урбаниот тоplotен остров, но придобивките можат да се прошират и на други области, како што е урбаното земјоделство.

Преку оваа мерка, идејата е да се искористи создадената микроклима и да се оформат паркови



каде што ќе се засадуваат растенија што најмногу одговараат на новите урбани услови. На тој начин, урбаното зеленило не само што ќе ја подобрува климата, туку ќе придонесува и кон локално производство на храна, зголемување на биодиверзитетот и создавање на едукативни и рекреативни простори за граѓаните.



**Слика 23: Урбано земјоделство**

Во ера кога дигиталната инфраструктура се среќава со еколошката свесност, концептот на зелени фасади станува сè поважен во современата архитектура. Тие не само што придонесуваат за убавина и одржливост, туку имаат и многу практична примена на објекти каде што се поставени надворешни единици од клима-уреди.

Надворешните единици често ја нарушуваат естетиката на фасадите, создаваат локално зголемување на температурата (топлотен остров) и ја намалуваат удобноста на пешачките зони околу зградата. Со интеграција на зелени фасади, се постигнуваат повеќекратни придобивки:

- Естетско прикривање на надворешните единици и подобрување на изгледот на зградата;
- Намалување на рефлексијата на топлина од фасадата и ублажување на локалните топлотни зони создадени од климатизерите;
- Подобрување на ефикасноста на клима-уредите, бидејќи зелената фасада ја намалува температурата околу нив, со што се намалува потребната енергија за ладење;
- Подобрување на квалитетот на воздухот преку апсорпција на честички и CO<sub>2</sub>, што е особено важно во урбани зони со густо поставени уреди.

На овој начин, зелените фасади претставуваат синергетско решение – тие истовремено ја решаваат визуелната и енергетската проблематика на фасадите со климатизери, а истовремено придонесуваат за создавање поздрава и попријатна урбана средина.



**Слика 24: Зелена фасада**



## Референци

- Berardi, U. (2016). The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits. *Energy and Buildings*, 121, 217–229.
- Cameron, R. W., Taylor, J. E., & Emmett, M. R. (2014). What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. *Building and Environment*, 73, 198–207.
- Green Roofs Project Database. (2010). Phillips Eco-Enterprise Center (PEEC). Retrieved September 2009 from <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=213>
- Liu, K., & Baskaran, B. (2003). Thermal performance of green roofs through field evaluation. National Research Council Canada (NRCC-46412).
- Perini, K., & Rosasco, P. (2013). Cost–benefit analysis for green façades and living wall systems. *Building and Environment*, 70, 110–121.
- Green Roofs Network. Green roofs and health benefits. Retrieved from <http://www.greenroofs.net>
- Heschong Mahone Group, Inc. (2003). Windows and Offices: A study of office worker performance and the indoor environments. California Energy Commission Technical Report. Retrieved from <http://www.energy.ca.gov/2003publications/CEC-500-2003-082/CEC-500-2003-082-A-09.PDF>
- U.S. General Services Administration (GSA). (2011). The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings: A Report of the United States General Services Administration.
- Niachou, K., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A., & Mihalakakou, G. (2001). Analysis of the thermal properties and investigation of the energy performance of green roofs. *Energy and Buildings*, 33(7), 719–729.
- Kontoleon, K., & Eumorfopoulou, E. (2010). The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. *Building and Environment*, 45(5), 1287–1303.
- Perini, K., Ottelé, M., Fraaij, A. L. A., Haas, E. M., & Raiteri, R. (2011). Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. *Building and Environment*, 46(11), 2287–2294.
- Perini, K., Magliocco, A., & Giulini, S. (2017). Vertical greening systems and sustainable cities: Energy performance and urban heat island mitigation. *Urban Ecosystems*, 20(2), 399–412.
- Ottelé, M., Perini, K., Fraaij, A. L. A., Haas, E. M., & Raiteri, R. (2010). Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems. *Energy and Buildings*, 43(2–3), 341–347.
- Energy Community Secretariat. (2023). CO<sub>2</sub> emission factors and primary energy factors for Contracting Parties.
- European Federation of Green Roofs and Walls. (2019). Benefits of green roofs and walls.
- Студијата за урбано зеленило на Куманово (2023–2033)



- Акциски план за одржлива енергија и клима на Општина Куманово
- Програма за енергетска ефикасност за Општина Куманово



## Анекси

### Анекс I – Финансиска понуда добиена за изведба на зелени фасади



ЕДБ МК 4011993104139  
Комерцијална Банка;  
ж. с-ка 300040000005272  
P.O. Box 28 1430 Кавадарци;  
info@pinus.com.mk;

#### ПОНУДА - Вертикален суд

#### Спецификација за една жардињера со вертикална решетка

|   | Вид на услуга-садници                                                                       | Количина | Цена      | ВКУПНО    |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|
| 1 | Садници Јасмин/Бршлен 150-180 цм                                                            | 3        | 2,100.00  | 6,300.00  |
| 2 | Жардињера (дрвена) со вертикална (метална или дрвена) решетка со димензија 100 x 40 x 40 цм | 1        | 17,000.00 | 17,000.00 |
| 3 | Тресет - субстрат                                                                           | 1        | 800.00    | 800.00    |
| 4 | Систем за наводнување                                                                       | 1        | 800.00    | 800.00    |

**СЕВКУПНО: 24,900.00**

**Напомена:** Дадените цени се за една жардињера и се без врачнат ДДВ (18%)  
Во цената е врачнато и садењето.

**- Годишно одржување - 65.000 денари**

**Начин на плаќање:** 50% авансно, остатокот 30 дена по завршената работа.

23.09.2025



Тодор Петров



ЕДБ МК 4011993104139  
Комерцијална Банка;  
ж. с-ка 300040000005272  
Р.О. Вох 28 1430 Кавадарци;  
info@pinus.com.mk;

**ПОНУДА - Вертикална градина**

**Спецификација**

| Вид на услуга-садници                                                                                           | Количина | Цена      | ВКУПНО           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|------------------|
| 1 Комплет инсталирање на вертикална градина (зелена фасада) со вклучени садници и со систем за наводнување (м2) | 1        | 32,000.00 | 32,000.00        |
| <b>СЕВКУПНО:</b>                                                                                                |          |           | <b>32,000.00</b> |

**Напомена:** Дадената цена е по м2 и е без вработен ДДВ (18%)  
Во цената е вработено и садењето.

**- Годишно одржување - 65.000 денари**

**Начин на плаќање:** 50% авансно, остатокот 30 дена по завршената работа.

23.09.2025



Тодор Петров



**Анекс II – Предмер пресметка за отварање на запечатени површини**

| Предмер пресметка - Паркинг кај Дом на култура |                                                                                              |         |          |               |              |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|--------------|
| Р.Бр.                                          | Опис                                                                                         | Ед.мера | Количина | Ед.цена (ЕУР) | Вкупно (ЕУР) |
| <b>I Припремни работи</b>                      |                                                                                              |         |          |               |              |
| 1                                              | Обележување на површини и отстранување на слојот асфалт на површини за формирање дрворед     | паушал  | 1        | 500           | 500          |
| <b>Вкупно припремни работи:</b>                |                                                                                              |         |          |               | <b>500</b>   |
| <b>II Земјени работи</b>                       |                                                                                              |         |          |               |              |
| 1                                              | Набавка, насипување и планирање на хумусна земја во слој од 20 см (50 м <sup>2</sup> )       |         |          |               |              |
|                                                | Пресметка по м3                                                                              | м3      | 10       | 20            | 200          |
| 2                                              | Набавка на хумусна земја за садење садници од дрвја, со длабочина на садилната јама 70–80 см |         |          |               |              |
|                                                | (6 ком x 0.50м3)                                                                             |         |          |               |              |
|                                                | Пресметка по м3                                                                              | м3      | 3        | 20            | 60           |
| <b>Вкупно земјени работи:</b>                  |                                                                                              |         |          |               | <b>260</b>   |
| <b>III Саден материјал</b>                     |                                                                                              |         |          |               |              |
|                                                | Набавка на саден материјал по спецификација                                                  | пар     | 6        | 150           | 900          |
| <b>Вкупно саден материјал:</b>                 |                                                                                              |         |          |               | <b>900</b>   |
| <b>IV Садење на садници</b>                    |                                                                                              |         |          |               |              |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----|-----|--------------|
| <p>Садење дрвја:<br/> Садење на здрави расаднички одгледани садници со висина согласно спецификацијата. На местата означени во проектот се копаат јами со кружен пресек и цилиндрична форма, од кои треба да се отстрани шутот и другите штетни состојки и да се насипе мешавина од плодна хумусна земја, тресетно ѓубриво и песок во однос 6:3:1. Ископот на јамите се врши според големината на садницата, при што е најдобро садилната јама да биде најмалку 30% поголема од бусенот на садницата.</p> |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | пар                                                                                                                                                                    | 6              | 15 | 90  |              |
| <b>Вкупно садење садници:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                        |                |    |     | <b>90</b>    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| <b>V Анкерисување на стебла</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Набавка, транспорт и монтажа на анкери                                                                                                                                 | пар            | 6  | 15  | 90           |
| <b>Вкупно анкерисување на стебла:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                        |                |    |     | <b>90</b>    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| <b>VI Формирање на тревници</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Подготовка на теренот, фино планирање, отстранување на плевели и бусени, набавка на тревна смеса и сеидба со 40–50 грама семе по м <sup>2</sup> со валјање и полевање. | м <sup>2</sup> | 50 | 2.2 | 110          |
| <b>Вкупно формирање на тревници:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                        |                |    |     | <b>110</b>   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| <b>Рекапитулар</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| <b>I Припремни работи</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                        |                |    |     | <b>500</b>   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| <b>II Земјени работи</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                        |                |    |     | <b>260</b>   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| <b>III Саден материјал</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                        |                |    |     | <b>900</b>   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| <b>IV Садење на садници</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                        |                |    |     | <b>90</b>    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| <b>V Анкерисување на стебла</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     | <b>90</b>    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| <b>VI Формирање на тревници</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     | <b>110</b>   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |                |    |     |              |
| <b>Севкупно:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                        |                |    |     | <b>1,950</b> |



| Предмер пресметка - Паркинг кај градскиот базен |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |                  |                 |  |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|------------------|-----------------|--|
| Р.Бр.                                           | Опис                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ед.мера | Количина | Ед.цена<br>(ЕУР) | Вкупно<br>(ЕУР) |  |
|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |                  |                 |  |
| I                                               | Припремни работи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         |          |                  |                 |  |
| 1                                               | Обележување на површини и отстранување на слојот асфалт на површини за формирање дрворед                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | паушал  | 1        | 1,000            | 1,000           |  |
| Вкупно припремни работи:                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |                  | 1,000           |  |
|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |                  |                 |  |
| II                                              | Земјени работи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |          |                  |                 |  |
| 1                                               | Набавка, насипување и планирање на хумусна земја во слој од 20 см (155 м²)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |         |          |                  |                 |  |
|                                                 | Пресемтка по м3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | м3      | 31       | 20               | 620             |  |
| 2                                               | Набавка на хумусна земја за садење садници од дрвја, со длабочина на садилната јама 70–80 см                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |         |          |                  |                 |  |
|                                                 | (20 ком x 0.50м3)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |         |          |                  |                 |  |
|                                                 | Пресемтка по м3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | м3      | 10       | 20               | 200             |  |
| Вкупно земјени работи:                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |                  | 820             |  |
|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |                  |                 |  |
| III                                             | Саден материјал                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |                  |                 |  |
|                                                 | Набавка на саден материјал по спецификација                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | пар     | 20       | 150              | 3,000           |  |
| Вкупно саден материјал:                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |                  | 3,000           |  |
|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |                  |                 |  |
| IV                                              | Садење на садници                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |         |          |                  |                 |  |
|                                                 | Садење на здрави расаднички одгледани садници со висина согласно спецификацијата. На местата означени во проектот се копаат јами со кружен пресек и цилиндрична форма, од кои треба да се отстрани шутот и другите штетни состојки и да се насипе мешавина од плодна хумусна земја, тресетно ѓубриво и песок во однос 6:3:1. Ископот на јамите се врши според големината на садницата, при што е најдобро садилната јама да биде најмалку 30% поголема од бусенот на садницата. | пар     | 20       | 15               | 300             |  |
| Вкупно садење садници:                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |                  | 300             |  |



|                                |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-------|
| V Анкерисување на стебла       |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
| 1                              | Набавка, транспорт и монтажа на анкери                                                                                                                     | пар | 20  | 15  | 300   |
| Вкупно анкерисување на стебла: |                                                                                                                                                            |     |     |     | 300   |
| VI Формирање на тревници       |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
| 1                              | Подготовка на теренот, фино планирање, отстранување на плевели и бусени, набавка на тревна смеса и сеидба со 40–50 грама семе по м² со валјање и полевање. | m2  | 155 | 2.2 | 341   |
| Вкупно формирање на тревници:  |                                                                                                                                                            |     |     |     | 341   |
| Рекапитулар                    |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
|                                |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
| I                              | Припремни работи                                                                                                                                           |     |     |     | 1,000 |
|                                |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
| II                             | Земјени работи                                                                                                                                             |     |     |     | 820   |
|                                |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
| III                            | Саден материјал                                                                                                                                            |     |     |     | 3,000 |
|                                |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
| IV                             | Садење на садници                                                                                                                                          |     |     |     | 300   |
|                                |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
| V                              | Анкерисување на стебла                                                                                                                                     |     |     |     | 300   |
|                                |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
| VI                             | Формирање на тревници                                                                                                                                      |     |     |     | 341   |
|                                |                                                                                                                                                            |     |     |     |       |
| Севкупно:                      |                                                                                                                                                            |     |     |     | 5,761 |