

## **БИСОЛАРНИТЕ ЗЕЛЕНИ ПОКРИВИ – УСТОЙЧИВО И КОМПЛЕКСНО РЕШЕНИЕ ЗА ГРАДСКИТЕ ПОКРИВИ**

**Мила Попова-Лазова<sup>1</sup>**

### **BIOSOLAR GREEN ROOFS – A SUSTAINABLE AND COMPREHENSIVE SOLUTION FOR URBAN ROOFS**

**Mila Popova-Lazova**

#### **Abstract:**

*Biosolar green roofs offer a comprehensive approach to rooftop design by integrating the benefits of green roofs and solar technology, combining renewable energy production with ecological advantages. This paper explores the benefits of biosolar roofs and their impact on roof design. By harnessing solar energy and promoting biodiversity, these roofs contribute to energy generation, rainwater management, reduction of urban heat islands, and pollution mitigation. One of the primary advantages of biosolar roofs is their ability to maximize space utilization. Traditionally, green roofs and solar panels occupy separate areas of rooftops, but this limits their potential for integration and requires larger surface areas. Biosolar green roofs optimize space by integrating both elements, increasing energy production while simultaneously promoting green spaces in densely built urban areas.*

#### **Keywords:**

*Biosolar green roof, Green roof, Photovoltaic solar system, Urban roof, Sustainable architecture, Biodiversity*

#### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

Терминът „устойчивост“, дефиниран като „удовлетворяване на нуждите на настоящето, без да се компрометира способността на бъдещите поколения да удовлетворяват своите собствени нужди“ през 1987 г. от ООН, описва принцип на действие, който формира основата на политическите стратегии в Европа, интегрирайки разнообразни аспекти и отговаряйки на глобалните нужди. Човечеството трябва да извлича максимална полза от природните ресурси, без да застрашава равновесието на глобалната екологична система, като хората, живеещи в настоящето, не трябва да живеят за сметка на бъдещите поколения.

---

<sup>1</sup> Мила Попова-Лазова, докторант, кат. "Технология на архитектурата", Архитектурен факултет, УАСГ, София 1046, ул. „Хр. Смирненски“ 1, УАСГ, arch.mpopova@gmail.com

Mila Popova-Lazova, doctoral student, Technology of Architecture Department, Faculty of Architecture, UACEG, 1046 Sofia, 1 Hr.Smirnenski Blvd., UACEG,, arch.mpopova@gmail.com.

Тази проблематика придобива все по-голяма значимост през последните години, особено с оглед на бързата глобализация и разрастващите се социално-икономически потребности. Макар градовете да заемат само 1% от общата повърхност на Земята, над 50% от човечеството живее в тях. Прогнозите за 2050 г. показват, че делът на населението, живеещо в големите градове, ще достигне 70%. Поради дългия живот на сградите и градските квартали, взетите днес решения имат дългосрочни последици. Устойчивостта обхваща широк спектър от аспекти, възможности и алтернативи. С днешните темпове на нарастваща популация и все по-осезаемо ограничено пространство в градовете, околната среда е компрометирана и са необходими мерки за възстановяване на баланса – забавяне на климатичните промени, свързване на човека с природата- връщане на зелената в гъсто застроените градове, запазване на градското биоразнообразие, добавяне на стойност към сградната тъкан и намаляване на енергийните разходи и парникови газове.

## 2. УСТОЙЧИВИ ПРАКТИКИ ПРИ РЕШЕНИЕ НА ПОКРИВИТЕ

В съвременните градове покривите като части от сградата еволюират и започват да играят комплексна роля за сградата и града, а не само традиционна функция за защита от външните въздействия на средата. Те се трансформират в интегрални компоненти на архитектурния дизайн и повърхности, даващи възможност на тях да се имплементират инструменти на устойчивия дизайн за справяне с екологичните, икономическите, социалните и обществените градски проблеми.

Терминът "устойчивост" описва принципа на предприемане на действия, които образуват основа на политическа стратегия в Европа, интегрираща много различни аспекти и срещаща глобални нужди. Човекът трябва да извлича максимална полза от Природата, но равновесието на глобалната екологична система не трябва да бъде застрашено, а хората живеещи в настоящето, никога не трябва да живеят за сметка на бъдещите поколения.

### 2.1. Зелени покриви

Зелените покриви, като ключов компонент на устойчивата архитектура и градската зелена инфраструктура, имат потенциала да адресират необходимостта от защита и свързване на местообитанията в плътно населените градски зони.

Интегрирането на растителност върху покривните площи трансформира тези области в зелени пространства и градини, които способстват за устойчивите практики и отговорност към околната среда. Зелените покриви представляват значим потенциал в множество аспекти и играят роля в решаването на различни градски екологични и практически предизвикателства. В допълнение към архитектурните и естетическите аспекти, зелените покриви могат да добавят стойност към сградата, но в голям мащаб те също така допринасят за справяне със значими градски проблеми като градския топлинен остров, управлението на дъждовните води, почистването на въздуха в замърсени райони и намаляването на замърсяванията, изхвърляни в местната дренажна система чрез повърхностния отток на дъждовна вода.

### 2.2. Покриви със соларни фотоволтаични панели

Според последния Global Status Report for Buildings and Construction от 2024 г. сградите и строителния сектор имат висок дял за глобалните изменения на климата, като са отговорни за близо 1/5 от глобалните емисии на парникови газове, а през 2022 г. за 34% от енергийното потребление в световен мащаб [1].

В градските зони локалното производство на енергия чрез покривни соларни панели стават все по-популярно, тъй като соларните технологии са чист източник на енергия -не

отделят емисии по време на експлоатацията си и осигуряват гъвкавост и частична независимост от изкопаемите горива. Плоските покриви са едно от най-подходящите места за монтаж на соларни системи за слънчева енергия, за разлика от фасадните, които са по-неефективни, поради разликата в слънчевата радиация върху хоризонтални и вертикални повърхности [2].

В частност за монтаж на покриви и фасади, предпочитаната по настоящем соларна технология са фотоволтаичните системи, поради своята универсалност, изключително дълъг живот (в сравнение с със слънчевите топлинни технологии), висока ефективност и минимални разходи за поддръжка.

Инсталирането на соларни фотоволтаичните (PV) панели на покриви е значително нараснало. Соларните фотоволтаични панели на покриви могат да помогнат за по-ефективно използване на енергията в сградите и дори да произвеждат излишък от електричество, което може да се връща в електропреносната мрежа.

### **2.3. Биосоларни зелени покриви - комплексни решения, комбиниращи зелени покриви със соларни панели**

При реализирането на технически инсталации върху зелени покриви винаги се цели да се минимизира пространството за инсталацията, с оглед да не се намалява ненужно площта на растителността. Соларните системи от своя страна е удачно да се интегрират със зеления покрив. В действителност най-доброто, което може да се постигне като решение за градските покриви е да се приложи устойчив подход и да се комбинират технологии, за да се получат комплексни екосистемни услуги.

Биосоларните зелени покриви (БЗП) представляват решения, интегриращи две технологии – на зеления покрив и соларни технологии в единно цяло, които конфигурирани правилно да функционират синергично и да подпомагат взаимно работата и ефективността си чрез охлаждащи и засенчващи ефекти. Температурите на повърхността на зеления покрив и почвата се охлаждат чрез засенчване и се постига по-висока мощност на фотоволтаичните панели чрез охлаждане [3], тъй като PV соларни системи работят оптимално при температури до 25°C и с всеки градус над се намалява производителността им. От друга страна засенчването от панелите намалява изпарението и съответно засушаването на почвения слой, и реално спомага за увеличаване на растителните видове и насекоми на покрива [4]. Също така зелените покриви действат като пасивни филтри и спомагат за редуциране на правови частици от въздуха и натрупването им върху панелите, което способства за по-ефективната им работа [5]. Зеленият покрив подобрява задържането на вода в града, докато PV системата произвежда електрическа енергия на мястото, където се консумира.

През последното десетилетие биосоларните зелени покриви са обект на засилен интерес и изследване, поради бързоразвиващата се климатична криза и съпътстващите я промени във флората и фауната в световен мащаб, и търсенето на работещи справяне тях.

В Испания през 2014 г. е проведено изследване, което дава експериментални оценка на взаимодействието на PV соларни системи и различни растителни видове за зелени покриви при летни условия в Средиземноморието. Резултатите показват оптимизиране на работата на системата и повишаване на производителността като има вариации в зависимост от използваните растителни видове [6].

Между 2011 г. и 2015 г. стартира международен проект Biosolar roof project, с цел разработване на обща стратегия за насърчаване комбинацията от соларна енергия и биоразнообразие зелени покриви и ползите от синергичното им взаимодействие [7].

В условията на умерено-континентален климат в кантон Цюрих, Швейцария през 2016 г. е изследвано поведението на фотоволтаичните панели с растения отдолу като са направени анализи на 13 тестови полета с панели и зелен покрив и конвенционален

покрив . Плоските наклонени модули в южна или източно-западна посока на зелените покриви обикновено изискват интензивна поддръжка, за да се предотврати засенчването им от растения и често покриват значителна част от покривната площ, поради конфликта между изискванията за пространство PV на покрива и зелени покриви, от съществено значение е да се комбинират тези две системи [8].

В продължение на предходното изследване и при същите условия през 2018 г. са анализирани вертикално монтирани двустранни модули, като алтернатива за комбиниране на PV и зелен покрив и също така позволят икономична поддръжка. Целта е да се сравнение на енергийния добив между вертикалната двустранна тестова система с източно-западна ориентация и еднолицев модул обърнат на юг при монтаж върху зелен покрив. Вертикално инсталираните двустранни модули постигат почти идентичен специфичен добив, но се очаква тази инсталация да е по-ефективна през студения сезон с оглед липсата на засенчване от снежна покривка и увеличена отражателна способност. Поради конфликта в изискванията за пространство между PV на покрива и зелените покриви, е от съществено значение да се комбинират тези две системи по интелигентен начин [9].

През 2022 г. В Сидни, Австралия е реализирано мащабно проучване за поведението и ползите от биосоларните покриви - Green Roof & Solar Array – Comparative Research Project.



Фигура 1. На зеления покрив растителността помага да се поддържа оптимална температура на работа на панелите, Daramu House, Sydney, Australia (фотография I. Ursula Malone, ABC News Australia) [10]

В стремеж за максимална обективност е анализирано поведението на БЗП и конвенционален покрив с монтирани слънчеви фотоволтаични панели, които са реализирани върху две отделни, съседни сгради с еднакво изложение, приблизително сходна геометрия и височина, както и близка по размер покривна площ и изложени на еквивалентни климатични параметри – слънчева радиация, ветрово натоварване, засенчване от съседни сгради. Направените анализи дават количествено сравнение на предоставените екосистемни услуги от зеления покрив в сравнение с конвенционалния – биоразнообразие, управление на дъждовните води, топлоизолация и производство на възобновяема енергия - производителността на системата се увеличава средно с 3.6% на ден, както и с намалено производство на парникови газове, поради процеса на фотосинтеза на зеления покрив [10]. Изследванията потвърждават, че като цяло зеленият покрив поддържа много по-голямо биоразнообразие- четири пъти повече видове птици,

над седем пъти повече членестоноги – насекоми, паяци и многоножки и два пъти повече видове охлюви, отколкото се откриват на конвенционалния покрив, както и многократно увеличено разнообразие от микроорганизми като водорасли и гъбички. Направените анализи затвърждават, че производителността на системата на БЗП благоприятства увеличаване биоразнообразието, както и че озеленяването оптимизира производството на енергия и благоприятства смекчаване на парниковите газове [11].

Проучването е проведено във влажен субтропичен климат, въпреки това то би могло да послужи за отправна точка за бъдещи анализи на поведението на биосоларните покриви в умерено континентални условия.

От направените проучвания и разликите в получените резултати е видно, че от особена важност са позицията и ориентацията на панелите.

Предимствата на биосоларните зелени покриви от части се припокриват с тези на зелените покриви – защита на слоевете на покрива от екстремните климатични промени, задържане на дъждовна вода и забавяне на отока, осигуряване на местообитания, както и възможност за увеличаване на ефективността на панелите в следствие от наличието на зеленина и липса на нужда от перфориране на покривната хидроизолация при системи, поддържани от товар. Изключително важна роля за ефективното им функциониране имат избягване на засенчването, чрез избор на подходяща растителност и отстояния между повърхността на основата и долния ръб на модула и подреждане на модулите, позволяващо лесна поддръжка [12].

За избягване на засенчване, произтичащо от растежа на растенията близо до слънчевото оборудване, очакваната височина на растенията пред всички енергийно активни повърхности на фотоволтаичните панели се регулира чрез инсталиране на по-малко подложка от субстрат от 6 cm. Подходящи са нискорастящи видове с къси стъбла или без цветни глави. Височината на подложката под и зад панелите се увеличава (15 cm), за да се поддържа по-голямо разнообразие от видове на мястото, което обикновено подсилва растежа на растенията. По този начин разходите за грижи и поддръжка на зелените покриви могат да бъдат по-икономични.

Биосоларните зелени покриви надграждат устойчивите решения, които предоставят зелените покриви и осигуряват по-цялостен подход за справяне със съвременните градски проблеми.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биосоларни зелени покриви имат по-високи първоначални разходи за монтаж в сравнение със зелените и конвенционалните, но осигурят по-добри екосистемни услуги и устойчив подход. От първостепенно значение е да се вземат предвид икономите на разходи през жизнения цикъл и ползите от добитата енергия. Структурните изисквания също имат сериозна тежест, тъй като съществуващите сгради може да изискват укрепване, за да издържат тежестта на почвата, растенията и задържаната вода, като и инсталациите на фотоволтаичните панели, а при новото строителство трябва да се отчете необходимостта при оразмеряването на конструкцията и калкулиране на натоварването от допълнителни статични товари – материали, субстрат, растителност, помощна конструкция, водни количества, соларни панели. Поддръжката от друга страна, макар и минимална за екстензивните зелени покриви, е периодична и включва: грижа за растенията- плевене, евентуално подрязване при необходимост поради опасност от създаване на засенчване на панелите, инспектиране и поддръжка на системата – хидроизолация, почвен слой, конструкция на соларна инсталация.

Комбинираните решения за покриви все още не се прилагат масово, тъй като на този етап липсват анализи на финансовата възвръщаемост на първоначалната инвестицията по

внедряване на биосоларните зелени покриви. Въпреки това доказаните ползи върху биоразнообразието, охлаждащият ефект на растителността и субстрата върху оптимизирането на работата на панелите - увеличено производство на енергия и смекчаване на парниковите газове показват, че това е правилната посока за постигане на устойчиви и енергоефективни сгради на бъдещето и зелени градове.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] UN Environment Programme (UNEP), The Global Status Report for Buildings and Construction, <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction>
- [2] Orhon Ah., A Review on Adaptive Photovoltaic Facades, Solar TR2016 International Solar Conference & Exhibition, Dokuz Eylul University, 2016, <https://www.researchgate.net/publication/327776050> [посетен на 06 април 2024 г.].
- [3] Hui S., Integration of green roof and solar photovoltaic systems, Hong Kong,
- [4] 2011, <https://www.researchgate.net/publication/281901499> [посетен на 17 май 2024 г.].
- [5] Nash, C, Clough, J., Gedge, D, Lindsay, R., Newport, D., Ciupala, A. and Connop, S. 2015. Initial insights on the biodiversity potential of biosolar roofs: A London Olympic Park green roof case study. *Israel Journal of Ecology and Evolution; special issue "Integrating ecology into green roof research"*. 62 (1-2), 74-87. <https://doi.org/10.1080/15659801.2015.1045791>
- [6] Speak A., Rothwell J., Lindley S., Smith C., Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city, *Atmospheric Environment*, Vol 61, December 2012, 283-293, <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.07.043>
- [7] Chemisana D., Lamnatou Chr., Photovoltaic-green roofs: An experimental evaluation of system performance, *Applied Energy*, Volume 119, 2014, 246-256p, ISSN 0306-2619
- [8] Catalano Ch., Baumann N., Biosolar Roofs: A Symbiosis between Biodiverse Green Roofs and Renewable Energy, 2017, [www.researchgate.net/publication/321331555](http://www.researchgate.net/publication/321331555), [посетен на 10 май 2024 г.]
- [9] Baumann Th., Schär D., Carigiet F., Dreisiebner A., Performance Analysis of PV Green Roof Systems, 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Munich, Germany, 2016, <https://www.researchgate.net/publication/322722107>, [посетен на 10 май 2024 г.].
- [10] Baumann Th., Carigiet F., Knecht R., Klenk M., Performance Analysis of Vertically Mounted Bifacial PV Modules on Green Roof System, 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Brussels, 2018, [www.researchgate.net/publication/328020470](http://www.researchgate.net/publication/328020470), [посетен на 10 май 2024 г.]
- [11] Irga P., Fleck R., Wooster Ea., Torpy Fr., Alameddine H., Sharman L., Green Roof & Solar Array – Comparative Research Project, University of Technology, Sydney, 2021
- [12] Fleck R., Gill R., Pettit T.J., Torpy F.R., Irga P.J., Bio-solar green roofs increase solar energy output: The sunny side of integrating sustainable technologies, *Building and Environment*, Volume 226, Australia, 2022, 109703, ISSN 0360-1323