

ACOPERIȘURI VERZI: CUM? UNDE? DE CE?

Un manual



GREENO2 - Acoperișuri verzi în instituțiile de învățământ superior ca centre durabile pentru cercetare, participare, conștientizare ecologică și generare de O2

ACOPERIȘURI VERZI:

CUM? UNDE? DE CE?

Un manual

Dezvoltat în cadrul proiectului Erasmus+ KA220 HED

**GREENO2 - Acoperișuri verzi în instituțiile de învățământ superior ca centre durabile
pentru cercetare și participare,
Conștiința ecologică și generarea de O2**

2023-1-IT02-KA220-HED-000156281

Autori:

Andrea Colantoni, Giorgio Scavino, Andrea Petroselli, Raffaele Pelorosso, Francisco José Sánchez de la Flor, Vitaliy Kornieiev, Bogdana Nosova, Yurii Bondar, Anastasiia Volobuieva, Hanna Renska, Liudmyla Fedorchuk, Vyacheslav Ryabichev, Katarzyna Szyszko-Podgórska, Krystian Chołaszczński, Przemysław Pawlak, Paweł Łagoda, Sophia Messini, Yannis Skarpelos, Vassilis Bokolas, Dimitra Sitareniou, Maria Papadopoulou

Editat de

**Andrea Colantoni, Giorgio Scavino, Andrea Petroselli,
Raffaele Pelorosso, Bogdana Nosova**

University of Tuscia, Viterbo, Italy, 2025

ISBN - 978-88-903361-9-5

Disclaimer

Această publicație a fost realizată cu cofinanțarea Comisiei Europene (prin programul ERASMUS, nr. contract 2023-1-IT02-KA220-HED-000156281). Conținutul este responsabilitatea exclusivă a consorțiului „GREENO2” și nu poate fi considerat ca exprimând punctul de vedere al Comisiei Europene.

Imagini de copertă (de sus în stânga spre jos în dreapta):

Universitatea din Denver: un acoperiș verde aduce frumusețe și beneficii ecologice comunității; Acoperișuri verzi experimentale la Facultatea de Inginerie, Universitatea din Bologna; Clastrul Universității din Tuscia; Universitatea Tehnică din Delft, proiectată de Mecanoo Architecten, în Delft, Olanda; Acoperiș verde la Liceul Științific Keplero din Roma; Acoperiș verde al Departamentului de Agricultură al Universității din Catania..

Ediție: Mai, 2025

© GREENO2, 2025

© University of Tuscia, 2025

Acoperișurile verzi în instituțiile de învățământ superior ca centre durabile pentru cercetare, participare, conștientizare ecologică și generare de O2

ACOPERIȘURI VERZI:

CUM? UNDE? DE CE?

UN MANUAL

CUPRINS

1. Green roofs: a premise	5
2. Green roofs: an introduction and state of the art	9
2.1 Overcoming barriers to Green Roof realisation: strategies and Solutions	12
3. Environmental advantages	13
4. Classification of green roofs	15
5. Structure of green roofs	20
6. Structural elements in detail	21
7. The legislation on green roofs	25
8. Vegetation for green roofs	31
9. Green roofs and thermal insulation of buildings	34
9.1. Assessment of green roofs impact on building energy consumption and indoor thermal comfort (To be done by Enrique UCA, on progress)	36
10. Green roofs 5.0: against climate change	39
10.1. Assessment of green roofs impact on urban micro-climate	41
11. GREENO2 Case studies	45
11.1. Case study in Italy	45
11.2. Case study in Greece	52
11.3. Case study in Poland	54
11.4. Case study in Ukraine	55
11.5. Case study in Spain	57
11.6. Other case studies	59
12. Communication dimensions of the green roof concept in social discourse: a view from Ukraine	65
13. References	74

***Acoperișurile verzi ca soluții ecologice moderne: o serie de
interviuri cu experți***

înregistrate în cadrul proiectului Erasmus+ KA220 HED GREENO2

Andrea Colantoni

Associate Professor, Department of Agriculture and Forest Sciences,
University of Tuscia (Italy)

<https://www.youtube.com/watch?v=Go8VyDdpfYo&t=63s>

Antonis Mavropoulos

CEO “D-Waste” (Greece)

<https://www.youtube.com/watch?v=0hH-wWW4DBQ>

Maria Meng-Papantoni

Vice-Rector for Academic and International Affairs, Professor of European Business
Law, Department of International, European and Area Studies,
Panteion University of Social and Political Sciences (Greece)

<https://www.youtube.com/watch?v=07yAAIvVEis>

Yannis Skarpelos

Professor of Visual Culture Studies, Department of Communication, Media and
Culture, Dean of School of International Studies, Communication and Culture,
Panteion University of Social and Political Sciences (Greece)

<https://www.youtube.com/watch?v=81WMcJUSmnk>

Lamprini Tasoula

Agriculturist, PhD, Researcher, Agricultural University of Athens (Greece)

https://www.youtube.com/watch?v=_jF2bjHXkOE

Konstantinos Tatsis

Agricultural Engineer, Msc, “Topio Domi Landscape Solutions” (Greece)

<https://www.youtube.com/watch?v=LpfL0P4JBo4&t=114s>

GREENO2 Project Webpage

<https://greeno2.eu>

1. Green roofs: a premise

Acoperișurile verzi (GR) au apărut ca o soluție inovatoare la numeroase provocări de mediu, remodelând peisajele urbane din întreaga Europă. În ultimii ani, Europa a asistat la o creștere rapidă a adoptării acoperișurilor verzi, determinată de o serie de factori, printre care nevoia urgentă de a atenua schimbările climatice, de a spori biodiversitatea urbană, de a îmbunătăți calitatea aerului și de a gestiona scurgerea apelor pluviale. Această inovație ecologică în materie de acoperișuri implică instalarea de sisteme vegetale pe acoperișurile clădirilor, transformând în mod eficient acoperișurile sterpe în ecosisteme înfloritoare. Deși conceptul de acoperișuri verzi datează din antichitate, progresele moderne în materie de tehnologie, materiale și design au propulsat Europa în fruntea acestei revoluții verzi.

La baza proiectului GREENO2 se află imperativul de a amplifica impactul și aria sa de acoperire. Acest lucru necesită un efort concertat pentru a implica părțile interesate cheie și publicul larg, favorizând o înțelegere profundă, încurajând participarea activă și, în cele din urmă, impulsionând acțiuni în direcția sustenabilității și adoptării tehnologiilor de acoperișuri verzi. Prin inițiative colaborative, programe educaționale și comunicare transparentă, proiectul GREENO2 își propune să creeze o comunitate coezivă dedicată promovării infrastructurii verzi și dezvoltării urbane responsabile din punct de vedere ecologic.

Unul dintre factorii cheie care stau la baza acceptării pe scară largă a acoperișurilor verzi în Europa este reprezentat de beneficiile lor de neegalat pentru mediu. Valorificând puterea naturii, acoperișurile verzi acționează ca izolatori naturali, reducând consumul de energie pentru încălzirea și răcirea clădirilor. Acest lucru nu numai că se traduce în economii semnificative pentru proprietarii de clădiri, dar contribuie și la reducerea emisiilor de carbon, aliniindu-se astfel la obiectivele ambițioase ale Uniunii Europene în materie de climă. În plus, acoperișurile verzi servesc ca un instrument esențial pentru combaterea efectului de insulă de căldură urbană, care este deosebit de pronunțat în orașele dens populate. Prin absorbția și disiparea radiației solare, acoperișurile verzi contribuie la atenuarea temperaturilor extreme, favorizând un mediu urban mai confortabil și mai durabil pentru locuitori.

Mai mult, acoperișurile verzi joacă un rol esențial în promovarea biodiversității și conservarea ecosistemelor fragile din zonele urbane. Aceste oaze verzi oferă habitat și surse de hrană pentru o gamă diversă de specii de plante și animale, inclusiv polenizatori precum albinele și fluturii. Pe măsură ce habitatele tradiționale continuă să se micșoreze din cauza urbanizării și fragmentării habitatelor, acoperișurile verzi oferă o salvare pentru fauna sălbatică aflată în dificultate, facilitând crearea de comunități ecologice înfloritoare în mijlocul junglei de beton. Recunoscând valoarea lor

ecologică, multe orașe europene au implementat politici și stimulente pentru a încuraja adoptarea pe scară largă a acoperișurilor verzi, de la subvenții financiare la mandate de reglementare.

Pe lângă beneficiile pentru mediu, acoperișurile verzi oferă o serie de avantaje sociale și economice care sunt din ce în ce mai recunoscute și apreciate de comunitățile europene. Dincolo de aspectul estetic, acoperișurile verzi oferă oportunități pentru activități recreative, agricultură urbană și grădinărit comunitar, favorizând un sentiment de conectare cu natura în rândul locuitorilor din mediul urban. Mai mult, acoperișurile verzi pot crește valoarea proprietăților, atrage chiriași și îmbunătățește calitatea generală a vieții în clădiri, contribuind astfel la revitalizarea economică a zonelor urbane. În contextul în care orașele se confruntă cu provocările urbanizării rapide și creșterii populației, acoperișurile verzi oferă o soluție scalabilă și rentabilă pentru crearea unor medii urbane durabile, rezistente și dinamice.

Pentru a valorifica pe deplin potențialul acoperișurilor verzi, cercetătorii, arhitecții și factorii de decizie europeni s-au implicat activ în promovarea tehnologiilor de ultimă generație în domeniul acoperișurilor verzi și al practicilor de implementare. Au fost derulate numeroase inițiative de cercetare, proiecte demonstrative și studii pilot pentru a evalua performanța, fezabilitatea și rentabilitatea acoperișurilor verzi în diferite regiuni climatice și tipuri de clădiri. Prin colaborarea interdisciplinară și schimbul de cunoștințe, Europa a devenit un centru de inovare în proiectarea acoperișurilor verzi, cu o multitudine de soluții de ultimă generație și bune practici dezvoltate și diseminate.

Un domeniu notabil de inovare în tehnologia acoperișurilor verzi este dezvoltarea sistemelor modulare și prevegetați, care simplifică procesul de instalare și reduc la minimum cerințele de întreținere. Aceste module de acoperișuri verzi plug-and-play sunt proiectate să fie ușoare, durabile și ușor de instalat, ceea ce le face potrivite pentru modernizarea clădirilor existente, precum și pentru integrarea în proiecte de construcții noi. În plus, progresele înregistrate în formularea substraturilor, selecția plantelor și tehnicile de irigare au contribuit la dezvoltarea acoperișurilor verzi care sunt mai rezistente la factorii de stres din mediu, cum ar fi seceta, temperaturile extreme și poluarea aerului.

O altă tendință cheie în evoluția acoperișurilor verzi este integrarea tehnologiilor inteligente și a abordărilor bazate pe date pentru a optimiza performanța acestora și a maximiza beneficiile. Prin utilizarea senzorilor, actuatoarelor și platformelor Internet of Things (IoT), acoperișurile verzi pot fi monitorizate și gestionate de la distanță în timp real, permițând intervenții în timp util și strategii de gestionare adaptabile. De exemplu, sistemele automate de irigare pot ajusta programele de udare în funcție de prognozele meteorologice și de nivelul de umiditate al solului, asigurând o utilizare

eficientă a apei și promovând sănătatea plantelor. În mod similar, acoperișurile verzi echipate cu stații meteorologice și senzori de calitate a aerului pot furniza date valoroase în scopuri de cercetare și pot sta la baza deciziilor de planificare urbană.

În plus, se recunoaște din ce în ce mai mult importanța colaborării interdisciplinare și a implicării părților interesate în planificarea, proiectarea și implementarea proiectelor de acoperișuri verzi. Prin implicarea părților interesate din diverse medii, inclusiv arhitecți, ingineri, peisagiști, ecologiști, factori de decizie și membri ai comunității, proiectele de acoperișuri verzi pot beneficia de o abordare holistică și incluzivă, care abordează interacțiunea complexă dintre factorii sociali, economici și de mediu. Procesele de proiectare participativă, atelierelor comunitare și consultările cu părțile interesate sunt utilizate din ce în ce mai mult pentru a se asigura că proiectele de acoperișuri verzi răspund nevoilor și aspirațiilor comunităților locale, sporind astfel durabilitatea și reziliența lor pe termen lung.

Privind în perspectivă, viitorul acoperișurilor verzi în Europa este foarte promițător, întrucât orașele continuă să adopte abordări durabile și regenerative în ceea ce privește dezvoltarea urbană. Pe măsură ce urgența schimbărilor climatice se intensifică și beneficiile acoperișurilor verzi sunt recunoscute pe scară tot mai largă, se preconizează că adoptarea acestora va continua să crească exponențial în Europa și nu numai. Datorită progreselor continue în domeniul tehnologiei, al sprijinului politic și al sensibilizării publicului, acoperișurile verzi sunt pe cale să joace un rol esențial în modelarea orașelor de mâine, unde natura și viața urbană coexistă armonios, creând comunități mai sănătoase, mai rezistente și mai echitabile pentru generațiile viitoare. Pentru a rezuma factorii care influențează implementarea acoperișurilor verzi în rândul diverselor părți interesate din sistemele urbane, tabelul 1 prezintă o compilație a factorilor determinanți, a motivațiilor și a barierelor.

Table 1. Factors influencing green roof implementation among various stakeholders (Source: Zhang and He, 2021)

Drivers, motivations and barriers to green roof implementation among different groups of stakeholders.

	Designer	Engineer	Constructors and builders	Contractor	Building operator	Owner	End-user	Government agent
Drivers								
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓		✓	✓	✓	✓		✓
3	✓	✓	✓	✓	✓			✓
Motivations								
4	✓	✓			✓		✓	✓
5	✓	✓						✓
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓					✓	✓
8	✓	✓					✓	✓
9	✓	✓					✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
11	✓	✓					✓	✓
12	✓	✓		✓				✓
13	✓	✓					✓	✓
14	✓	✓		✓	✓	✓		✓
15			✓	✓	✓			✓
Barriers								
16	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
17	✓	✓	✓		✓			
18	✓			✓		✓	✓	✓
19	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

Note : 1. Policy pressure, 2. Market pressure, 3. Innovation and technology advancement, 4. Energy efficiency, 5. Urban heat island mitigation, 6. Roof longevity prolongation, 7. Air purification, 8. Runoff control, 9. Water purification, 10. Urban infrastructure improvement, 11. Sound insulation and noise reduction, 12. Biodiversity increase 13. Recreation and aesthetics, 14. Property value enhancement, 15. Employment improvement, 16. Lack of government policy, 17. Unsound technological level, 18. Unsound economic benefit assessment, 19. Individual unwillingness.

Valorificând spațiul existent pe acoperișurile clădirilor, integrarea acoperișurilor verzi poate juca un rol esențial în sprijinirea tranziției orașelor către circularitate și reziliență. Aceste acoperișuri oferă o multitudine de servicii ecosistemice, funcționând ca unități versatile și descentralizate. Pentru a valorifica pe deplin aceste beneficii, este esențial să se încorporeze și să se reproducă în mod eficient acoperișurile verzi în peisajul urban, luând în considerare diferite configurații de sisteme în funcție de provocările unice cu care se confruntă fiecare oraș, inclusiv clădirile universitare. Pentru a implementa cu succes acoperișurile verzi, este esențial să (i) se identifice și să se depășească barierele, (ii) se stabilească standardizarea pentru a asigura fiabilitatea, (iii) se definească și să se implementeze politici, stimulente și strategii, (iv) se valorifice organizațiile care furnizează servicii de soluții bazate pe natură (NBS) și (v) se promoveze conștientizarea și diseminarea, inclusiv investiții în educație. Această abordare cuprinzătoare asigură că clădirile universitare, printre alte structuri urbane, contribuie în mod semnificativ la implementarea și succesul general al acoperișurilor verzi în promovarea unor medii urbane circulare și reziliente (Calheiros și Stefanakis, 2021).

2. Acoperișuri verzi: o introducere și stadiul actual al tehnologiei

Acoperișurile verzi (GR) reprezintă soluții complexe bazate pe natură (NBS), concepute meticulos pentru a oferi o multitudine de beneficii ecosistemice în mediile urbane sau periurbane. Importanța lor se reflectă în capacitatea lor profundă de a reduce scurgerea apei, atenuând astfel presiunea asupra sistemelor de drenaj, temperând în același timp efectul de insulă de căldură urbană și conservând energia (Krauze și Wagner 2018; Pelorosso et al. 2017). În ciuda gamei largi de beneficii secundare atribuite GR, acestea nu sunt adesea proiectate pentru a-și realiza întregul potențial (Cook et al. 2021). Mai mult, liniile directoare existente privind proiectarea GR, precum cele propuse de Losken et al. (2018), pun adesea accentul pe aspecte precum caracteristicile vegetației și ale substratului, orientate spre minimizarea încărcării statice, a întreținerii și a costurilor, neglijând uneori să verifice dacă aceste recomandări se traduc într-adevăr în servicii ecosistemice tangibile.

Sedumurile, plante suculente foarte răspândite, domină vegetația GR în regiunea mediteraneană. Cu toate acestea, numeroase studii au descoperit cazuri în care acestea prezintă o retenție a scurgerilor similară cu cea a solului gol și oferă efecte de răcire reduse în comparație cu speciile și soluțiile alternative (Cook et al. 2021; He et al. 2022; Rocha et al. 2021). De exemplu, în climatul mediteranean, acoperișurile răcoroase pot prezenta un raport cost/beneficiu marginal în comparație cu GR în ceea ce privește capacitatea de răcire și reducerea efectului de insulă de căldură urbană (UHI) în perioadele calde (Cook et al. 2021). Într-adevăr, recente revelații ale lui Cuthbert et al. (2022) subliniază provocările cu care se confruntă soluțiile bazate pe natură (NBS) în abordarea simultană a problemelor UHI și a inundațiilor urbane în majoritatea orașelor. În regiunile aride, irigațiile devin indispensabile pentru supraviețuirea vegetației, promovând astfel răcirea. În plus, variabilitatea precipitațiilor anticipată, indusă de schimbările climatice, poate submina performanța GR mai subțiri în comparație cu cele dotate cu soluri mai groase și/sau sisteme de stocare a apei. Apa se dovedește a fi un factor esențial care influențează performanța GR (Pelorosso et al., 2021).

Caracterul său indispensabil pentru supraviețuirea plantelor, combinat cu fenomenele de evaporare care au loc pe acoperișurile vegetate în timpul vremii calde și uscate, face ca prezența vegetației să fie mai eficientă în răcirea acoperișurilor în comparație cu alte tipuri de acoperișuri. În mod deosebit, căldura latentă și fluxurile de căldură sensibilă se întrepătrund cu fenomenele de evaporare, evaporarea intensificată atenuând impactul UHI. Mai mult, pe măsură ce adâncimea substratului și acoperirea vegetală se amplifică, capacitatea GR de a intercepta apa crește. În plus,

perioadele mai scurte de penurie de apă favorizează creșterea diverselor tipuri de plante, culminând cu peisaje eco-urbane din ce în ce mai variate și mai plăcute din punct de vedere estetic. Un sistem GR bine structurat adăpostește o vegetație prosperă și stabilă, capabilă să regenereze spațiile subutilizate și degradate, favorizând astfel sociabilitatea și reglând particulele din aer. Cu toate acestea, apa prezintă provocări: apele pluviale necontrolate contribuie la inundații și la revărsarea sistemului de drenaj, subliniind imperativul optimizării infiltrării și stocării proceselor hidrologice în GR pentru a atenua astfel de probleme.

Performanța hidrologică a GR-urilor cuprinde atât retenția, cât și reținerea. Retenția semnifică capacitatea unui GR de a reține apa de ploaie, care se pierde de obicei prin procesele de evapotranspirație. Deși apa reținută poate fi stocată pentru perioade îndelungate, controlul utilizatorului asupra eliberării și reutilizării acesteia este limitat. Pe de altă parte, reținerea se referă la capacitatea unui GR de a reține temporar apa de ploaie cu intenția de a reduce sau întârzia scurgerea maximă. Apa reținută poate fi stocată și eliberată ulterior la momentul oportun de către utilizatori, facilitând astfel gestionarea eficientă a apei și controlul scurgerii (Li și Liu 2023; Stovin et al. 2017). Apa stocată poate fi apoi utilizată de vegetația GR sau pentru alte scopuri de reutilizare a apei în cadrul clădirii (de exemplu, sistemul sanitar domestic sau irigații).

Capacitatea GR de a regla apa este influențată de diversi factori de proiectare (de exemplu, tipul de substrat, adâncimea, speciile de plante), elementele meteorologice precum precipitațiile și evaporarea jucând un rol esențial în definirea condițiilor de umiditate/conținut de apă ale solului din sistemul de acoperiș înaintea evenimentelor meteorologice (Cook et al. 2021). În consecință, ratele de retenție a apei ale GR sunt influențate în mod semnificativ de specificul condițiilor climatice locale (Cuthbert et al. 2022; Wong și Jim 2015; Yan et al. 2022). În acest sens, o strategie de reziliență bazată pe simularea continuă a datelor capătă o importanță capitală, spre deosebire de o metodă de proiectare bazată pe evenimente, care se bazează pe ipoteze selectate privind perioada de revenire (Pons et al. 2022; Pumo et al. 2023a,b). Cu toate acestea, eforturile concertate sunt indispensabile pentru a avansa către o planificare bazată pe performanță a GR, necesitând examinarea holistică a proprietăților de proiectare în raport cu diverse obiective de performanță (Pelorosso 2020). Având în vedere complexitatea evaluărilor, optimizarea caracteristicilor esențiale ale GR devine o prioritate pentru implementări rentabile, în special în contextul evoluției regimurilor de scurgere a apelor pluviale atribuite urbanizării. În plus, considerentele privind circularitatea resurselor și reziliența hidrologică subliniază importanța reutilizării apei și estimarea volumului de apă pluvială stocabil în planificarea strategică și proiectarea intervențiilor GR și dezvoltarea mai amplă a NBS.

Având în vedere costurile exorbitante implicate de colectarea datelor empirice pentru evaluarea soluțiilor specifice, modelarea servește adesea ca o alternativă viabilă pentru simularea performanțelor hidrologice și hidraulice ale GR (Jeffers et al. 2022; Liu et al. 2021; Pelorosso et al. 2021). Modelele utilizează relațiile analitice dintre componentele GR și sistemele urbane, permițând astfel predicții prin manipularea factorilor de intrare. Există o serie de abordări și instrumente de modelare pentru simularea performanțelor hidrologice și hidraulice ale GR. În timp ce modelele empirice bazate pe numărul curbei și coeficientul de scurgere se dovedesc relativ simple, modelele hidrologice numerice, precum HYDRUS-1D, MIKE URBAN, SWMM și SWAP, sunt frecvent utilizate pentru simularea evenimentelor unice sau a precipitațiilor pe termen lung (Jeffers et al. 2022; Liu et al. 2021; Pelorosso et al. 2021). Variabilitatea parametrilor facilitează simularea scenariilor utile pentru evaluarea performanțelor sistemului și pentru sprijinirea deciziilor de proiectare și planificare (Pelorosso 2020). Cu toate acestea, modelele prezintă anumite dezavantaje, în special în ceea ce privește complexitatea și calibrarea lor. Mulți parametri ai modelului se dovedesc dificil de atribuit sau necesită măsurători in situ, complicând astfel eforturile de calibrare. În schimb, datele empirice pot fi utile în stabilirea relațiilor dintre performanțele hidrologice și indicatorii specifici legați de proiectare și de factorii climatici (Li și Liu 2023; Pumo et al. 2023a,b). Cu toate acestea, studiile experimentale rămân indispensabile pentru analiza cuprinzătoare a comportamentului GR în condiții hidrometeorologice specifice locului.

2.1 Depășirea obstacolelor în calea realizării acoperișurilor verzi: strategii și soluții

Principalele obstacole în calea implementării soluțiilor de acoperișuri verzi includ costurile inițiale ridicate pentru proiectare și instalare, precum și potențialele costuri operaționale curente. Cu toate acestea, unele soluții inovatoare, cum ar fi acoperișurile verzi extinse care utilizează plante native și rezistente la secetă, necesită o întreținere minimă. Alte tehnologii, cum ar fi aeroponica, care permite plantelor să crească cu rădăcinile suspendate în aer și pulverizate periodic cu nutrienți, pot reduce și mai mult cerințele de întreținere și pot îmbunătăți eficiența utilizării apei. Lipsa de expertiză tehnică în rândul profesioniștilor și pregătirea inadecvată reprezintă obstacole suplimentare, alături de reglementările în construcții care nu sunt întotdeauna actualizate pentru a facilita astfel de soluții. Conștientizarea limitată a beneficiilor pe termen lung ale acoperișurilor verzi în rândul proprietarilor și dezvoltatorilor imobiliari reduce cererea, agravată de condițiile climatice extreme din unele regiuni care complică cultivarea plantelor. În plus, nu toate clădirile existente pot suporta greutatea suplimentară fără modificări structurale costisitoare. Deși acoperișurile verzi oferă beneficii economice și de mediu pe termen lung, cum ar fi economii de energie și gestionarea apelor pluviale, aceste beneficii nu sunt imediat evidente, descurajând investițiile inițiale. Depășirea acestor bariere necesită stimulente financiare, actualizări ale reglementărilor, programe de formare și sensibilizare, precum și promovarea cercetării privind beneficiile acoperișurilor verzi.

Pentru a depăși obstacolele în realizarea acoperișurilor verzi, este necesară o abordare multifacetică. Stimulentele financiare, precum granturile, scutiile fiscale și subvențiile, pot contribui la compensarea costurilor inițiale ridicate de instalare și proiectare. Actualizarea reglementărilor în domeniul construcțiilor pentru a include orientări și standarde privind acoperișurile verzi va facilita implementarea acestora și va încuraja adoptarea lor. Investițiile în programe de educație și formare pentru arhitecți, ingineri și constructori vor spori expertiza tehnică necesară pentru proiectarea și întreținerea eficientă a acoperișurilor verzi. Sensibilizarea publicului cu privire la beneficiile economice și de mediu pe termen lung ale acoperișurilor verzi prin campanii și sesiuni de informare poate crește cererea și sprijinul. În plus, promovarea cercetării și inovării în tehnologiile cu întreținere redusă, cum ar fi aeroponica și utilizarea plantelor rezistente la secetă, poate reduce și mai mult costurile de întreținere și poate îmbunătăți viabilitatea acoperișurilor verzi în diverse condiții climatice. Colaborarea între organismele guvernamentale, părțile interesate din industrie și instituțiile



academice este esențială pentru a impulsiona aceste inițiative și a crea un ecosistem favorabil proiectelor de acoperișuri verzi.

2. Avantaje pentru mediu

Acoperișurile verzi, cunoscute și sub denumirea de acoperișuri vii sau acoperișuri vegetale, reprezintă o abordare revoluționară a infrastructurii urbane, oferind o multitudine de avantaje ecologice față de acoperișurile tradiționale. Printre aceste avantaje se numără în primul rând atenuarea efectului de insulă termică urbană (UHI). Acoperișurile tradiționale, adesea compuse din materiale precum asfaltul sau gudronul, absorb și rețin căldura, contribuind la creșterea temperaturilor în zonele urbane. În schimb, acoperișurile verzi servesc ca izolatori naturali, absorbind radiația solară și utilizând-o pentru fotosinteză, reducând astfel temperaturile de suprafață și scăzând temperaturile aerului ambiant prin evapotranspirație. Acest efect de răcire nu numai că creează medii urbane mai confortabile și mai locuibile, dar reduce și dependența de aerul condiționat cu consum intens de energie în lunile calde de vară, reducând astfel consumul de energie și emisiile de gaze cu efect de seră asociate sistemelor de răcire. Prin atenuarea efectului UHI, acoperișurile verzi contribuie, de asemenea, la atenuarea impactului schimbărilor climatice, deoarece temperaturile mai ridicate agravează frecvența și intensitatea valurilor de căldură, care pot avea consecințe grave asupra sănătății și bunăstării umane.

Mai mult, acoperișurile verzi joacă un rol esențial în îmbunătățirea calității aerului, captând poluanții atmosferici și particulele în suspensie. Straturile de vegetație și sol acționează ca filtre naturale, captând poluanții și absorbind dioxidul de carbon prin fotosinteză. Acest proces natural de filtrare ajută la purificarea aerului, reducând concentrația de poluanți nocivi și îmbunătățind calitatea generală a aerului. În zonele urbane, unde nivelurile de poluare a aerului sunt adesea ridicate din cauza emisiilor generate de trafic și a activităților industriale, acoperișurile verzi oferă o soluție durabilă pentru atenuarea poluării aerului și protejarea sănătății publice. Prin crearea unor medii urbane mai curate și mai sănătoase, acoperișurile verzi contribuie la reducerea prevalenței bolilor respiratorii și a altor probleme de sănătate asociate expunerii la poluarea aerului.

În plus, acoperișurile verzi oferă un habitat valoros și oportunități de hrănire pentru polenizatori, cum ar fi albinele, fluturii și păsările. Diversitatea speciilor de plante și a vegetației de pe acoperișurile verzi susține biodiversitatea și promovează conectivitatea ecologică în zonele urbane, contribuind la conservarea speciilor native de plante și animale și la atenuarea pierderii habitatului din cauza urbanizării. În mediile urbane dens populate, unde spațiile verzi sunt limitate, acoperișurile verzi servesc ca refugii importante pentru fauna sălbatică și contribuie la conservarea biodiversității

urbane. Prin sprijinirea polenizatorilor și a altor insecte benefice, acoperișurile verzi joacă, de asemenea, un rol crucial în susținerea serviciilor ecosistemice, cum ar fi polenizarea și combaterea naturală a dăunătorilor, care sunt esențiale pentru menținerea ecosistemelor sănătoase și a productivității agricole.

În plus, acoperișurile verzi acționează ca un tampon împotriva poluării fonice, în special în zonele urbane dens populate, unde nivelurile de zgomot pot fi o sursă semnificativă de stres și disconfort pentru locuitori. Straturile de sol, vegetație și alte plante de pe acoperișurile verzi absorb și deviază undele sonore, reducând transmisia zgomotului din surse externe în clădiri și creând medii interioare mai liniștite și mai pașnice. Această izolare acustică nu numai că îmbunătățește calitatea vieții locuitorilor și a lucrătorilor din mediul urban, dar contribuie și la o sănătate mentală și o stare de bine mai bune, reducând impactul negativ al poluării fonice asupra somnului, concentrării și confortului general.

Pe lângă beneficiile pentru calitatea aerului, biodiversitate și reducerea zgomotului, acoperișurile verzi joacă, de asemenea, un rol crucial în gestionarea scurgerilor de apă pluvială, care reprezintă o provocare majoră în zonele urbane. Straturile de vegetație și sol de pe acoperișurile verzi absorb apa de ploaie și încetinesc eliberarea acesteia în sistemul de drenaj, reducând astfel volumul și viteza scurgerii apelor pluviale. Acest proces natural de retenție și filtrare a apei contribuie la reducerea presiunii asupra infrastructurii de apă pluvială, la reducerea riscului de inundații și eroziune și la protejarea calității apei prin reducerea cantității de poluanți și contaminanți care pătrund în corpurile de apă. În plus, prin captarea și stocarea apei de ploaie, acoperișurile verzi contribuie la reîncărcarea rezervelor de apă subterană și la reducerea riscului de secetă și de penurie de apă în zonele urbane, în special în regiunile predispuse la penurie de apă și secetă.

Realizarea comunităților neutre din punct de vedere al emisiilor de carbon poate fi obținută prin adoptarea acoperișurilor verzi și a soluțiilor bazate pe natură (NBS) în general. Acoperișurile verzi se dovedesc eficiente în reducerea consumului de energie al clădirilor și în sechestrarea carbonului din atmosferă. În timp ce se află în curs de elaborare orientări și politici de sprijin pentru implementarea NBS la scara orașului, evaluarea cantitativă a contribuției specifice a acoperișurilor verzi la neutralitatea carbonului la nivelul întregului oraș prezintă provocări. Aceste provocări decurg din incertitudinile privind datele de intrare, metodele de cuantificare și discrepanțele în concluziile studiilor care rezultă din diferite scale temporale și spațiale (Xiao et al., 2023). În ansamblu, acoperișurile verzi oferă o abordare holistică și durabilă a acoperișurilor urbane, care aduce numeroase beneficii pentru mediu, de la atenuarea efectului de insulă de căldură urbană și

îmbunătățirea calității aerului până la sprijinirea biodiversității, gestionarea scurgerilor de apă pluvială și reducerea poluării fonice. Pe măsură ce orașele continuă să se confrunte cu provocările urbanizării, schimbărilor climatice și degradării mediului, acoperișurile verzi reprezintă o soluție promițătoare pentru crearea unor medii urbane mai sănătoase, mai rezistente și mai durabile pentru generațiile actuale și viitoare.

4. Clasificarea acoperișurilor verzi

Acoperișurile verzi reprezintă o categorie versatilă și dinamică de sisteme de acoperișuri, oferind o multitudine de beneficii mediului urban. Aceste acoperișuri pot fi clasificate în numeroase moduri, pe baza diverselor criterii, cum ar fi designul, tipul de vegetație sau funcția. O metodă comună de clasificare împarte acoperișurile verzi în trei tipuri principale: extensive, semi-intensive și intensive (Tabelul 2).

Acoperișurile verzi extinse se caracterizează prin construcția lor ușoară și adâncimea redusă a solului, care variază de obicei între 5 și 15 centimetri. Aceste acoperișuri sunt special concepute pentru a susține vegetația cu creștere redusă și rezistentă la secetă, precum sedum, mușchi și iarbă. Datorită adâncimii minime a solului și cerințelor reduse de întreținere, acoperișurile verzi extinse sunt adesea preferate pentru rentabilitatea și ușurința instalării. În ciuda simplității lor, acestea oferă mai multe beneficii pentru mediu, inclusiv gestionarea apelor pluviale, izolare termică și îmbunătățirea biodiversității, deși într-o măsură mai mică în comparație cu acoperișurile verzi semi-intensive și intensive.

Acoperișurile verzi semi-intensive ocupă o poziție intermediară între acoperișurile verzi extensive și cele intensive în ceea ce privește adâncimea solului, diversitatea vegetației și necesitățile de întreținere. Cu o adâncime a solului cuprinsă între 15 și 30 de centimetri, acoperișurile verzi semi-intensive pot susține o varietate mai mare de specii de plante, inclusiv arbuști mici, plante perene și ierburi. Aceste acoperișuri oferă beneficii ecologice și estetice îmbunătățite în comparație cu acoperișurile verzi extensive, cum ar fi biodiversitate crescută, calitate îmbunătățită a aerului și aspect vizual îmbunătățit. Cu toate acestea, ele necesită mai multă întreținere și irigare decât acoperișurile verzi extensive, datorită profilului mai adânc al solului și comunităților diverse de plante.

Acoperișurile verzi intensive reprezintă cea mai complexă și mai consumatoare categorie de acoperișuri verzi. Caracterizate prin profiluri de sol adânci, vegetație diversă și cerințe ridicate de întreținere, aceste acoperișuri au de obicei o adâncime a solului care depășește 30 de centimetri. Acoperișurile verzi intensive pot susține o gamă largă de tipuri de plante, inclusiv copaci, arbuști mari și plante ornamentale, oferind cel mai mare potențial pentru îmbunătățirea biodiversității, crearea de habitate și utilizarea în scopuri recreative. Aceste acoperișuri sunt potrivite pentru parcuri urbane, grădini și spații publice, unde pot oferi spații verzi valoroase atât pentru rezidenți, cât și pentru vizitatori. Cu toate acestea, acoperișurile verzi intensive necesită un sprijin structural semnificativ,

irigare și întreținere pentru a susține comunitățile diverse de plante și pentru a asigura viabilitatea pe termen lung.

În concluzie, clasificarea acoperișurilor verzi în categorii extensive, semi-intensive și intensive oferă un cadru util pentru înțelegerea cerințelor lor de proiectare, vegetație și întreținere. Fiecare tip de acoperiș verde oferă avantaje și provocări unice, iar alegerea tipului de acoperiș trebuie să se bazeze pe factori precum obiectivele proiectului, bugetul, condițiile locului și capacitățile de întreținere. Prin selectarea tipului și a designului adecvat de acoperiș verde, urbanistii, arhitecții și proprietarii de clădiri pot maximiza beneficiile ecologice, sociale și economice ale acoperișurilor verzi în comunitățile lor.

Tabelul 2. Tipul de GR și principalele caracteristici (Sursa: Calheiros și Stefanakis, 2021)

<i>Criteria</i>	<i>Types of green roofs</i>		
	Intensive green roof	Semi-intensive green roof	Extensive green roof
<i>Maintenance</i>	High	Periodic/moderate	Low
<i>Substrate layer</i>	>25 cm	15-25 cm	8-15 cm
<i>Vegetation Weight of the system</i>	Trees, shrubs, lawn >350 kg/m ² (3.43 kN/m ²)	Grass-herbs, shrubs 150-350 kg/m ² (1,47-3,43 kN/m ²)	Succulent (sedum), mosses, grass 80-180 kg/m ²
<i>Accessibility</i>	In general, without limitation	Limited stepping	No stepping, unless for maintenance

Un sistem alternativ de clasificare a acoperișurilor verzi implică clasificarea acestora în acoperișuri de retenție și acoperișuri de reținere. Acoperișurile de reținere se diferențiază de acoperișurile de retenție prin straturile suplimentare de sub sol, capabile să colecteze temporar apa infiltrată. Obiectivul principal este reducerea sau întârzierea scurgerii maxime. Un sistem inteligent de baraj poate gestiona eficient nivelurile de apă în funcție de nevoile și obiectivele utilizatorilor, cum ar fi sistemele de salubritate domestică sau irigațiile. Acoperișurile de retenție sunt denumite și acoperișuri albastre-verzi multistrat (Pelorosso et al., 2024) sau acoperișuri violet (Alim et al., 2023). Acestea din urmă facilitează retenția apelor pluviale prin straturi specifice de retenție și tampon (Figura 1).

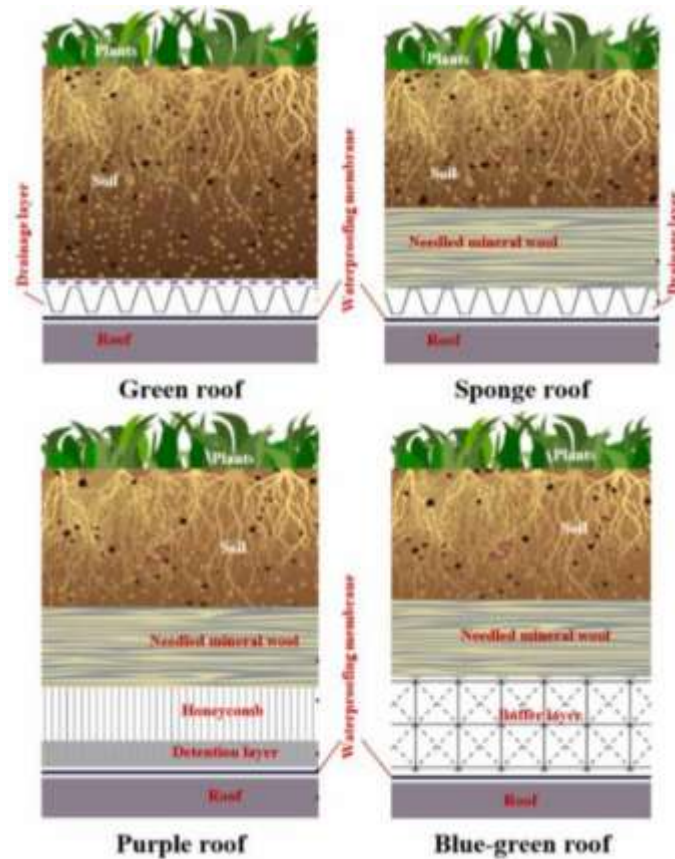


Figura 1. Diferența între designul unui acoperiș de retenție (acoperiș verde tradițional și acoperiș spongios) și acoperișurile de retenție (acoperișuri violet și albastru-verde) (Sursa: Alim et al., 2023).

În cele din urmă, o clasificare suplimentară se referă la acoperișurile verzi înclinate sau în pantă. În această analiză, aprofundăm clasificarea acoperișurilor verzi în funcție de înclinația acoperișului, analizând caracteristicile unice și considerentele asociate fiecărui tip.

I. Acoperișuri verzi plate sau cu pantă redusă:

Acoperișurile plate sau cu pantă redusă, de obicei cu pante cuprinse între 0 și 10 grade, reprezintă cel mai comun tip de instalație de acoperiș verde. Aceste acoperișuri se găsesc adesea în mediile urbane, unde constrângerile arhitecturale limitează utilizarea pantelor mai abrupte. Clasificarea acoperișurilor verzi pe suprafețe plate sau cu pantă redusă include sisteme extensive și intensive.

II. Acoperișuri verzi cu pantă moderată:

Acoperișurile verzi cu pantă moderată, cu înclinații cuprinse între 10 și 45 de grade, fac legătura între acoperișurile plate și cele cu pantă abruptă. Aceste acoperișuri oferă un echilibru între aspectul estetic și caracterul practic, permițând o varietate de modele de acoperișuri verzi în funcție de caracteristicile specifice ale pantei.

a) Acoperișuri verzi modulare sau cu tăvi

Pe acoperișurile cu pantă moderată, acoperișurile verzi modulare sau cu tăvi reprezintă o opțiune viabilă. Aceste sisteme utilizează tăvi sau containere pre-plantate care pot fi instalate și îndepărtate cu ușurință, simplificând întreținerea și selecția plantelor. Abordarea modulară facilitează, de asemenea, gestionarea apei și reduce riscul de eroziune pe pante.

b) Acoperișuri verzi cu margini înclinate

Acoperișurile verzi cu margini înclinate sunt proiectate pentru a se adapta la înclinările variabile ale acoperișului. Folosind o abordare pe niveluri, aceste acoperișuri pot găzdui diferite specii de plante la diferite niveluri de înclinare. Acest design nu numai că sporește atractivitatea vizuală, dar optimizează și retenția apelor pluviale și oferă un habitat natural pentru o floră și faună diversificate.

III. Acoperișuri verzi cu pantă abruptă:

Acoperișurile verzi pe suprafețe cu pantă abruptă, caracterizate prin înclinații mai mari de 45 de grade, prezintă provocări și oportunități unice. Deși pantele abrupte limitează interacțiunea directă a omului și cresc riscul de eroziune, aceste acoperișuri oferă avantaje estetice și pot contribui la biodiversitate în moduri neașteptate.

a) Acoperișuri verzi cu pătură sau covor:

Acoperișurile verzi de tip pătură sau covor sunt proiectate pentru aplicații pe pante abrupte, fiind prevăzute cu un strat de pături sau covoare vegetale preplantate care asigură o acoperire imediată. Aceste sisteme sunt eficiente în prevenirea eroziunii solului, favorizarea retenției apei și îmbunătățirea aspectului estetic general al clădirilor construite pe pante abrupte.

b) Acoperișuri verzi cu pantă consolidată:

Acoperișurile verzi cu pantă consolidată utilizează soluții ingineresti pentru a crea un mediu stabil pe acoperișurile abrupte. Terassele, zidurile de sprijin și materialele speciale de consolidare contribuie la reducerea riscurilor de eroziune și oferă o bază stabilă pentru o gamă diversă de plante. Aceste sisteme necesită o planificare atentă pentru a asigura siguranța și longevitatea acoperișului verde pe suprafețe abrupte.

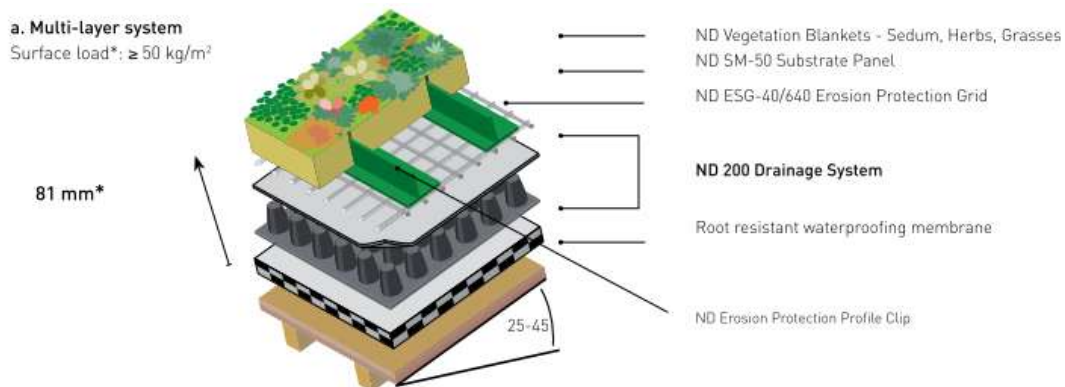


Figure 2. Example of steep-slope green roof (Source: Nophdrain, 2010)

Clasificarea acoperișurilor verzi în funcție de panta acoperișului oferă o înțelegere cuprinzătoare a modului în care aceste sisteme inovatoare pot fi adaptate la diverse condiții arhitecturale și de mediu. Fie că sunt amplasate pe suprafețe plane, cu pantă moderată sau abruptă, acoperișurile verzi contribuie în mod semnificativ la dezvoltarea urbană durabilă, atenuând efectul de insulă de căldură urbană, reducând scurgerea apelor pluviale și îmbunătățind biodiversitatea. Pe măsură ce cererea de soluții de construcții ecologice continuă să crească, explorarea clasificărilor acoperișurilor verzi în funcție de panta acoperișului oferă informații valoroase pentru arhitecți, ingineri și urbanisti care doresc să integreze practici ecologice în mediul construit.

5. Structura acoperișurilor verzi

Acoperișurile verzi sunt formate din mai multe straturi care funcționează împreună pentru a susține vegetația și pentru a oferi numeroase beneficii pentru mediu. Structura unui acoperiș verde poate varia în funcție de factori precum clima, proiectarea clădirii și utilizarea prevăzută, dar, în general, include câteva componente cheie: platforma acoperișului, membrana de impermeabilizare, stratul de drenaj, mediul de cultivare, vegetația și straturi suplimentare opționale pentru izolare, barieră împotriva rădăcinilor și sisteme de irigare.

Primul strat al unui acoperiș verde este platforma acoperișului, care servește drept fundație structurală pentru întregul sistem. Aceasta poate fi realizată din diverse materiale, precum lemn, beton sau metal, în funcție de proiectul clădirii și de capacitatea de încărcare. Platforma acoperișului oferă suportul necesar pentru straturile suplimentare ale acoperișului verde și asigură integritatea structurală a clădirii.

Urmează membrana de impermeabilizare, care este esențială pentru protejarea platformei acoperișului și a structurii clădirii împotriva infiltrațiilor de apă. Această membrană este de obicei realizată din materiale sintetice, cum ar fi PVC (clorură de polivinil) sau cauciuc EPDM (monomer de etilenă propilenă dienă) și este instalată peste platforma acoperișului pentru a crea o barieră etanșă. Membrana de impermeabilizare împiedică pătrunderea apei în clădire și deteriorarea spațiilor interioare.

Stratul de drenaj este conceput pentru a facilita scurgerea apei de pe suprafața acoperișului și îndepărtarea acesteia de clădire. Acest strat este format, de obicei, dintr-un material ușor și poros, cum ar fi pietriș, agregat de argilă expandată sau covorașe de drenaj special concepute. Stratul de drenaj permite scurgerea liberă a excesului de apă de pe acoperiș, prevenind acumularea apei și reducând riscul de scurgeri sau deteriorări structurale.

Deasupra stratului de drenaj se află mediul de creștere, cunoscut și sub denumirea de substrat sau sol, care oferă un mediu propice pentru creșterea plantelor. Mediul de creștere este special formulat pentru a fi ușor, bine drenat și bogat în nutrienți, permițând plantelor să se stabilească și să se dezvolte pe suprafața acoperișului. Acesta este format, de obicei, dintr-un amestec de materiale organice, cum ar fi compost, turbă și agregate ușoare, compoziția exactă fiind adaptată nevoilor specifice ale vegetației și climei.

Stratul de vegetație este componenta cea mai vizibilă și ușor de recunoscut a unui acoperiș verde, fiind format din plantele și vegetația care acoperă suprafața acoperișului. Acoperișurile verzi pot susține o mare varietate de specii de plante, inclusiv ierburi, sedumuri, flori sălbatice, plante aromatice, arbuști și chiar copaci mici, în funcție de factori precum clima, expunerea la soare și cerințele de întreținere. Stratul de vegetație nu numai că îmbunătățește aspectul estetic al acoperișului, dar oferă și numeroase beneficii pentru mediu, inclusiv îmbunătățirea calității aerului, habitat pentru fauna sălbatică și reducerea efectului de insulă de căldură urbană.

În plus față de aceste componente principale, acoperișurile verzi pot include și straturi suplimentare opționale pentru izolare, barieră împotriva rădăcinilor și sisteme de irigare. Straturile de izolare, cum ar fi spuma rigidă sau betonul ușor, pot fi instalate sub membrana de impermeabilizare pentru a îmbunătăți eficiența energetică și performanța termică. Membranele de barieră împotriva rădăcinilor sunt uneori utilizate pentru a împiedica rădăcinile plantelor să pătrundă și să deterioreze membrana de impermeabilizare, în timp ce sistemele de irigare pot fi instalate pentru a furniza apă suplimentară vegetației în perioadele de secetă.

În ansamblu, structura unui acoperiș verde este proiectată cu atenție pentru a crea un mediu propice creșterii plantelor, protejând în același timp structura clădirii de deteriorarea cauzată de apă și asigurând durabilitate și performanță pe termen lung. Prin incorporarea mai multor straturi de materiale și componente, acoperișurile verzi oferă o soluție durabilă și ecologică pentru reducerea scurgerilor de apă pluvială, îmbunătățirea calității aerului și sporirea biodiversității urbane.

6. Elemente structurale în detaliu

După cum s-a menționat anterior, un acoperiș verde, cunoscut și sub denumirea de acoperiș vegetal sau acoperiș ecologic, este un sistem complex format din mai multe elemente structurale care funcționează împreună pentru a susține vegetația și a oferi beneficii pentru mediu. Înțelegerea componentelor individuale ale unui acoperiș verde este esențială pentru proiectarea, instalarea și întreținerea unui sistem de acoperiș verde de succes. Fiecare element structural este prezentat în detaliu mai jos:

1. Terasă pe acoperiș:

Terasa acoperișului servește drept fundație pentru întregul sistem de acoperiș verde. Este suprafața structurală pe care sunt instalate toate celelalte componente. Terasesele acoperișului pot fi realizate din diverse materiale, inclusiv lemn, beton, metal sau materiale compozite. Alegerea materialului depinde de factori precum proiectarea clădirii, capacitatea de încărcare și condițiile de mediu. Terasesele din lemn sunt utilizate în mod obișnuit în clădirile rezidențiale datorită prețului accesibil și ușurinței instalării, în timp ce terasesele din beton sunt mai potrivite pentru structurile comerciale sau industriale care necesită o capacitate de încărcare mai mare. Platformele metalice sunt ușoare și durabile, ceea ce le face potrivite pentru o gamă largă de aplicații. Platformele compozite, realizate din materiale precum fibra de sticlă sau plastic armat, oferă o combinație de rezistență, durabilitate și rezistență la umiditate și coroziune. Pregătirea și întreținerea corespunzătoare a platformei acoperișului sunt esențiale pentru a asigura performanța și integritatea pe termen lung a sistemului de acoperiș verde.

2. Membrană impermeabilă:

Membrana impermeabilă este o componentă esențială a sistemului de acoperiș verde, oferind o barieră de protecție împotriva infiltrațiilor de apă și a deteriorării cauzate de umiditate. Aceasta se instalează direct peste platforma acoperișului pentru a crea o etanșare impermeabilă și a împiedica pătrunderea apei în structura clădirii. Membranele impermeabile sunt de obicei fabricate din materiale sintetice, cum ar fi PVC (clorură de polivinil), TPO (poliolefină termoplastică), EPDM (monomer de etilenă propilenă dienă) sau bitum (asfalt). Aceste materiale oferă o rezistență excelentă la apă, radiații UV și fluctuații de temperatură, asigurând durabilitatea și performanța pe termen lung a sistemului de acoperiș verde. Instalarea și întreținerea corespunzătoare a membranei de impermeabilizare sunt

esențiale pentru a preveni scurgerile, deteriorarea provocată de apă și deteriorarea prematură a structurii acoperișului.

3. Stratul de drenaj:

Stratul de drenaj este conceput pentru a facilita scurgerea apei de pe suprafața acoperișului și îndepărtarea acesteia de clădire. Este instalat deasupra membranei de impermeabilizare și îndeplinește mai multe funcții importante, printre care prevenirea acumulării de apă, reducerea presiunii hidrostatice și îmbunătățirea eficienței drenajului. Straturile de drenaj sunt de obicei realizate din materiale ușoare și poroase, cum ar fi pietriș, agregat de argilă expandată sau covorașe de drenaj special concepute. Aceste materiale permit scurgerea liberă a excesului de apă de pe acoperiș, prevenind acumularea apei și reducând riscul de scurgeri sau deteriorări structurale. Proiectarea și instalarea corespunzătoare a stratului de drenaj sunt esențiale pentru a asigura o performanță optimă de drenaj și pentru a preveni infiltrarea apei în structura clădirii.

4. Mediu de cultivare (substrat):

Mediul de cultivare, cunoscut și sub denumirea de substrat sau sol, asigură un mediu propice creșterii plantelor pe acoperișul verde. Acesta este instalat deasupra stratului de drenaj și servește ca zonă de înrădăcinare pentru vegetație. Mediul de cultivare este special conceput pentru a fi ușor, bine drenat și bogat în nutrienți, permițând plantelor să se stabilească și să se dezvolte în mediul ostil al acoperișului. Compoziția mediului de creștere poate varia în funcție de factori precum clima, tipul de vegetație și cerințele de întreținere. Componentele comune ale mediilor de creștere includ materiale organice precum compost, turbă și agregate ușoare. Mediul de creștere oferă nutrienți esențiali, umiditate și sprijin pentru rădăcinile plantelor, permițând vegetației să înflorească pe suprafața acoperișului verde. Alegerea și instalarea corespunzătoare a mediului de cultivare sunt esențiale pentru a asigura sănătatea și vitalitatea pe termen lung a vegetației și pentru a preveni eroziunea, compactarea și epuizarea nutrienților.

5. Vegetație:

Stratul de vegetație este cea mai vizibilă și recunoscută componentă a sistemului de acoperiș verde, constând din plantele și vegetația care acoperă suprafața acoperișului. Acoperișurile verzi pot susține o mare varietate de specii de plante, inclusiv ierburi, sedumuri, flori sălbatice, ierburi, arbuști și chiar copaci mici, în funcție de factori precum clima, expunerea la lumina soarelui și cerințele de

întreținere. Stratul de vegetație nu numai că îmbunătățește atractivitatea estetică a acoperișului, dar oferă și numeroase beneficii de mediu, inclusiv îmbunătățirea calității aerului, habitatul pentru fauna sălbatică și reducerea efectului de insulă de căldură urbană. Selectarea și instalarea corectă a vegetației sunt esențiale pentru a asigura compatibilitatea cu mediul de creștere, clima și utilizarea prevăzută a acoperișului verde. Întreținerea stratului de vegetație este, de asemenea, importantă pentru a preveni creșterea buruienilor, pentru a menține sănătatea plantelor și pentru a asigura viabilitatea pe termen lung a sistemului de acoperiș verde.

6. Straturi suplimentare (opțional):

În plus față de elementele structurale principale, acoperișurile verzi pot include straturi suplimentare opționale pentru a îmbunătăți performanța și funcționalitatea. Aceste straturi suplimentare pot include izolație, membrane de barieră radiculară și sisteme de irigare. Straturile de izolație, cum ar fi spuma rigidă sau betonul ușor, pot fi instalate sub membrana de impermeabilizare pentru a îmbunătăți eficiența energetică și performanța termică. Membranele de barieră a rădăcinilor sunt uneori folosite pentru a preveni pătrunderea rădăcinilor plantelor și deteriorarea membranei hidroizolante, în timp ce sistemele de irigare pot fi instalate pentru a furniza apă suplimentară vegetației în perioadele uscate. Includerea acestor straturi suplimentare depinde de factori precum obiectivele proiectului, bugetul, condițiile amplasamentului și capacitățile de întreținere.



Figura 3. StratURI tipice de acoperiș verde (Sursa: Mihalakakou et al 2023).

Pe scurt, elementele structurale ale unui acoperiș verde lucrează împreună pentru a crea un sistem de acoperiș durabil și ecologic care oferă numeroase beneficii, inclusiv gestionarea apelor pluviale, izolarea termică, îmbunătățirea biodiversității și îmbunătățirea calității aerului. Proiectarea, instalarea și întreținerea corectă a fiecărei componente sunt esențiale pentru a asigura performanța și viabilitatea pe termen lung a sistemului de acoperiș verde. Prin încorporarea acestor elemente structurale în proiectele lor de construcție, arhitecții, inginerii și proprietarii de clădiri pot crea acoperișuri verzi care contribuie la un mediu construit mai sănătos și mai durabil.

7. Legislația privind acoperișurile verzi

Nu există o legislație specifică a Uniunii Europene (UE) dedicată exclusiv acoperișurilor verzi. Cu toate acestea, mai multe directive și reglementări ale UE influențează indirect promovarea și implementarea acoperișurilor verzi în statele membre. UE pune accentul pe sustenabilitate, conservarea biodiversității, atenuarea schimbărilor climatice și adaptarea la acestea în diferite domenii de politică, ceea ce poate avea un impact asupra dezvoltării și adoptării acoperișurilor verzi. O astfel de politică este Pactul verde european, o foaie de parcurs cuprinzătoare introdusă de Comisia Europeană în 2019, care vizează să facă economia UE sustenabilă și să atingă neutralitatea emisiilor de dioxid de carbon până în 2050. Pactul verde include inițiative precum Strategia UE privind biodiversitatea pentru 2030, care urmărește să refacă ecosistemele degradate, să stopeze pierderea biodiversității și să integreze soluții bazate pe natură în planificarea urbană. Acoperișurile verzi sunt recunoscute ca una dintre aceste soluții bazate pe natură care contribuie la conservarea biodiversității, rezistența la schimbările climatice și dezvoltarea urbană durabilă. În plus, Planul de acțiune al UE pentru economia circulară promovează utilizarea eficientă a resurselor și reducerea deșeurilor, încurajând reutilizarea materialelor și adoptarea unor practici de construcție durabile, care ar putea sprijini indirect utilizarea acoperișurilor verzi. În plus, directivele UE referitoare la gestionarea apei, calitatea aerului și eficiența energetică, cum ar fi Directiva-cadru privind apa, Directiva privind calitatea aerului înconjurător și Directiva privind performanța energetică a clădirilor, pot influența statele membre să adopte acoperișuri verzi ca mijloc de a aborda aceste provocări de mediu. În ciuda absenței unei legislații specifice, există diverse proiecte de cercetare, inițiative și orientări de bune practici finanțate de UE pentru a sprijini implementarea acoperișurilor verzi în întreaga Europă. Aceste eforturi contribuie la creșterea gradului de conștientizare, la consolidarea capacităților și la furnizarea de asistență tehnică factorilor de decizie politică, urbanistilor, arhitecților și proprietarilor de clădiri interesați să integreze acoperișurile verzi în proiectele lor. În general, deși nu există o legislație europeană specifică privind acoperișurile verzi, cadrul politic mai larg și inițiativele la nivel european joacă un rol semnificativ în promovarea adoptării și integrării lor în peisajele urbane pentru a atinge obiectivele de durabilitate.

Mai mult, mai multe țări europene au abordări diferite în ceea ce privește legislația privind acoperișurile verzi, unele națiuni având reglementări sau stimulente specifice, în timp ce altele se

bazează pe politici de mediu mai ample pentru a promova adoptarea acoperișurilor verzi. În cele ce urmează sunt enumerate legislația națională privind acoperișurile verzi din mai multe țări europene:

a. În Italia, promovarea acoperișurilor verzi este susținută atât la nivel național, cât și local printr-o combinație de reglementări, stimulente fiscale și inițiative urbane. La nivel național, Decretul legislativ 192/2005, modificat prin Decretul legislativ 311/2006, stabilește măsuri de îmbunătățire a performanței energetice a clădirilor, încurajând indirect adoptarea acoperișurilor verzi. La nivel regional și municipal, orașe precum Milano, Bologna, Torino, Florența și Roma au implementat reglementări specifice și planuri de dezvoltare durabilă care încurajează instalarea de acoperișuri verzi, oferind stimulente fiscale și finanțare publică. Cele mai bune practici includ adoptarea acoperișurilor verzi extinse și intensive, integrarea în planurile de dezvoltare urbană pentru a atenua insulele de căldură urbane și a gestiona apele pluviale și colaborările public-privat pentru a dezvolta tehnologii inovatoare. Exemple notabile se găsesc în universități, cum ar fi Universitatea din Milano Bicocca, care integrează acoperișuri verzi în campusurile lor ca parte a strategiilor de sustenabilitate. Aceste eforturi combinate urmăresc să facă implementarea acoperișurilor verzi în clădirile publice și private atât avantajoasă din punct de vedere economic, cât și durabilă din punct de vedere ecologic.

b. În Grecia, promovarea acoperișurilor verzi este sprijinită prin politici naționale de eficiență energetică și inițiative locale care vizează sustenabilitatea urbană. La nivel național, Grecia a integrat acoperișurile verzi în Planul său național de acțiune pentru eficiență energetică, care încurajează practicile de construcție durabilă pentru a îmbunătăți performanța energetică și a reduce impactul asupra mediului. La nivel municipal, orașe precum Atena au introdus stimulente specifice pentru instalațiile de acoperișuri verzi pentru a combate insulele de căldură urbane și pentru a îmbunătăți condițiile de viață urbană. Cele mai bune practici în Grecia implică utilizarea plantelor native și rezistente la secetă, adaptate climatului mediteranean, asigurându-se că acoperișurile verzi necesită întreținere și apă minime. Parteneriatele public-privat sunt, de asemenea, încurajate pentru a facilita dezvoltarea și implementarea proiectelor de acoperișuri verzi. În plus, universitățile și instituțiile de cercetare din Grecia joacă un rol crucial în avansarea tehnologiilor acoperișurilor verzi și în integrarea acestora în strategiile de planificare și dezvoltare urbană. Aceste eforturi vizează îmbunătățirea eficienței energetice, promovarea biodiversității și îmbunătățirea calității vieții în zonele urbane, făcând din acoperișurile verzi o opțiune viabilă și atractivă pentru clădirile din Grecia.

c. În Spania, promovarea acoperișurilor verzi este susținută de reglementări naționale și inițiative regionale care vizează creșterea sustenabilității și a eficienței energetice. La nivel național, Codul tehnic spaniol al construcțiilor include prevederi care încurajează practicile de construcție durabile, inclusiv acoperișurile verzi. La nivel regional, zone precum Catalonia și Madrid au implementat reglementări și stimulente suplimentare pentru a promova adoptarea acoperișurilor verzi. Cele mai bune practici din Spania se concentrează pe conservarea apei prin integrarea sistemelor de colectare a apei de ploaie și utilizarea plantelor rezistente la secetă, potrivite pentru climatul mediteranean. Colaborările public-privat sunt frecvente, facilitând dezvoltarea de soluții inovatoare de acoperișuri verzi și integrarea acestora în planificarea urbană. Universitățile și instituțiile de cercetare sunt implicate activ în promovarea tehnologiilor de acoperiș verde și în încorporarea lor în programele de învățământ și programele de cercetare de sustenabilitate. Aceste eforturi combinate vizează îmbunătățirea biodiversității urbane, gestionarea apelor pluviale și reducerea efectului de insulă de căldură urbană, făcând acoperișurile verzi o alegere practică și benefică pentru mediu pentru clădirile din Spania

d. Germania a fost un pionier în promovarea acoperișurilor verzi de câteva decenii. În 2016, Germania a adoptat Ghidul pentru acoperișuri verzi, care prezintă cerințele tehnice și cele mai bune practici pentru instalarea acoperișurilor verzi. Multe orașe germane oferă stimulente financiare și subvenții pentru a încuraja construcția de acoperișuri verzi, Berlinul fiind un exemplu notabil. În plus, Consiliul German pentru Clădiri Durabile (DGNB) a dezvoltat standarde de certificare pentru clădiri durabile, inclusiv criterii pentru acoperișuri verzi. Aceste inițiative reflectă angajamentul Germaniei față de dezvoltarea urbană durabilă și reziliența la schimbările climatice.

e. Franța a adoptat, de asemenea, acoperișurile verzi ca parte a eforturilor sale de promovare a dezvoltării urbane durabile. În 2015, Franța a adoptat o legislație care cere ca toate clădirile noi din zonele comerciale să includă acoperișuri verzi sau panouri solare. Această lege își propune să sporească biodiversitatea, să reducă efectele insulelor de căldură urbane și să promoveze generarea de energie regenerabilă. În plus, mai multe orașe franceze, inclusiv Paris, au implementat programe și stimulente pentru acoperișuri verzi pentru a încuraja proprietarii de clădiri să instaleze acoperișuri verzi în mod voluntar.

e. Franța a adoptat, de asemenea, acoperișurile verzi ca parte a eforturilor sale de promovare a dezvoltării urbane durabile. În 2015, Franța a adoptat o legislație care cere ca toate clădirile noi din zonele comerciale să includă acoperișuri verzi sau panouri solare. Această lege își propune să sporească biodiversitatea, să reducă efectele insulelor de căldură urbane și să promoveze generarea de energie regenerabilă. În plus, mai multe orașe franceze, inclusiv Paris, au implementat programe și stimulente pentru acoperișuri verzi pentru a încuraja proprietarii de clădiri să instaleze acoperișuri verzi în mod voluntar.

e. Țările de Jos: Olanda a devenit lider global în inovarea și implementarea acoperișurilor verzi. Orașele olandeze se confruntă cu provocări precum inundații și insule de căldură urbane, ceea ce face ca acoperișurile verzi să fie o soluție atractivă. Guvernul olandez a introdus diverse politici și stimulente pentru a promova acoperișurile verzi, inclusiv subvenții, stimulente fiscale și programe de asistență tehnică. În plus, Asociația Olandeză pentru Acoperișuri Verzi (NGB) oferă îndrumări și resurse proprietarilor de clădiri, arhitecților și factorilor de decizie interesați de implementarea acoperișurilor verzi.

f. Suedia: Suedia a acordat prioritate acoperișurilor verzi ca parte a eforturilor sale mai ample de combatere a schimbărilor climatice și de promovare a dezvoltării urbane durabile. Guvernul suedez oferă stimulente financiare și granturi pentru construcția de acoperișuri verzi, în special în zonele predispușe la inundații sau insule de căldură urbane. Multe municipalități suedeze au implementat, de asemenea, cerințe sau stimulente pentru acoperișuri verzi ca parte a reglementărilor lor de planificare urbană și construcții. Angajamentul Suediei față de sustenabilitatea și inovația mediului a dus la o creștere semnificativă a adoptării acoperișurilor verzi în întreaga țară.

g. Regatul Unit:

Regatul Unit a înregistrat un interes tot mai mare pentru acoperișurile verzi în ultimii ani, determinat de o conștientizare tot mai mare a beneficiilor lor pentru mediu. Deși nu există o legislație națională care să vizeze în mod specific acoperișurile verzi, mai multe orașe, inclusiv Londra și Manchester, au dezvoltat politici și stimulente pentru acoperișurile verzi pentru a încuraja adoptarea acestora. În plus, UK Green Building Council (UKGBC) a dezvoltat linii directoare de bune practici și standarde de certificare pentru acoperișurile verzi, oferind îndrumări proprietarilor și dezvoltatorilor de clădiri.

h. În Ucraina, promovarea acoperișurilor verzi câștigă avânt, deși este încă emergentă în comparație cu alte țări europene. La nivel național, Ucraina este în proces de actualizare a codurilor de construcție pentru a include prevederi pentru infrastructura verde ca parte a angajamentului său față de sustenabilitate. În timp ce reglementările naționale specifice care sprijină acoperișurile verzi sunt încă în curs de dezvoltare, există un interes tot mai mare și inițiative locale în orașe precum Kiev și Lviv. La nivel local, unele orașe ucrainene promovează în mod independent acoperișurile verzi ca parte a planurilor lor de dezvoltare urbană. Aceste inițiative urmăresc adesea să atenueze insulele de căldură urbane, să îmbunătățească calitatea aerului și să gestioneze scurgerea apelor pluviale. Cele mai bune practici din Ucraina implică de obicei utilizarea unor soluții rentabile pentru acoperișuri verzi din cauza constrângerilor bugetare, inclusiv încorporarea materialelor locale și a plantelor native care pot prospera în condițiile climatice din regiune. Parteneriatele public-privat joacă un rol semnificativ în promovarea tehnologiilor de acoperișuri verzi în Ucraina, facilitând schimbul de cunoștințe și inovarea în practicile de construcție durabilă. Universitățile și instituțiile de cercetare sunt din ce în ce mai implicate în efectuarea de studii privind beneficiile acoperișurilor verzi și în explorarea modalităților de integrare a acestora în strategiile de planificare și dezvoltare urbană. În general, în timp ce Ucraina se află în stadiile incipiente de adoptare a acoperișurilor verzi la o scară mai largă, există o recunoaștere din ce în ce mai mare a potențialelor beneficii sociale și de mediu ale acestora, deschizând calea pentru dezvoltarea și implementarea ulterioară în viitor.

i. În Polonia, promovarea acoperișurilor verzi este sprijinită printr-o combinație de reglementări naționale, inițiative regionale și stimulente locale menite să sporească sustenabilitatea și reziliența mediului. Reglementările privind acoperișurile verzi din Polonia sunt reglementate în principal de legea construcțiilor și de planurile locale de zonare. În Polonia, există programe și fonduri care susțin înființarea de acoperișuri verzi, în special în contextul activităților de mediu și îmbunătățirea calității mediului urban. La nivel național, Polonia încorporează acoperișurile verzi în politicile sale de mediu, susținute de Fondul Național pentru Protecția Mediului și Managementul Apei, care oferă finanțare pentru proiecte de infrastructură verde, inclusiv acoperișuri verzi. La nivel municipal, orașe precum Varșovia au linii directoare și subvenții specifice pentru instalarea acoperișurilor verzi, încurajând adoptarea lor ca parte a strategiilor de dezvoltare urbană. Aceste inițiative urmăresc să atenueze insulele de căldură urbane, să îmbunătățească calitatea aerului și să gestioneze eficient scurgerea apelor pluviale. Cele mai bune practici din Polonia includ adesea integrarea acoperișurilor verzi cu sisteme de energie regenerabilă, cum ar fi panourile solare, îmbunătățirea eficienței energetice și a

beneficiilor de sustenabilitate. De asemenea, se pune accentul pe promovarea biodiversității prin selectarea speciilor de plante care sunt native din regiune și rezistente la condițiile climatice locale. Parteneriatele public-privat joacă un rol crucial în promovarea tehnologiilor de acoperișuri verzi în Polonia, încurajând colaborarea între municipalități, întreprinderi și instituții de cercetare pentru a dezvolta soluții inovatoare și a promova schimbul de cunoștințe.

Universitățile și centrele de cercetare contribuie activ la avansarea tehnologiilor acoperișurilor verzi prin programe de cercetare și educaționale, integrându-le în studiile de arhitectură și mediu. Aceste eforturi contribuie la transformarea acoperișurilor verzi într-o opțiune viabilă și atractivă pentru practicile de construcție durabilă în Polonia, aliniindu-se la directivele și inițiativele mai largi ale Uniunii Europene care promovează infrastructura verde și sustenabilitatea urbană.

În general, țările europene au adoptat diverse abordări pentru a promova acoperișurile verzi, reflectând provocările lor unice de mediu, prioritățile politice și contextele culturale. În timp ce unele națiuni au adoptat legislație sau stimulente specifice pentru a sprijini adoptarea acoperișurilor verzi, altele se bazează pe politici și inițiative de mediu mai ample pentru a încuraja implementarea acestora. În ciuda acestor diferențe, obiectivul comun în întreaga Europă este de a crea orașe durabile, reziliente și ecologice prin adoptarea pe scară largă a acoperișurilor verzi. Mai mult, la nivel global, acoperișurile verzi sunt din ce în ce mai recunoscute ca o strategie de dezvoltare urbană durabilă, cu inițiative care acoperă diverse regiuni, inclusiv Europa și țări precum Ucraina. În Europa, directive precum Directiva privind performanța energetică a clădirilor (EPBD) și inițiative precum Agenda urbană pentru UE promovează integrarea acoperișurilor verzi pentru a spori eficiența energetică și reziliența urbană. Programele de finanțare ale UE, cum ar fi Orizont 2020 și programul LIFE, sprijină cercetarea și inovarea în domeniul tehnologiilor pentru acoperișuri verzi, reflectând tendințele globale către practici de construcție durabile. La nivel mondial, orașele din diverse regiuni adoptă acoperișuri verzi pentru a atenua efectele insulelor de căldură urbane, pentru a îmbunătăți calitatea aerului și pentru a gestiona scurgerea apelor pluviale. Universitățile și instituțiile de cercetare la nivel global contribuie la avansarea tehnologiilor de acoperișuri verzi, asigurând alinierea la obiectivele globale de dezvoltare urbană durabilă și de gestionare a mediului.

8. Vegetație pentru acoperișuri verzi

Selecția vegetației este un aspect critic al proiectării acoperișurilor verzi, deoarece determină performanța generală, estetica și beneficiile ecologice ale sistemului. Acoperișurile verzi pot susține o mare varietate de specii de plante, de la sedumuri cu întreținere redusă până la ierburi native, flori sălbatice, ierburi, arbuști și chiar copaci mici. Alegerea vegetației depinde de factori precum clima, expunerea la lumina soarelui, adâncimea solului, disponibilitatea irigațiilor și cerințele de întreținere. În cele ce urmează, sunt explorate caracteristicile, beneficiile și considerațiile pentru diferitele tipuri de plante utilizate în mod obișnuit în sistemele de acoperiș verde.

a. Sedumuri (*Sedum spp.*):

Sedumurile sunt una dintre cele mai populare și utilizate pe scară largă specii de plante în acoperișurile verzi datorită adaptabilității lor, toleranței la secetă și cerințelor reduse de întreținere. Aceste plante suculente sunt potrivite pentru mediul dur de pe acoperiș, cu sisteme de rădăcini superficiale și frunze care stochează apă care le permit să prospere în condiții uscate și însorite. Sedumurile vin într-o varietate de culori, texturi și obiceiuri de creștere, făcându-le versatile pentru a crea peisaje de acoperiș verde atrăgătoare din punct de vedere vizual. Speciile comune de sedum utilizate pe acoperișurile verzi includ *Sedum acre*, *Sedum album*, *Sedum spurium* și *Sedum reflexum*. Sedumurile sunt de obicei plantate pe acoperișuri verzi extinse, cu adâncimi mici de sol, unde pot forma covorașe dense de frunziș care oferă habitat pentru insecte și animale sălbatice, reduc scurgerea apelor pluviale și îmbunătățesc izolarea termică.

b. Ierburi (*Festuca spp.*, *Carex spp.*, *Poa spp.*):

Ierburile sunt o altă alegere populară pentru acoperișurile verzi, oferind o estetică naturalistă, stabilizarea solului și habitat pentru viața sălbatică. Speciile de iarbă nativă, cum ar fi *Festuca rubra* (păiuș roșu), *Carex flacca* (rogoz albastru) și *Poa pratensis* (iarbă albastră din Kentucky) sunt utilizate în mod obișnuit în instalațiile de acoperiș verde, deoarece sunt bine adaptate la condițiile climatice locale și necesită întreținere minimă. Ierburile au sisteme radiculare fibroase care ajută la prevenirea eroziunii solului și promovează infiltrarea apei, făcându-le ideale pentru acoperișuri verzi extinse cu adâncimi reduse ale solului. În plus, ierburile oferă habitat și hrană pentru păsări, insecte și alte animale sălbatice, contribuind la conservarea biodiversității în mediile urbane.

c. Flori sălbatice (*Achillea* spp., *Centaurea* spp., *Geranium* spp.):

Florile sălbatice sunt apreciate pentru frumusețea, biodiversitatea și beneficiile ecologice în acoperișurile verzi. Aceste plante cu flori native sau adaptate oferă hrană și habitat pentru polenizatori, cum ar fi albinele, fluturii și păsările colibri, sporind biodiversitatea urbană și rezistența ecosistemelor. Speciile comune de flori sălbatice utilizate pe acoperișurile verzi includ *Achillea millefolium* (coada șoricelului), *Centaurea cyanus* (floarea de porumb) și *Geranium sanguineum* (cocoră sângheroasă). Florile sălbatice sunt de obicei plantate pe acoperișuri verzi semi-intensive sau intensive, cu profiluri de sol mai adânci, unde pot stabili sisteme radiculare robuste și pot produce flori colorate pe tot parcursul sezonului de creștere. Încorporarea unui amestec divers de flori sălbatice în acoperișurile verzi promovează sănătatea polenizatorilor, îmbunătățește atractivitatea estetică și contribuie la funcția ecologică generală.

d. Ierburi (*Thymus* spp., *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula* spp.):

Ierburile sunt apreciate pentru proprietățile lor culinare, medicinale și aromatice, precum și pentru valoarea lor ornamentală în acoperișurile verzi. Specii precum *Thymus serpyllum* (cimbru târâtor), *Rosmarinus officinalis* (rozmarin) și *Lavandula angustifolia* (lavandă engleză) sunt potrivite pentru condițiile uscate și însorite ale acoperișurilor verzi, necesitând apă și întreținere minime. Ierburile au sisteme radiculare superficiale și obiceiuri de creștere compacte care le permit să prospere în containere sau adâncimi de sol reduse, făcându-le potrivite pentru acoperișuri verzi extinse. Pe lângă utilizările lor culinare și aromatice, ierburile atrag insecte benefice, cum ar fi albinele și fluturii, susțin biodiversitatea locală și oferă interes sezonier cu frunzișul și florile lor parfumate.

e. Arbuști (*Arctostaphylos uva-ursi*, *Juniperus* spp., *Cotoneaster* spp.):

Arbuștii sunt plante mai mari, lemnoase, care adaugă structură, înălțime și diversitate de habitat peisajelor de acoperiș verde. Specii precum *Arctostaphylos uva-ursi* (ursul), *Juniperus communis* (ienupăr comun) și *Cotoneaster horizontalis* (cotoneaster de stâncă) sunt utilizate în mod obișnuit în instalațiile de acoperiș verde pentru cerințele lor de întreținere redusă, toleranța la secetă și interesul pe tot parcursul anului. Arbuștii sunt de obicei plantați pe acoperișuri verzi semi-intensive sau intensive, cu profiluri de sol mai adânci, unde pot stabili sisteme radiculare extinse și pot oferi habitat pentru păsări și mamifere mici. Încorporarea arbuștilor în acoperișurile verzi îmbunătățește biodiversitatea, îmbunătățește atractivitatea estetică și contribuie la serviciile ecosistemice, cum ar fi purificarea aerului, gestionarea apelor pluviale și reglarea climei.

f. Copaci (*Acer* spp., *Betula* spp., *Malus* spp.):

Copacii sunt cel mai mare și mai de impact tip de vegetație pe acoperișurile verzi, oferind umbră, habitat și servicii ecosistemice la o scară mai mare. Specii precum *Acer palmatum* (arțar japonez), *Betula pendula* (mesteacăn argintiu) și *Malus domestica* (măr) sunt uneori folosite în acoperișuri verzi intensive sau grădini de pe acoperiș, unde adâncimea solului și suportul structural permit creșterea copacilor. Copacii oferă numeroase beneficii în acoperișurile verzi, inclusiv sechestrarea carbonului, purificarea aerului, reglarea temperaturii și îmbunătățirea estetică. Cu toate acestea, dimensiunile lor mari, sistemele de rădăcini adânci și cerințele de întreținere le fac dificil de încorporat în proiectele de acoperișuri verzi, necesitând o analiză atentă a integrității structurale, a sarcinii greutății și a managementului pe termen lung.

În concluzie, acoperișurile verzi pot susține o gamă diversă de tipuri de vegetație, fiecare cu propriile caracteristici, beneficii și considerații unice. De la sedumuri cu întreținere redusă la copaci falnici, selecția vegetației în acoperișurile verzi depinde de factori precum clima, condițiile amplasamentului, cerințele de întreținere și obiectivele proiectului. Prin alegerea și integrarea cu atenție a unui amestec divers de specii de plante, acoperișurile verzi își pot maximiza potențialul ecologic, estetic și funcțional, contribuind la biodiversitatea urbană, rezistența la schimbările climatice și sustenabilitatea.

9 . Acoperișuri verzi și izolație termică a clădirilor

Acoperișurile verzi joacă un rol semnificativ în izolarea termică, oferind numeroase beneficii care contribuie la eficiența energetică, confort și sustenabilitate în clădiri. Proprietățile de izolare termică ale acoperișurilor verzi sunt atribuite mai multor factori, inclusiv straturilor de vegetație, sol și materiale de drenaj care formează ansamblul acoperișului, precum și capacității vegetației de a regla transferul de căldură prin evapotranspirație, umbrire și masă termică. În cele ce urmează sunt enumerate mecanismele prin care acoperișurile verzi asigură izolarea termică și impactul acestora asupra performanței energetice a clădirilor.

1. Straturi de acoperiș verde:

Acoperișurile verzi constau de obicei din mai multe straturi, inclusiv o membrană hidroizolantă, un strat de drenaj, un mediu de creștere (sol sau substrat) și vegetație. Fiecare strat contribuie la performanța termică a ansamblului acoperișului prin adăugarea de izolație, reglarea nivelului de umiditate și reducerea transferului de căldură. Membrana hidroizolantă previne infiltrarea apei în clădire, protejând structura de deteriorarea umezelii și a pierderilor de căldură. Stratul de drenaj facilitează scurgerea apei și previne înmuierea, asigurând un drenaj adecvat și prevenind pierderile de căldură prin acumularea de apă. Mediul de cultură acționează ca o barieră termică, oferind izolație suplimentară și masă termică pentru a regla fluctuațiile de temperatură. În cele din urmă, stratul de vegetație umbrește suprafața acoperișului, absoarbe radiațiile solare și eliberează umezeala prin evapotranspirație, reducând și mai mult câștigul de căldură și sporind confortul termic în interior.

2. Proprietățile de izolare ale mediului de creștere:

Mediul de creștere sau substratul de sol utilizat în acoperișurile verzi joacă un rol crucial în asigurarea izolației termice. Substraturile de acoperiș verde sunt de obicei ușoare și poroase, cu conținut ridicat de aer și conductivitate termică scăzută, ceea ce ajută la captarea căldurii și la minimizarea transferului de căldură prin ansamblul acoperișului. Proprietățile de izolare ale mediului de cultură depind de factori precum dimensiunea particulelor, conținutul de umiditate și conținutul de materie organică. Agregatele ușoare, cum ar fi argila expandată, perlitul sau piatra ponce sunt utilizate în mod obișnuit în substraturile de acoperiș verde pentru a îmbunătăți izolația, reducând în același timp greutatea pe structura clădirii. În plus, compoziția și adâncimea mediului de cultură influențează

rezistența termică și capacitatea de a reține căldura, substraturile mai adânci oferind o izolație și o masă termică mai mari.

3. Evapotranspirație și efect de răcire:

Unul dintre mecanismele cheie prin care acoperișurile verzi oferă izolație termică este prin evapotranspirație, procesul combinat de evaporare a apei din sol și transpirație din frunzele plantelor. Evapotranspirația răcește suprafața verde a acoperișului prin absorbția energiei termice din mediul înconjurător și transformarea acesteia în căldură latentă, reducând astfel temperaturile acoperișului și atenuând transferul de căldură în clădire. Efectul de răcire al evapotranspirației este deosebit de pronunțat în zilele fierbinți și însorite, când acoperișurile verzi pot scădea semnificativ temperaturile suprafeței în comparație cu materialele convenționale pentru acoperișuri. Acest efect de răcire nu numai că reduce nevoia de aer condiționat și sisteme de răcire mecanică, dar îmbunătățește și confortul termic în interior, creând un mediu de viață mai plăcut și mai locuibil pentru ocupanții clădirii.

4. Umbrire și reflectanță solară:

Stratul de vegetație al acoperișurilor verzi oferă umbrire și reduce absorbția radiației solare, minimizând astfel câștigul de căldură prin suprafața acoperișului. Vegetația verde a acoperișului absoarbe și reflectă o parte din radiația solară primită, în special în spectrul vizibil și infraroșu apropiat, ceea ce ajută la scăderea temperaturii acoperișului și la reducerea stresului termic asupra anvelopei clădirii. Efectul de umbrire al acoperișurilor verzi este deosebit de benefic în zonele urbane cu niveluri ridicate de expunere solară și efecte de insulă de căldură, unde materialele convenționale pentru acoperișuri pot absorbi și reține căldura, ceea ce duce la creșterea consumului de energie și a temperaturilor interioare. Prin umbrirea suprafeței acoperișului, acoperișurile verzi reduc câștigul de căldură solară, îmbunătățesc eficiența energetică și prelungesc durata de viață a materialelor de acoperiș prin minimizarea expansiunii și contracției termice.

5. Masa termică și stocarea căldurii:

Acoperișurile verzi acționează ca mase termice, absorbind și stocând energia termică în timpul zilei și eliberând-o încet noaptea, moderând astfel fluctuațiile de temperatură și reducând întârzierea termică în clădiri. Substratul solului și vegetația acoperișurilor verzi au o capacitate termică ridicată, permițându-le să absoarbă excesul de căldură în timpul expunerii solare de vârf și să o elibereze

treptat în timp, ceea ce ajută la stabilizarea temperaturilor interioare și la reducerea sarcinilor de încălzire și răcire. Acest efect tampon termic este deosebit de benefic în climatele cu variații mari de temperatură diurnă, unde acoperișurile verzi pot ajuta la menținerea unui mediu interior confortabil și stabil pe tot parcursul anului. În plus, masa termică a acoperișurilor verzi poate reduce temperaturile extreme în zonele urbane, atenuând efectele insulelor de căldură și îmbunătățind condițiile generale ale microclimatului urban.

6. Economii de energie și performanța clădirii:

Proprietățile de izolare termică ale acoperișurilor verzi au ca rezultat economii semnificative de energie pentru clădiri prin reducerea sarcinilor de încălzire și răcire, îmbunătățirea confortului interior și îmbunătățirea performanței generale a clădirii. Studiile au arătat că acoperișurile verzi pot reduce consumul de energie al clădirilor pentru încălzire și răcire cu până la 30%, în funcție de factori precum clima, designul clădirii și densitatea vegetației. Prin izolarea ansamblului acoperișului, acoperișurile verzi ajută la reglarea temperaturii interioare, minimizează pierderile de căldură în timpul iernii și previn câștigul de căldură vara, ceea ce duce la facturi mai mici la energie, emisii de carbon reduse și o calitate îmbunătățită a aerului din interior. În plus, acoperișurile verzi contribuie la programele de certificare a clădirilor, cum ar fi LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) prin îmbunătățirea eficienței energetice și a indicatorilor de sustenabilitate, făcându-le o investiție valoroasă atât pentru construcții noi, cât și pentru proiectele de modernizare.

În concluzie, acoperișurile verzi oferă o izolare termică eficientă prin încorporarea straturilor de vegetație, substrat de sol și materiale de drenaj care reglează transferul de căldură, reduc câștigul de căldură solară și sporesc confortul termic în interior. Prin mecanisme precum evapotranspirația, umbrirea și masa termică, acoperișurile verzi oferă economii semnificative de energie, îmbunătățesc performanța clădirilor și contribuie la dezvoltarea urbană durabilă. Pe măsură ce orașele continuă să se lupte cu schimbările climatice, efectele insulelor de căldură urbane și creșterea cererii de energie, acoperișurile verzi oferă o soluție durabilă pentru a atenua stresul termic, a reduce consumul de energie și a crea medii construite mai sănătoase și mai rezistente pentru generațiile actuale și viitoare.

9.1. Evaluarea impactului acoperișurilor verzi asupra consumului de energie al clădirilor și a confortului termic interior (Va fi realizat de Enrique UCA, pe progres)

1. Despre "EnergyPlus"¹

Un model bazat pe fizic al bilanțului energetic al unui acoperiș cu vegetație a fost dezvoltat și integrat în programul de simulare energetică a clădirii EnergyPlus. Acest modul de acoperiș verde permite modelatorului de energie să exploreze opțiunile de proiectare a acoperișului verde, inclusiv mediul de creștere (sol), proprietățile termice și adâncimea și caracteristicile vegetației, cum ar fi tipul plantei, înălțimea și indicele de suprafață a frunzelor (densitatea vegetației). Modelul a fost testat cu succes folosind observații de pe un acoperiș verde monitorizat din Florida. Prin urmare, este evident că modelul de acoperiș verde poate juca un rol valoros în informarea deciziilor de proiectare a acoperișului verde.

Modelul acoperișului verde ține cont de schimbul radiativ cu unde lungi și unde scurte în interiorul coronamentului plantei; efectele coronamentului plantelor asupra transferului de căldură convectiv; evapotranspirație din sol și plante; conducerea căldurii (și depozitarea) în stratul de sol; și proprietăți termice dependente de umiditate. Rezolvă simultan suprafața solului și temperatura frunzelor la fiecare pas.

Utilizatorul poate accepta valorile implicite sau poate specifica diverși parametri ai construcției acoperișului verde, inclusiv adâncimea mediului de creștere, proprietățile termice, densitatea coronamentului plantelor, înălțimea plantei, conductanța stomatică (capacitatea de a transpira umezeala) și condițiile de umiditate a solului (inclusiv irigații și precipitații). În prezent, efectele stratului de drenaj și ale membranelor de protecție nu sunt luate în considerare în mod explicit în modulul de acoperiș verde și trebuie modelate separat.

Cele mai importante caracteristici ale mediului de creștere sunt conductivitatea termică, capacitatea termică specifică și densitatea. Caracteristicile vegetației care sunt cele mai importante din punct de vedere al impactului asupra transferului de căldură prin acoperiș sunt înălțimea, indicele de suprafață a frunzelor (LAI), acoperirea fracționată, albedo și rezistența stomatică. LAI este o reprezentare a

¹ <https://energyplus.net/>

acoperirii zonei de formă plană a frunzelor. Dacă parcela medie a suprafeței acoperișului este sub două frunze, LAI corespunzător este 2. Acoperirea vegetativă fracționată reprezintă fracțiunea de suprafață a acoperișului care este acoperită direct de una sau mai multe frunze. Albedo este reflectivitatea suprafeței față de energia solară incidentă la suprafață. În cele din urmă, rezistența stomatică este un parametru biofizic care guvernează rata cu care planta poate transpira umezeala prin stomatele frunzelor pentru o anumită stare de mediu

Analiza bugetului energetic urmează modelul de rezistență rapidă a solului pentru toate anotimpurile (FASST) dezvoltat de Frankenstein și Koenig [6,7] pentru Corpul de Ingineri al Armatei SUA. FASST a fost dezvoltat, în parte, pentru a determina capacitatea solurilor de a susține vehiculele cu și fără pilot și mișcarea personalului. Pentru a realiza acest lucru, totuși, FASST urmărește echilibrul energetic și de umiditate (inclusiv gheață și zăpadă) dintr-un sol cu vegetație. Este un model unidimensional care se inspiră în mare măsură din alte modele de baldachin al plantelor, inclusiv Liliecii [8] și SiB [9]. Modelul EnergyPlus se bazează pe FASST cu doar câteva modificări pentru a-l adapta pentru utilizarea cu un strat de sol relativ subțire.

2. Despre "TRNSYS"

Recent, TESS a inclus în biblioteca sa pentru programul TRNSYS un model de acoperiș verde (număr de tip 785), care este disponibil la comandă. Această componentă modelează un acoperiș verde care poate fi implementat cu Type56 (TRNBuild). Bilanțurile energetice pentru porțiunile cu vegetație și fără vegetație ale acoperișului sunt calculate simultan, astfel încât nivelul de vegetație să poată varia pe parcursul anului.

10. Acoperișuri verzi 5.0: împotriva schimbărilor climatice

În fața schimbărilor climatice, progresele moderne și recente în tehnologia acoperișurilor verzi au apărut ca instrumente cruciale pentru atenuarea efectelor acestora. Acoperișurile verzi au evoluat de la simple acoperiri cu vegetație la sisteme sofisticate concepute pentru a combate provocările de mediu generate de încălzirea globală. Cu beneficiile lor multiple, de la sechestrarea carbonului până la reducerea insulelor de căldură urbane, acoperișurile verzi contemporane, adesea denumite Green Roofs 5.0, sunt în fruntea strategiilor de dezvoltare urbană durabilă. În cele ce urmează, sunt explorate caracteristicile inovatoare, principiile științifice și aplicațiile din lumea reală ale Green Roofs 5.0, care elucidează modul în care acestea pot contracara eficient schimbările climatice și pot promova orașe reziliente și locuibile.

1. Tehnici avansate de izolare:

Green Roofs 5.0 integrează tehnologii de izolare de ultimă oră pentru a-și îmbunătăți performanța termică și eficiența energetică. Materialele inovatoare, cum ar fi aerogelurile, materialele cu schimbare de fază (PCM) și panourile de izolare în vid (VIP) sunt încorporate în ansamblurile de acoperiș verde pentru a minimiza transferul de căldură prin anvelopa clădirii. Aerogelurile, cunoscute pentru conductivitatea lor termică ultra-scăzută, oferă proprietăți superioare de izolare, menținând în același timp greutatea și flexibilitatea, făcându-le ideale pentru aplicațiile de acoperiș verde. PCM-urile, care absorb și eliberează energie termică în timpul tranzițiilor de fază, stabilizează temperaturile interioare prin reglarea fluxului de căldură prin structura acoperișului. VIP-urile, formate din panouri evacuate cu presiune extrem de scăzută a gazului, oferă niveluri ridicate de izolație cu grosime minimă, maximizând utilizarea spațiului și reducând costurile de construcție. Prin integrarea acestor tehnici avansate de izolare, Green Roofs 5.0 reduce eficient sarcinile de încălzire și răcire, rezultând economii de energie și emisii de carbon reduse.

2. Sisteme de irigare receptivă la climă:

Green Roofs 5.0 utilizează sisteme sofisticate de irigare echipate cu senzori și controlere sensibile la climă pentru a optimiza utilizarea apei și pentru a spori rezistența vegetației în condiții de mediu în schimbare. Aceste tehnologii inteligente de irigare utilizează prognozele meteo, senzorii de umiditate a solului și modelele de evapotranspirație pentru a ajusta dinamic programele de udare și volumele de irigare. Prin sincronizarea irigării cu modelele meteorologice predominante și cerințele de apă ale

plantelor, Green Roofs 5.0 minimizează risipa de apă, previne udarea excesivă sau insuficientă și promovează creșterea sănătoasă a plantelor. În plus, irigarea prin picurare, covorașele capilare și sistemele de irigare subterană livrează apă direct în zona rădăcinii, minimizând scurgerea de suprafață și pierderile prin evaporare. Sistemele de colectare a apei de ploaie și de reciclare a apelor gri completează și mai mult alimentarea cu apă de irigare, reducând dependența de sursele de apă potabilă și îmbunătățind eficiența generală a apei. Prin managementul inteligent al irigației, Green Roofs 5.0 asigură viabilitatea pe termen lung și funcționalitatea ecologică a ecosistemelor de acoperișuri verzi, chiar și în fața variabilității climatice și a deficitului de apă.

3. Selecția dinamică a vegetației: Green Roofs 5.0 încorporează strategii dinamice de selecție a vegetației pentru a optimiza biodiversitatea, serviciile ecosistemice și rezistența la schimbările climatice. Folosind principii ecologice, cum ar fi compoziția comunității de plante, diversitatea funcțională și capacitatea de adaptare, aceste acoperișuri verzi sunt concepute pentru a susține diverse ansambluri de specii de plante native și adaptate, capabile să prospere într-un climat în schimbare. Selecția speciilor ia în considerare factori precum toleranța la secetă, rezistența la căldură, toleranța la poluanți și variabilitatea sezonieră, asigurând acoperirea vegetației pe tot parcursul anului și funcționalitatea ecologică. În plus, Green Roofs 5.0 folosește sisteme modulare de plantare și covorașe pre-vegetative pentru a facilita instalarea rapidă, a minimiza șocul de transplant și a promova stabilirea vegetativă. Prin promovarea comunităților de plante diverse și reziliente, Green Roofs 5.0 îmbunătățește sechestrarea carbonului, îmbunătățirea calității aerului, gestionarea apelor pluviale și furnizarea de habitate, contribuind astfel la eforturile de atenuare a schimbărilor climatice și de adaptare în mediile urbane.

4. Integrare solară fotovoltaică: Green Roofs 5.0 îmbrățișează integrarea panourilor solare fotovoltaice (PV) pentru a îmbunătăți generarea de energie, neutralitatea carbonului și rezistența la schimbările climatice. Combinarea acoperișurilor verzi cu panourile solare fotovoltaice maximizează utilizarea productivă a spațiului de pe acoperiș, valorificând atât energia solară, cât și acoperirea vegetală pentru a compensa consumul de energie al clădirilor și pentru a reduce emisiile de gaze cu efect de seră. Sistemele fotovoltaice integrate în clădire (BIPV) sunt integrate perfect în ansamblurile de acoperișuri verzi, oferind beneficii duble de generare de energie regenerabilă și izolare termică. Mai mult, sistemele agrivoltaice, care combină agricultura cu producția de energie solară, valorifică efectele de umbră și răcire ale acoperișurilor verzi pentru a spori randamentul culturilor și a atenua

stresul termic al plantelor. Prin integrarea inovatoare a fotovoltaice, Green Roofs 5.0 exemplifică sinergia dintre tehnologiile de energie regenerabilă și infrastructura verde, avansând tranziția către orașe neutre din punct de vedere al emisiilor de carbon și rezistente la schimbările climatice.

5. Monitorizare și optimizare bazată pe date:

Green Roofs 5.0 utilizează tehnici de monitorizare și optimizare bazate pe date pentru a evalua continuu performanța, a identifica oportunități de îmbunătățire și a se adapta la condițiile climatice în evoluție. Folosind rețele de senzori, tehnologii de teledetecție și sisteme de management al clădirilor, aceste acoperișuri verzi colectează date în timp real despre parametrii de mediu, cum ar fi temperatura, umiditatea, radiațiile solare și sănătatea plantelor. Algoritmii de învățare automată și analiza predictivă analizează aceste date pentru a optimiza funcționarea, întreținerea și performanța acoperișului verde. Sistemele automate ajustează parametrii de irigare, ventilație, umbrire și izolare ca răspuns la prognozele meteo, cererea de energie și dinamica vegetației, asigurând o funcționare optimă în diverse scenarii climatice. În plus, simulările de gemeni digitali și modelarea scenariilor permit planificatorilor, proiectanților și managerilor de clădiri să exploreze impactul potențial al schimbărilor climatice și să evalueze strategiile de adaptare în mod proactiv. Prin valorificarea puterii datelor și a analizei, Green Roofs 5.0 permite părților interesate să ia decizii informate, să optimizeze alocarea resurselor și să sporească reziliența climatică în mediul construit.

În concluzie, Green Roofs 5.0 reprezintă o schimbare de paradigmă în proiectarea durabilă a clădirilor și a rezilienței urbane, valorificând inovația, tehnologia și principiile ecologice pentru a combate schimbările climatice. Prin tehnici avansate de izolare, sisteme de irigare adaptate la climă, selecție dinamică a vegetației, integrare solară fotovoltaică și monitorizare bazată pe date, aceste acoperișuri verzi exemplifică următoarea frontieră în infrastructura verde. Prin integrarea acestor caracteristici inovatoare, acoperișurile verzi 5.0 au potențialul de a atenua efectele insulelor de căldură urbane, de a reduce consumul de energie, de a spori biodiversitatea și de a promova adaptarea la schimbările climatice în orașele din întreaga lume. Pe măsură ce schimbările climatice continuă să reprezinte provocări semnificative mediilor urbane, Green Roofs 5.0 oferă o soluție cu mai multe fațete care combină funcționalitatea ecologică cu inovația tehnologică, deschizând calea pentru un viitor mai durabil și mai rezistent

10.1. Evaluarea impactului acoperișurilor verzi asupra microclimatului urban

1. ENVI-met:

Disponibil pe www.envi-met.com. Dezvoltat de Prof. Dr. Michael Bruse & Team, Environmental Modeling Group, Inst. of Geography, University of Mainz (Germania). Acesta este un model de microclimat tridimensional conceput pentru a simula interacțiunile suprafață-plantă-aer în medii urbane, cu o rezoluție tipică de 0,5 până la 10 metri distanță și 10 secunde în timp. Domeniile tipice de aplicare, pentru a numi câteva, sunt climatologia urbană, arhitectura, proiectarea clădirilor și planificarea mediului.

Permite analiza interacțiunilor la scară mică între designul urban și microclimat. Modelul combină calculul parametrilor dinamicii fluidelor, cum ar fi fluxul vântului sau turbulențele, cu procesele termodinamice care au loc pe suprafața solului, pe pereți și acoperișuri sau în plante. Modelul poate simula geometrii complicate, cum ar fi terase, balcoane sau încăperi complexe. Modelul include simularea de: fluxul în jurul și între clădiri, procesele de schimb de căldură și vapori cu suprafața solului (teren) și cu pereții, turbulențele, schimbul cu vegetația și parametrii vegetației, bioclimatologia și dispersia contaminanților.

- Modelul de calcul include: fluxurile de radiații cu unde scurte și lungi în ceea ce privește umbrirea, reflexia și reradierea de la sistemele de construcție și vegetația, transpirația, evaporarea și fluxurile de căldură sensibile de la vegetație la aer, inclusiv simularea completă a tuturor parametrilor fizici ai plantelor (de exemplu, rata de fotosinteză, temperatura suprafeței și a pereților pentru fiecare punct de rețea și perete, schimbul de căldură și masă (apă) în sol; calculul parametrilor biometeorologici, cum ar fi temperatura medie radiantă sau valoarea votului mediu prevăzut (PMV) al lui Fanger, dispersia gazelor inerte și a particulelor, inclusiv sedimentarea particulelor de pe frunze și suprafețe, clădiri, vegetație, sol/suprafețe și surse de contaminanți pot fi introduse în zona modelului. Pe lângă sursele naturale și artificiale, modelul este capabil și să trateze corpurile de apă.

ENVI-met este un software de modelare a microclimatului urban de înaltă rezoluție care vă permite să simulați mediile urbane și să analizați impactul pe care îl are un anumit design urban și arhitectural asupra microclimatului urban sau mediului exterior, permițând proiectarea unor clădiri eficiente în zone urbane. Pentru a simula comportamentul dinamic al sistemului microclimatic complex, acest instrument folosește o abordare holistică în care toate fenomenele sau procesele care interacționează sunt integrate, interconectate și simulate împreună într-un singur model 3D detaliat. Acest model

microclimatic 3D ne permite să simulăm interacțiuni la scară mică suprafață-plantă-aer care au loc într-un mediu urban la scară micro cu o rezoluție orizontală tipică de la 0,5 la 10 m, un interval de timp tipic de 24 până la 48 de ore și un pas de timp de la 1 la 5 secunde.

Modelul de simulare include: dinamica atmosferică, fluxul în jurul și între clădiri prin utilizarea CFD-urilor, procese de schimb la suprafața solului și la pereții clădirilor (inclusiv hidrologia solului), fizica clădirilor (simularea energiei clădirilor, climatul interior al clădirilor), impactul vegetației microclimatului local, bioclimatologia și dispersia poluanților. Modelul este în continuă dezvoltare, iar utilizatorul poate găsi o descriere sumară a diferitelor versiuni și cele mai recente actualizări pe site-ul său. În plus față de versiunea gratuită (ENVI-met Standard), există o versiune profesională cu module de analiză suplimentare și o versiune expert cu funcții avansate de modelare, deși această ultimă versiune este disponibilă numai în cadrul activității de consultanță a echipei ENVI-met. În plus, dezvoltatorii pot oferi o gamă largă de module de simulare personalizate și specializate în funcție de cerințele specifice de proiectare, oferind chiar suport pentru cele mai bune strategii de optimizare a unui anumit design. Pe site, utilizatorul poate găsi o colecție largă de tutoriale, întrebări frecvente și informații utile despre program și utilizarea acestuia, precum și articole și publicații de cercetare legate de program. Programul NU este Open Source.

2. SOLENE-microclimate:

SOLENE este un instrument de simulare numerică 3D care a fost dezvoltat inițial de laboratorul CERMA pentru a evalua procesele de radiații care au loc în mediile urbane. Ulterior, au fost adăugate modele suplimentare care au extins domeniul de aplicare al instrumentului, astfel încât în prezent instrumentul SOLENE-microclimate [15] are scopul de a permite evaluarea și cuantificarea impactului direct și indirect pe care microclimatul originar dintr-un mediu urban îl are asupra:

- Confort termic în medii exterioare.
- Sarcinile termice ale unei anumite clădiri din mediu.

Prin utilizarea acestui instrument, este apoi posibilă evaluarea și cuantificarea impactului pe care diferite soluții de atenuare a climei urbane îl au asupra confortului și sarcinilor termice ale clădirii. Modelele dezvoltate și implementate în microclimatul SOLENE care permit această evaluare sunt următoarele:

- Modele pentru determinarea condițiilor microclimatice din mediu:
- Radiația solară
- Schimburi de radiații cu unde lungi cu mediul

- Schimburi de radiații cu unde lungi cu mediul
- Transmisie prin teren
- Convecție între suprafețe și aer
- Evapotranspirație pe suprafețe naturale (vegetație)
- Evaporarea în mase sau foi de apă
- Căldură antropică (numai surse datorate sistemelor de condiționare)
- Mișcarea aerului (câmp de viteză a aerului)
- Model de confort termic
- Model de comportament termic al clădirii (calculul sarcinilor termice și al temperaturii în oscilație liberă pentru o clădire din domeniul studiat)

Au fost implementate mai multe modele de vegetație, cum ar fi modele pentru vegetația înaltă, cum ar fi copacii, și vegetația de înălțime joasă și medie, cum ar fi fațadele sau acoperișurile verzi [6]. Integrarea acestor modele în instrument permite evaluarea interacțiunii vegetației cu mediul și studiul, de exemplu, a influenței unor parametri specifici asupra consumului de energie al clădirilor. O comparație a rezultatelor obținute pentru fațadele verzi cu datele experimentale a fost efectuată de [15].

Impactul vegetației asupra mediului este luat în considerare prin:

- Umbre proiectate (în cazul vegetației înalte)
- Schimbul radiant cu unde lungi cu restul suprafețelor înconjurătoare
- Convecție cu aerul înconjurător
- Evapotranspirație Pierderea presiunii în mișcarea aerului (vegetația de mare altitudine este considerată un mediu poros)

Vegetația de mare altitudine este considerată în model ca o celulă volumetrică. Prin urmare, nu este luat în considerare doar în modelul termic SOLENE-microclimate, ci și în modelul CFD, pentru a evalua efectul său asupra mișcării aerului. Dimpotrivă, vegetația de înălțime mică și medie este considerată o celulă de suprafață și, în consecință, este luată în considerare doar în modelul termic (balanț termic de suprafață). Evident, în ambele cazuri, există o cuplare între modelul termic SOLENE-microclimate și modelul CFD.

11. GREENO2 Studii de caz

11.1. Studiu de caz în Italia

Studiul de caz ilustrativ prezentat aici se concentrează pe acoperișul polder, un acoperiș albastru-verde (BGR) creat de compania MetroPolder cu sediul în Olanda. Acest pilot experimental BGR este situat în situl de cercetare hidrologică al Universității din Tuscia din Italia Centrală, accesibil la www.mechydrolab.org și descris în Figura 4. Ridicat la 90 cm deasupra solului pe o structură din lemn, acoperișul acoperă o suprafață totală de 16 m² (4 m × 4 m). Se compune dintr-un strat de depozitare de 8 cm și 10 cm de sol. Supapa inteligentă, poziționată la o înălțime fixă de 7 cm, reprezintă capacitatea maximă de retenție pentru BGR-ul specific sub observație.

Această capacitate de retenție predeterminată permite evaluarea performanței BGR într-un climat mediteranean, caracterizat de o cerere ridicată de apă în perioadele secetoase. Vegetația de pe acoperiș include *Sedum album* și *Sedum acre*. Setul de date utilizat în acest studiu se întinde pe o perioadă cuprinsă între 30 octombrie 2020 și 31 decembrie 2022. Obiectivele principale ale acestei secțiuni sunt următoarele:

- Prezentarea performanței hidrologice a BGR examinat, luând în considerare întreaga serie de precipitații și la scara evenimentelor de precipitații individuale.
- Prezentarea performanței termice a BGR, luând în considerare datele de rezoluție de 5 minute pentru anul 2021 comparativ cu un acoperiș de referință.



Figura 4. Studiul de caz BGR din Viterbo (Italia Centrală)

Performanța hidrologică a BGR este strâns legată de managementul operațional al supapei inteligente, care a fost setată în mod constant la o înălțime de 7 cm pe toată perioada de observație. Această înălțime corespunde capacității maxime de stocare a apei pentru BGR specificat. În perioada 30 august 2020 – 31 decembrie 2022, precipitațiile cumulate înregistrate au fost de 1779 mm, cu o scurgere cumulată de 585 mm. Nu au fost observate cazuri de ninsori în acest interval de investigație. Defalcând cantitățile de precipitații cumulate, din 30 august 2020 până la 31 decembrie 2020, precipitațiile cumulate observate au fost de 527,3 mm. Precipitațiile anuale cumulate au crescut la 706 mm în 2021, dar au scăzut la 546 mm în 2022. Aceste valori scad în mod semnificativ sub media precipitațiilor cumulate înregistrate în Viterbo din 1916, care se ridică la 810 mm. Anul 2022, în special, a fost martorul unor condiții de secetă severă.

În ceea ce privește scurgerile BGR, valorile cumulate au fost de 198 mm de la 30 august 2020 până la 31 decembrie 2020, urmate de 283 mm în 2021 și 103,5 mm în 2022. Rata de retenție a apelor pluviale (SRR) calculată pentru întreaga perioadă a fost de 67,1%, cu rate specifice de 62,3% de la 30 august 2020 până la 31 decembrie 2020, 59,8% în 2021 și o creștere notabilă la 81% în 2022. Variația considerabilă a SRR între 2021 și 2022 poate fi atribuită adâncimii anuale reduse a precipitațiilor în 2022 (-22%), ceea ce a dus la condiții mai uscate în BGR. În consecință, există un volum de vid crescut capabil să rețină apele pluviale. Consultați Figura 5 pentru o reprezentare vizuală

a precipitațiilor observate și a seriei de timp de scurgere BGR.

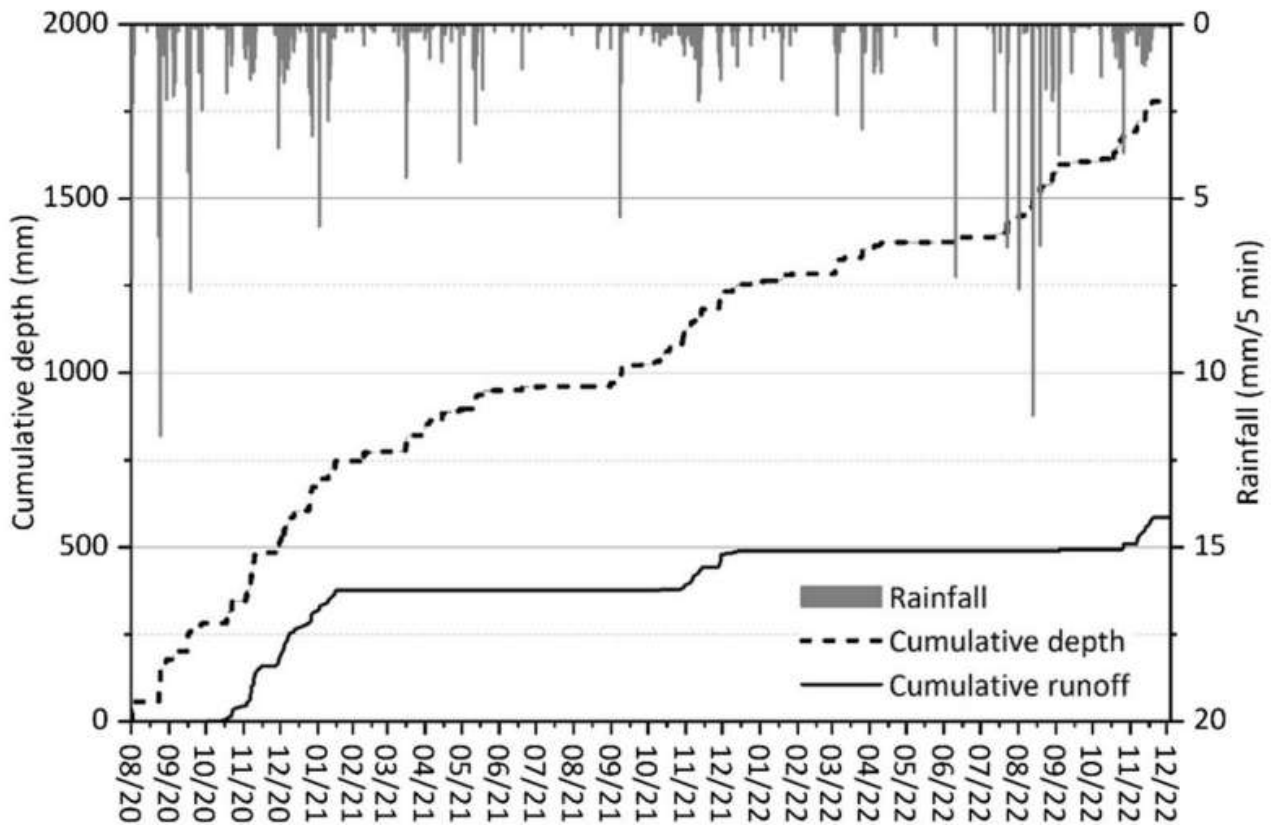


Figura 5. Seriile de timp ale precipitațiilor, adâncimea cumulată a precipitațiilor și seriile de timp cumulative ale adâncimii de scurgere BGR la o rezoluție de timp de 5 minute pentru întreaga perioadă de observație.

Figura 6 prezintă o imagine de ansamblu cuprinzătoare a celor 79 de evenimente înregistrate în perioada de timp investigată, distingându-le pe cele cu și fără scurgere BGR, precum și evenimentele care au loc atât în perioadele uscate, cât și în cele umede. După cum am menționat anterior, nu au fost observate evenimente de scurgere în perioada uscată. În plus, figura oferă o referință prin ilustrarea curbelor intensitate-durăță-frecvență (IDF) pentru perioadele de retur (T_r) de 2 și 5 ani. Aceste curbe au fost estimate prin aplicarea distribuției generalizate a valorilor extreme la seriile temporale anuale maxime ale stației pluviometrice Viterbo, disponibile din 1916, pentru durate de 1, 3, 6, 12 și 24 de ore. Devine evident că majoritatea evenimentelor au fost obișnuite, doar trei având o perioadă de întoarcere de aproximativ 2 ani. Când ne concentrăm pe evenimentele din perioada umedă, nu există

o distincție clară între evenimentele cu și fără scurgere, reprezentate de pătrate

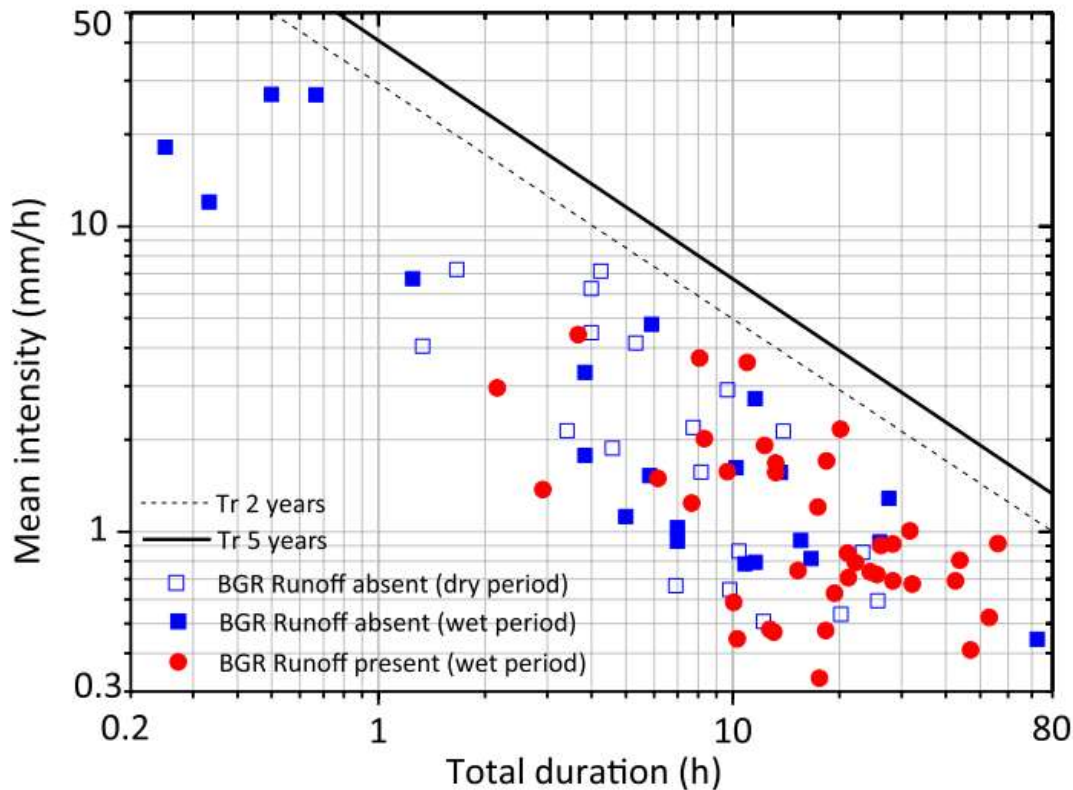


Figura 6. Cele 79 de evenimente de precipitații observate. Reprezentarea vizuală include pătrate goale albastre, care indică evenimente fără scurgere BGR în perioada uscată (primăvară și vară) și pătrate albastre, reprezentând evenimente fără scurgere BGR în perioada umedă (toamnă și iarnă). În plus, cercurile roșii indică evenimente cu scurgere BGR în perioada umedă (toamnă și iarnă). În special, nu au fost observate evenimente cu scurgere BGR în perioada uscată. Figura încorporează, de asemenea, curbe intensitate-durată-frecvență (IDF) pentru diferite perioade de returnare. Linia punctată corespunde unei perioade de întoarcere de 2 ani (Tr 2 ani), în timp ce linia grosă reprezintă o perioadă de întoarcere de 5 ani (Tr 5 ani).

Pentru analiza eficienței termice a BGR, temperatura aerului chiar deasupra acoperișului verde a fost examinată și comparată cu cea înregistrată pe un acoperiș de oțel (Benchmark) situat la câțiva metri de BGR (Figura 7).



Figura 7. Acoperișul din oțel (benchmark).

Figura 8 prezintă tendința diferenței medii de temperatură dintre BGR și Benchmark pe trimestru. Este evident că temperaturile de pe acoperișul de referință sunt mai ridicate în comparație cu cele înregistrate pe BGR, mai ales în cele mai fierbinți ore ale zilei.

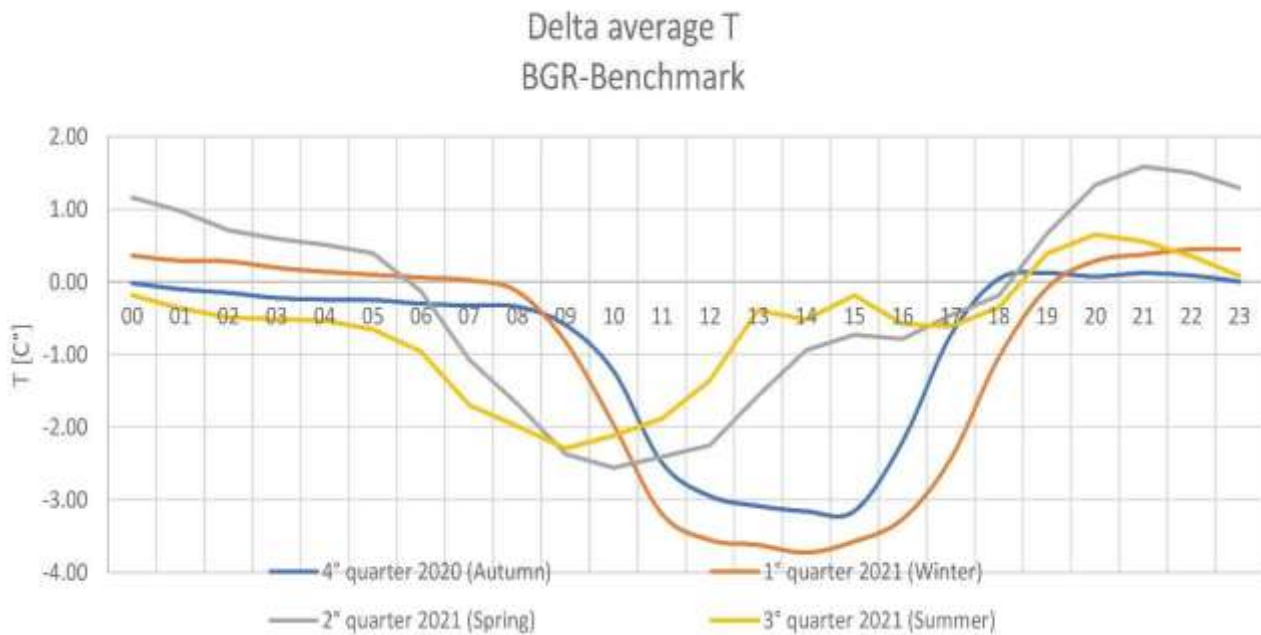


Fig. 8. Temperatura medie Delta (T) BGR (Polder)-Benchmark pentru trimestru (anul 2021).

Cu toate acestea, analiza lunilor și orelor individuale dezvăluie dinamici divergente. De exemplu, în luna februarie (Figura 9), când BGR prezintă vegetație luxuriantă și solul este saturat de ploaie, efectul termic este semnificativ, cu temperaturi maxime ale aerului chiar cu până la 11 grade mai mici decât punctul de referință. Cu toate acestea, în perioada estivă, mai ales în perioadele de ariditate intensă cu vegetație uscată sau absentă, scenariul se schimbă. În august 2021 (Figura 10), temperaturile orare maxime înregistrate pe acoperișul Polder sunt egale sau puțin mai mari (până la un maxim de 5,5°), în special în cele mai fierbinți ore ale zilei (după ora 11).

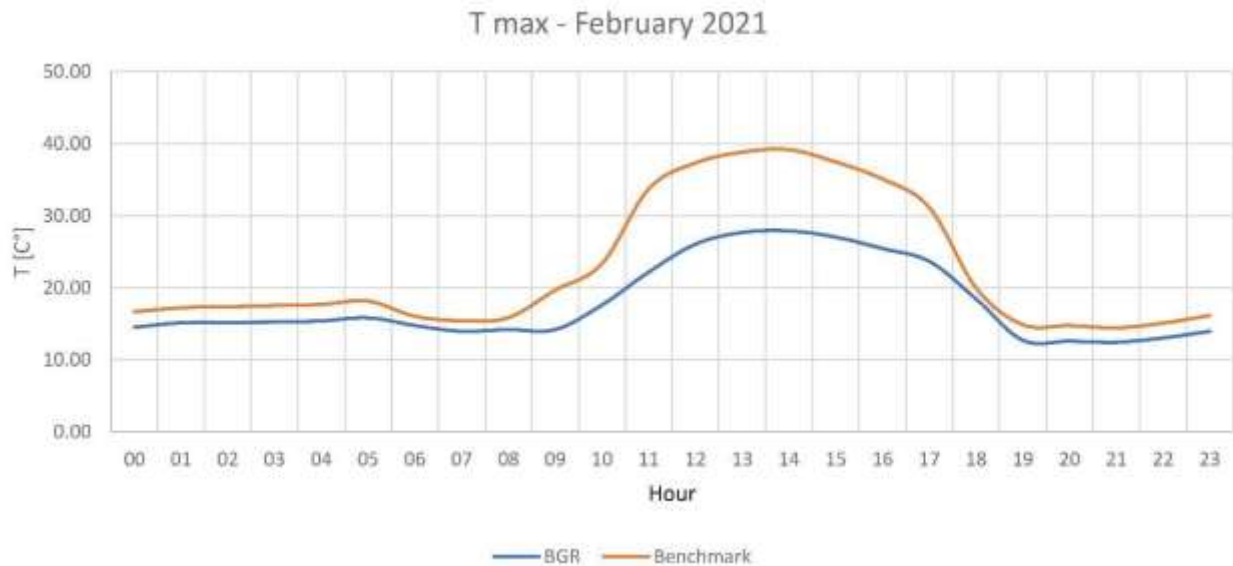


Figura 9. Tendința temperaturilor orare maxime pentru acoperișul Polder (BGR) și Benchmark, februarie 2021.

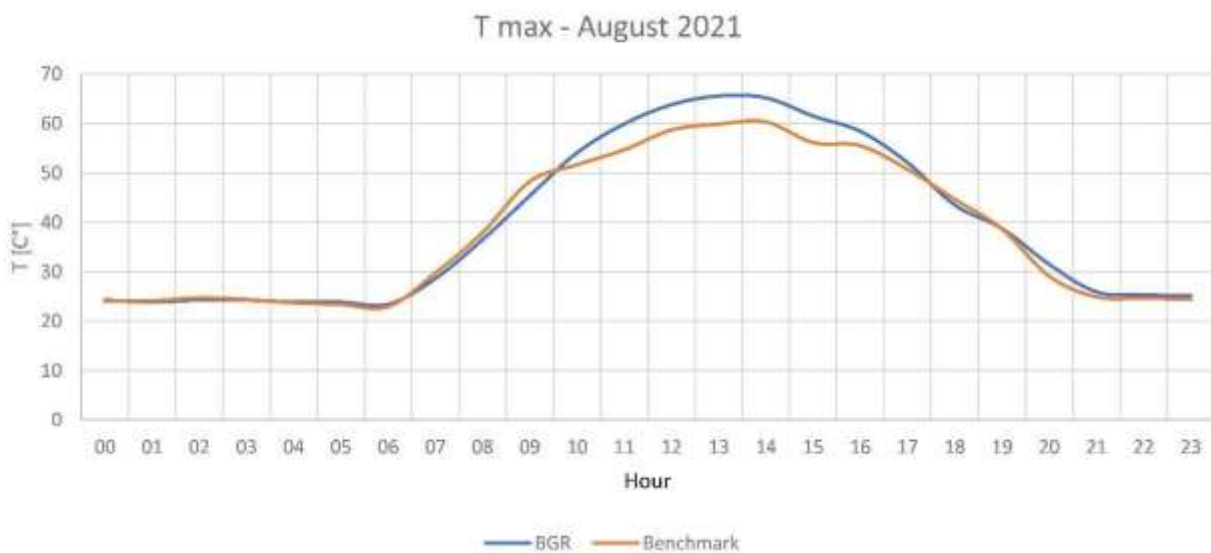


Figura 10. Tendința temperaturilor orare maxime pentru acoperișul Polder (BGR) și Benchmark, august 2021.

În concluzie, dintr-o perspectivă hidrologică, o parte semnificativă a evenimentelor meteorologice este reținută de BGR, chiar dacă evenimentele extreme nu au fost măsurate în perioada de doi ani considerată. Eficiența BGR scade în perioadele umede, când acoperișul verde devine saturat, iar condițiile anterioare sunt cruciale în determinarea performanței sale. În acest caz, este esențial să se

evalueze performanța hidrologică a acoperișurilor verzi, ținând cont de variabilitatea climatică anuală și interanuală specifică locației investigate, în special adâncimea anterioară a precipitațiilor.

Din punct de vedere termic, variabilitatea sezonieră este un factor fundamental care influențează performanța termică a acoperișului verde, deși într-o manieră inversă. În timp ce temperaturile mai scăzute ale aerului pe BGR, chiar și până la 11 grade, sunt înregistrate în perioadele umede în comparație cu acoperișurile din tablă, performanța scade vara, devenind, în unele cazuri, mai răutăcită din cauza reflectanței și capacității termice a solului în absența vegetației și a umidității. Prin urmare, nevoia de irigații suplimentare în perioadele de vară este evidentă pentru a menține eficiența termică și vegetația.

În schimb, vara, acoperișul verde își prezintă capacitatea maximă de a reține apa de ploaie, limitând astfel scurgerea urbană din cauza golurilor din structura BGR. Cu toate acestea, în timpul iernii această capacitate de reglare a apei de ploaie devine cea mai crucială, necesitând golirea BGR înainte de evenimente meteorologice critice. Ca toate soluțiile bazate pe natură, menținerea multifuncționalității serviciilor ecosistemice furnizate de BGR pe tot parcursul anului necesită luarea în considerare a specificității amplasamentului, a variabilității climatice locale și a întreținerii și gestionării sistemelor de irigare și drenaj.

11.2. Studiu de caz în Grecia

Un alt caz interesant de acoperiș verde vine din Grecia, care face parte și ea din consorțiul proiectului. Acoperișul verde extins al biodiversității este situat la sediul l'Oréal din Atena, Grecia. Este situat într-o zonă urbană înconjurată de grădini publice și private, situri arheologice, stadioane sportive și dealuri mici. Principalele obiective ale planului de acțiune au fost recunoașterea naturii ca parte integrantă a dezvoltării urbane inovatoare și explorarea potențialului în ceea ce privește atenuarea schimbărilor climatice. Proiectarea peisajului a propus un acoperiș verde în două zone distincte, care ar stimula habitatele mici din zona înconjurătoare și ar oferi un centru de biodiversitate pentru educarea și conștientizarea personalului și a vizitatorilor. Zona de informare și conștientizare a pus accentul pe demonstrarea valorii biodiversității prin intervenții demonstrative. Zona sălbatică a pus accentul pe găzduirea speciilor de floră și faună cu intervenție umană minimă.



Figura 12: Acoperișul verde al biodiversității extinse

11.3. Studiu de caz în Polonia

Un alt exemplu de acoperiș verde dintr-o țară consorțială, Polonia, este acoperișul verde al Universității din Varșovia. Acoperișul verde al Bibliotecii Universității din Varșovia (BUW) este una dintre cele mai frumoase și extinse grădini de pe acoperiș din Europa. Acoperișul verde se întinde pe 1 hectar (10.000 de metri pătrați) și este împărțit în două secțiuni principale: grădina superioară și inferioară. Grădina superioară include terase de observare cu vedere pitorească la râul Vistula și la orizontul Varșoviei. Acoperișul este acoperit cu o mare varietate de plante, inclusiv plante perene,

arbuști și copaci, atent selectate pentru a prospera în condiții de acoperiș. Există elemente de apă și iazuri mici care atrag păsări și insecte, contribuind la biodiversitate.



Figura 13: Acoperiș verde din Varșovia, Polonia

11.4. Studiu de caz în Ucraina

Acoperișul verde al complexului rezidențial Tetris-Hall este un spațiu inovator de recreere și agrement în capitala Ucrainei, Kiev. Acoperișul acestuia din inima orașului a devenit un spațiu unic pentru locuitorii și oaspeții săi. Datorită expertizei profesioniștilor de la studioul de arhitectură peisagistică "KOTSIUBA", a fost creat un parc cu copaci maturi, zone împădurite, zone de relaxare deschise, un cinematograful de vară, o zonă de grătar și un pod de sticlă care leagă turnurile complexului. Importanța acoperișurilor verzi.

Acoperișurile verzi sunt un element crucial al planificării urbane moderne, contribuind la sustenabilitatea mediului, îmbunătățind eficiența energetică a clădirilor și creând un mediu de viață confortabil. Tetris-Hall servește ca un exemplu excelent al modului în care un concept de acoperiș

verde bine implementat poate îmbina perfect elementele naturale și urbane, oferind rezidenților un spațiu de locuit de înaltă calitate.

Provocare și soluție

Obiectivul principal a fost crearea de zone funcționale care să răspundă nevoilor tuturor grupurilor de rezidenți de pe acoperișul clădirii. Acest lucru a necesitat o reevaluare a dimensiunii și funcționalității spațiului, ceea ce a dus la dezvoltarea unei zone multifuncționale potrivite pentru diverse activități pe tot parcursul anului.

Locație și vederi panoramice

Tetris-Hall este situat chiar în centrul Kievului, oferind acces ușor la principalele locuri culturale și de divertisment ale orașului. Înainte de începerea procesului de proiectare, a fost efectuat un studiu pentru a identifica punctele de vedere cheie, asigurând utilizarea maximă a priveliștilor panoramice ale orașului acoperișului.

Plan general și zonare

Acoperișul servește ca un centru social pentru rezidenți și oaspeții lor, oferind:

- Piscină – pentru relaxare în sezonul cald.
- Cinema de vară – pentru proiecții de filme în aer liber.
- Cafenea și zonă de grătar – oferind vederi uimitoare la oraș.
- Cafenea și zonă de grătar – oferind vederi uimitoare la oraș.

Zonarea inițială a inclus în primul rând spații mari pentru grupuri care se adunau la piscină, bar sau zona de grătar. Noul concept a introdus elemente funcționale suplimentare, permițând utilizarea pe acoperiș pe tot parcursul anului. Varietatea spațiilor, care diferă ca scară și scop, satisface nevoile diverse ale tuturor rezidenților.

Zone funcționale cheie

- Piață deschisă – Dispunerea băncilor permite utilizarea flexibilă a spațiului.
- Zonă de grătar (BBQ area)– Proiectată cu secțiuni separate pentru patru grupuri și o zonă comună comună.
- Locuri de joacă pentru copii – O zonă Lego și o structură web creează un mediu de joacă captivant.
- Cafenea – Un spațiu închis care permite utilizarea confortabilă pe acoperiș, indiferent de condițiile meteorologice.

- Parc – O zonă verde cu forme curbate, curbate, care îmbogățește experiența de petrecere a timpului liber a rezidenților.

Astfel, acoperișul Tetris-Hall a devenit mai mult decât o structură tehnică – este un spațiu confortabil de relaxare, muncă și socializare, integrat armonios în ritmul dinamic al orașului. Implementarea sa demonstrează eficacitatea conceptelor de acoperiș verde în dezvoltarea urbană modernă, creând un mediu de viață durabil și atractiv din punct de vedere ecologic.



Figura 14: Acoperiș verde din Kiev, Ucraina

11.5. Studiu de caz în Spania

Această secțiune prezintă o listă organizată de exemple din lumea reală de clădiri cu acoperișuri verzi din diferite părți ale lumii. Fiecare exemplu evidențiază designul, implementarea și beneficiile unice realizate, demonstrând modul în care acoperișurile verzi contribuie la eficiența energetică, răcirea urbană, îmbunătățirea mediului și îmbunătățirea biodiversității. Prin aceste studii de caz, ne propunem să ilustrăm potențialul transformator al acoperișurilor verzi în crearea de orașe mai durabile, mai rezistente și mai locuibile.

Primăria Isla Cristina



Imagine preluată de pe site (drepturile de autor trebuie verificate) (Clădirea publică - Sempergreen, n.d.)

Locație: Isla Cristina, Spania

Suprafață: aprox. 200 m²

Anul construcției: 2020

Arhitect/Planificare: impermeabilizaciones Sinhume

Sistem aplicat: pătură Sedum-mix

Pentru a îmbunătăți confortul termic interior și a reduce consumul de energie, a fost instalat un acoperiș verde de 200 m² pe noua clădire a primăriei din Isla Cristina

Isla Cristina este situată în provincia Huelva, în sudul Spaniei. Are un climat caracterizat de un număr mare de ore de soare pe an și este una dintre cele mai calde zone din Spania. Acest lucru face foarte importantă reducerea câștigurilor solare prin acoperiș. Învelișurile vegetale sunt extrem de eficiente în reducerea câștigurilor solare. În special, plantele Sedum absorb până la 50% din radiația solară și reflectă 30%, menținându-și temperatura aproape de cea a aerului înconjurător. Multe specii de Sedum provin din regiunea mediteraneană, făcându-le bine adaptate condițiilor acestei localități. Datorită proprietăților lor naturale, necesită puțină întreținere, apă și nutrienți, ceea ce face ca aceste plante să fie ideale pentru zonele uscate și/sau reci, unde apa poate fi rară.

Această soluție ecologică ajută la crearea unui climat interior mai răcoros și mai plăcut, datorită capacității sale ridicate de izolare termică. În consecință, sistemul de aer condiționat poate funcționa cu o intensitate mai mică, rezultând economii de energie.

11.6. Alte studii de caz

Clădirea portului



Imagine preluată de pe site (drepturile de autor trebuie verificate) (Acoperiș verde de pe malul mării din Roscoff, Franța | Sempergreen - Sempergreen, n.d.)

Locație: Roscoff, Franța

Suprafață: aprox. 1300 m²

Anul construcției: 2014

Arhitect/Planificare: proiectat de Archus și construit de Serneke

Sistem aplicat: pătură Sedum-mix

O clădire multifuncțională a fost construită în portul Roscoff, Franța, care găzduiește un restaurant și un club de pescuit, printre altele. În 2014, a fost instalat un acoperiș verde, cu vegetație de tip Sedum, cunoscută pentru capacitatea sa de a se adapta la condițiile variabile ale climei oceanice. Această acoperire verde este ușor de întreținut și protejează materialul acoperișului de intemperii, prelungind durata de viață a acoperișului timp de mulți ani.

Clădirea are, de asemenea, un pod de lemn care trece peste acoperișul verde, oferind vederi frumoase asupra portului, mării și punții în sine.

Sediul central LIDL, Suedia



Imagine preluată de pe site (drepturile de autor trebuie verificate) (Cubierta Verde PARQUE AL SHAHEED, KUWEIT, n.d.)

Locație: Stockholm, Suedia

Suprafață: aprox. 4000 m²

Anul construcției: 2021

Arhitect/Planificare: proiectat de Archus și construit de Serneke

Sistem aplicat: pătură Sedum-mix

În ultimii ani, Lidl și-a modernizat mai multe magazine cu acoperișuri verzi ca parte a strategiei sale continue de sustenabilitate și protecție a mediului. Noua clădire de birouri din regiunea Stockholm, care va găzdui inițial peste 400 de angajați, precum și magazinul alăturat, au fost proiectate pentru a satisface dorințele și nevoile lanțului german de supermarketuri. Acoperișul este acoperit cu verdeță care îmbunătățește condițiile de confort și reduce consumul de energie al clădirii, servind în același timp ca habitat pentru insecte și păsări mici. Acest nou sediu a primit certificarea de mediu BREEAM Excellent.

Sediul AMPO



Imagine preluată de pe site (drepturile de autor trebuie verificate) (Green Roof AMPO Headquarters Spain - Sempergreen, n.d.)

Locație: Idiazabal, Spania

Suprafață: aprox. 6000 m²

Anul construcției: 2018

Arhitect/Planificare: LKS KREAN.

Sistem aplicat: Sistemul de acoperiș verde Urbanscape

Grupul AMPO, lider internațional în turnătorii de oțel inoxidabil și aliaje înalte, și-a inaugurat noile unități din Idiazabal pe 17 octombrie 2018. Proiectul, care a fost finalizat în 24 de luni, a fost proiectat și construit de LKS KREAN.

Clădirea îmbină conceptele de industrie și natură, imaginând-o ca o pădure capabilă să găzduiască diferite locuitori, utilizări și scenarii, toate contribuind la un ecosistem viu și durabil. Anvelopa clădirii încorporează concepte naturale, acoperișul materializându-se într-un acoperiș verde care sporește eficiența energetică și confortul termic interior.

Acoperișul verde acoperă o suprafață de peste 6.000 m² cu pături Sempergreen Sedum-mix. Este echipat cu un sistem de acoperiș verde Urbanscape, un sistem ușor de acoperiș verde cu capacitate mare de reținere a apei. Acest sistem de acoperiș verde cântărește doar 65 kg/m² atunci când este complet saturat, ceea ce îl face o soluție ușoară ideală pentru orice tip de acoperiș. Este capabil să reducă presiunea apelor pluviale asupra sistemului de canalizare local cu aproape 60%, în funcție de precipitațiile anuale.

Centrul comercial Lagoh



Imagine preluată de pe site (drepturile de autor trebuie verificate) (Cubierta Verde Centro Comercial Lagoh, n.d.)

Locație: Sevilla, Spania

Suprafață: aprox. 10.000 m²

Anul construcției: 2019

Arhitect/Planificare: L35 Arquitectos, S.A.P., Madrid

Client: Grupo Lar, Madrid

Realizare: Viveros Olimpia S.L., Sevilla și Ancoma S.L., Sevilla

Sistem aplicat: Acoperiș înclinat ZinCo® cu Floraset® FS 75

Realisation: Viveros Olimpia S.L, Sevilla and Ancoma S.L., Sevilla

Acoperișul verde de aproximativ 10.000 m² al centrului comercial Lagoh oferă beneficii climatice, vizuale și de mediu, prin creșterea biodiversității și reducerea amprentei de carbon, pe lângă creșterea senzației de confort și bunăstare.

Deoarece acoperișul este înclinat, au fost utilizate elemente comerciale adecvate acestui tip de acoperiș, cum ar fi elementul de drenaj Floraset® FS 75, care a fost utilizat pe întreaga suprafață, fiind ideal pentru stabilizarea substratului în zonele acoperișurilor înclinate, prevenind eroziunea acestuia. Profilul TRP 140 a fost folosit pentru a crea bariere de retenție prin distribuția forțelor de tracțiune.

Al Shaheed Park, Kuwait



Imagine preluată de pe site (Cubierta Verde PARQUE AL SHAHEED, KUWEIT, n.d Locație: Kuwait, Kuwait

Suprafață: aprox. 19.500 m²

Anul construcției: 2014

Arhitect / Planificare: TAEP, The Associated Engineering Partnership, Kuwait

Sistem aplicat: Stabillodrain [Stabilodrain® SD 30](#)

"Parcul Al Shaheed" este situat pe cea mai veche șosea de centură din țară, la periferia orașului Kuwait. Este cel mai mare parc al orașului din țară. A fost construit în primul rând pentru a proteja orașul de furtunile de nisip și pentru a reduce poluarea aerului. În plus, parcul este menit să comemoreze victimele primului război din Golf, deoarece "Al Shaheed" înseamnă "Parcul Martirilor".

Ca parte a reproiectării, un lac artificial a fost situat în centrul parcului. Această caracteristică nu este doar un element de peisaj, ci servește și ca rezervor de apă în timpul sezonului cald. Parcul găzduiește două muzee, un centru pentru vizitatori, un garaj subteran cu 800 de locuri de parcare, restaurante și magazine. Pentru a menține caracterul continuu al parcului, majoritatea clădirilor au fost dotate cu acoperișuri verzi accesibile. În ciuda vegetației bine alese, acestea trebuie încă irigate.

12. Dimensiunile de comunicare ale conceptului de acoperiș verde în discursul social: o perspectivă din Ucraina

Acceptarea oricărei idei în societate începe cu un dialog social. Actorii cheie în acest dialog sunt cei care au un nivel suficient de semnificație socială pentru public, iar succesul lor depinde de măsura în care argumentele pentru o nouă idee sau proces răspund nevoilor sociale și reflectă tendințele umaniste generale. Conceptul de acoperișuri verzi a devenit prilejul unei ample discuții sociale, ai cărei participanți (actori) au fost reprezentanți ai comunității științifice (de la ecologiști, biologi și chimiști la specialiști în administrație și dimensiuni sociale ale activităților comunitare), reprezentanți ai mediului de afaceri, ONG-uri, activiști sociali etc. Nivelul de discuție despre oportunitatea introducerii ideii de acoperișuri verzi a devenit atât de puternic încât au apărut programe și proiecte separate pentru promovarea și implementarea diferitelor componente ale conceptului, de la apariția unor noi obiecte specifice până la formarea unui câmp de comunicare în discursul social privind necesitatea dezvoltării și susținerii ecologiei urbane bazate pe acest concept.

Studiul domeniilor cheie ale dezbaterii sociale privind implementarea conceptului de acoperiș verde are două obiective cheie: primul este de a identifica cât de des apar idei noi, teorii, soluții conceptuale și procese de implementare a conceptului și de a articula procesele de implementare a conceptului; a doua este identificarea categoriilor informaționale sau tehnologice care sunt mai puțin articulate în discursul social și necesită o regândire și o activitate de comunicare mai mare pentru a implementa ideea de acoperișuri verzi în Europa și în lume în ansamblu.

Pentru a rezolva aceste probleme, vom oferi o scurtă prezentare generală a abordărilor pentru acoperirea problemei acoperișurilor verzi în domeniul științei, afacerilor și ONG-urilor. Studiul nostru se bazează pe materialul surselor ucrainene, dar analiza acestor surse sugerează că modelul de comunicare de popularizare a conceptului este mai mult sau mai puțin universal și poate reflecta starea de artă a comunicării problemei acoperișurilor verzi în general.

Pentru a rezolva aceste probleme, vom oferi o scurtă prezentare generală a abordărilor pentru acoperirea problemei acoperișurilor verzi în domeniul științei, afacerilor și ONG-urilor. Studiul nostru se bazează pe materialul surselor ucrainene, dar analiza acestor surse sugerează că modelul de comunicare de popularizare a conceptului este mai mult sau mai puțin universal și poate reflecta starea de artă a comunicării problemei acoperișurilor verzi în general.

Abordarea selecției lucrărilor științifice utilizate în acest material nu este atât de mult menită să absolutizeze și să reflecte toate cercetările ucrainene privind acoperișurile verzi, ci mai degrabă să reflecte direcțiile și aspectele discuției sociale, să dezvăluie anumite domenii care indică implementarea conceptului de acoperiș verde în societate. Astfel, materialele menționate aici vor reflecta într-o măsură mai mare diversitatea științifică a abordărilor și viziunilor, ceea ce va face posibilă îndeplinirea celui de-al doilea obiectiv al acestei lucrări - reflectarea nișei informaționale și formarea tendințelor promițătoare în dezvoltarea comunicării conceptului de acoperiș verde în discursul social.

Primul studiu demn de menționat a fost publicat în Ucraina în urmă cu mai bine de 10 ani (Bogun K., 2013) și își propune să califice științific beneficiile înverzirii acoperișurilor. Cercetătorul enumeră în mod consecvent și complet beneficiile tehnice, sociale, economice și de mediu cu referire la surse și studii anterioare în care aceste aspecte sunt prezentate mai pe larg. Din punct de vedere al valorii de comunicare a acestui material, vom defini două aspecte: formarea unei imagini generalizate a fezabilității implementării conceptului de acoperiș verde și structurarea beneficiilor implementării conceptului în proiecte reale în ordinea indicată mai sus. Este important de reținut că beneficiile tehnice, inclusiv rezolvarea problemei răcirii (aerului condiționat) a spațiilor, reducerea zgomotului, efectul de insulă de căldură și protecția împotriva razelor ultraviolete, exprimă succint discursul științific al problemei într-o scurtă declarație care reflectă și rezumă cercetările științifice din anii precedenți. Cercetătoarea pune beneficiile sociale pe locul doi, deși atinge doar problema creării "unui spațiu suplimentar care poate fi folosit ca loc de recreere" și de a crea "un efect pozitiv din contactul oamenilor cu natura". Acest nivel de înțelegere a problemei indică faptul că în 2013 și în anii precedenți, cel puțin în Ucraina, problema acoperișurilor verzi ca platformă pentru activitatea socială și unitatea comunității în problemele de mediu și crearea unui spațiu de locuit confortabil nu a fost actualizată și prezentată în mod corespunzător. Cu toate acestea, mai târziu această problemă a devenit mai clar articulată. Beneficiile economice și de mediu ale acoperișurilor verzi repetă de fapt abordările studiilor anterioare de științe naturale și reflectă o tendință globală.

O concluzie interesantă a studiului este că, în ciuda abordării sale în general naturaliste, acesta face apel la procesele sociale: "Datorită faptului că acoperișurile verzi din Ucraina nu au câștigat încă popularitatea cuvenită în rândul dezvoltatorilor și persoanelor fizice, promovarea lor, precum și a tehnologiilor verzi în general, ar trebui să se realizeze cu participarea autorităților locale și a organizațiilor publice. Reglementarea acestei probleme ar trebui să înceapă cu consolidarea sarcinilor relevante din Strategia de dezvoltare urbană și să fie detaliată în programele de dezvoltare socio-

economică sau în documentele relevante ale programelor individuale" (Bogun K., 2013). Această afirmație, precum și lista generalizată a avantajelor acoperișurilor verzi, oferă motive pentru a evidenția poziția de bază a modelului de comunicare de a reflecta conceptul de acoperișuri verzi în discursul științific: deja în 2013, oportunitatea creării acoperișurilor verzi a fost formată și fundamentată, a fost conturată tipologia acestora, au fost determinate cerințele și caracteristicile de implementare, și s-a avertizat asupra complexității problemei, care necesită nu doar soluții tehnice (sau tehnologice), ci și corelare cu inițiative juridice și sociale care pot fi implementate la nivel de autorități locale sau la nivel superior, național.

În continuare, vom analiza o serie de studii din ultimii trei ani pentru a dovedi teza anterioară: cercetătorii sunt mai detaliați în conceptul științific cheie al acoperișurilor verzi, studiind caracteristicile elementelor sau structurilor individuale ale sistemului, formând baza pentru implementarea unor proiecte specifice etc.

Un exemplu de astfel de studii este munca lui A. Hrechko (Hrechko A., 2022) și O. Rybak, I. Patseva (Rybak O., Patseva I., 2023, Rybak O., Patseva I., 2024). Aceste studii ridică problema implementării proiectelor individuale de acoperișuri verzi din punctul de vedere al selecției materialului de semințe, deși autorii afirmă problema în sens mai larg și subliniază avantajele și fezabilitatea introducerii acoperișurilor verzi în orașele ucrainene.

Totodată, trebuie remarcat faptul că opiniile cercetătorilor coincid în ceea ce privește implementarea acestei probleme. A. Hrechko scrie: "Implementarea tehnologiei acoperișurilor verzi în diferite țări are caracteristici diferite, dar lucrul comun este că atunci când alegeți plante, este necesar să folosiți plante locale care sunt adaptate la condițiile climatice ale unei anumite zone și este necesar un cadru legislativ pentru a dezvolta această idee. Având în vedere toate beneficiile utilizării acestei tehnologii, implementarea lor este o necesitate pentru adaptarea la schimbările climatice" (Hrechko, 2022, p. 32). Același teză este continuată de O. Rybak și I. Patseva: "... din punct de vedere al mediului, chiar și pentru grădinăritul pe acoperiș, are sens să folosiți semințe de plante sălbatice și material săditor de origine locală" (Rybak O., 2024, p. 170). Din punct de vedere al analizei modelului de comunicare, trebuie să precizăm că ideile și abordările de implementare a conceptului de acoperișuri verzi se repetă în discursul științific, ceea ce, pe de o parte, indică o conștientizare suficientă a problemei, iar pe de altă parte, că conceptul a devenit destul de ferm "înrădăcinat în mediul științific". Ca exemplu, putem cita o altă teză a lui A. Hrechko, care se corelează cu studiul menționat mai sus al lui K. Bogun și cu studiile anterioare prezentate în discursul academic european:

"Acoperișurile verzi ca elemente ale infrastructurii verzi oferă anumite servicii ecosistemice – principalul este reducerea insulei de căldură urbană" (Hrechko, 2022, p. 39).

Un alt domeniu de cercetare științifică modernă asupra conceptului de acoperiș verde este formarea condițiilor specifice pentru implementarea proiectului sau formarea de abordări tehnice într-o anumită locație. De exemplu, luați în considerare articolul lui I. Patseva și colegii săi, care analizează ecologizarea acoperișurilor ca o modalitate de adaptare la schimbările climatice pentru un anumit oraș din Ucraina, care este Zhytomyr (Patseva I. et al., 2023). Studiul analizează compoziția chimică și caracteristicile substraturilor pentru acoperișuri verzi, ținând cont de caracteristicile climatice ale orașului Zhytomyr, cercetătorii afirmă că la momentul redactării acestui articol nu există acoperișuri verzi în oraș, dar este necesară implementarea acestui concept, având în vedere factorii de mediu și economici. Cercetătorii au dovedit experimental necesitatea și fezabilitatea utilizării substraturilor pentru plantarea plantelor pe acoperișuri (inclusiv compoziția chimică a substraturilor) pe baza condițiilor climatice ale orașului. Astfel de studii sunt interesante deoarece, pe de o parte, oferă instrumente reale pentru implementarea conceptului, iar pe de altă parte, arată că există experți în diferite locații din țară care pot oferi o abordare științifică solidă a implementării proiectelor și astfel pot face ca aceste proiecte să aibă succes

Din punctul de vedere al modelului de comunicare, trebuie să afirmăm că astfel de studii formează o imagine a viitorului, creează baza pentru implementarea proiectelor de acoperișuri verzi și, prin urmare, definesc o schiță clară a posibilelor proiecte viitoare. O altă concluzie de comunicare din acest text este că teoria științifică a acoperișurilor verzi a fost suficient de dezvoltată și acceptată atât în comunitatea științifică, cât și în societate, atât de mult încât cercetările ulterioare se concentrează pe probleme specifice sau aspecte tehnologice înguste ale implementării acestui concept

Un alt exemplu și confirmare este proiectul Elizei Repetatska (Repetatska, 2023), un proiect de absolvire al unei studente de la o universitate specializată în științele naturii care ridică problema acoperișurilor verzi pentru un alt oraș ucrainean care este Viniția. Trebuie să tragem o concluzie importantă pentru formarea unui model de comunicare a acoperișurilor verzi în discursul social: relevanța conceptului de acoperiș verde este determinată de interesul tinerilor cercetători pentru problemă, care, apropo, a fost subliniat în studiul menționatului mai sus de K. Bogun în 2013, când a identificat concursurile și proiectele tinerilor arhitecți, cercetători și activiști publici ca una dintre modalitățile de promovare a conceptului. Astfel de studii nu sunt neobișnuite și dovedesc în mod convingător că conceptul de acoperișuri verzi este înțeles și susținut de tinerii activi social.

Acest scurt capitol nu poate analiza structura discursului științific cu un accent detaliat pe direcțiile și rezultatele cercetării, dar este posibil să se stabilească componentele individuale ale modelului de comunicare și caracteristicile cheie ale formării acestuia. Mai multe concluzii importante pentru modelul de comunicare: înțelegerea științifică și cercetarea condițiilor de creare, întreținere și funcționare a acoperișurilor verzi ca ecosistem și obiect tehnologic sunt reprezentate pe deplin și temeinic în discursul științific, repetițiile și referințele la cercetările predecesorilor arată exhaustivitatea acestui subiect, cel puțin în stadiul actual al studiului științific al acestuia.

Atenția cercetătorilor este atrasă în principal asupra particularităților parțiale ale implementării conceptului de acoperișuri verzi și crearea condițiilor pentru spații locale specifice. Aceste concluzii pot fi aplicate nu numai cercetării în științele naturii, ci ne vom întoarce acum la lucrări care actualizează problema în dimensiunile economice și sociale și vom lua în considerare publicațiile media alături de cercetarea științifică. Putem afirma preliminar că argumentarea științifică, abordările teoretice pentru justificarea deciziilor de afaceri și conceptualizarea abordărilor nu depășesc avantajele de mediu, economice și tehnologice specificate, ceea ce este un exemplu de înțelegere a teoriei actuale, existente în anumite condiții economice sau sociale. Înțelegând discursul științific despre acoperișurile verzi ca bază și fundament pentru inițiative economice și sociale ulterioare, trebuie să afirmăm că argumentația științifică pentru necesitatea acoperișurilor verzi nu este doar clar formulată, ci este și articulată activ în concepte și proiecte care au priorități clare de afaceri sau sociale.

Un exemplu de combinație profundă de abordări științifice și argumente economice este articolul lui L. Herasimchuk și colegii săi despre eficiența reală a utilizării conceptului de acoperiș verde pentru a genera profit și beneficii sociale și de mediu. Autorii, pe baza analizei matematice și a calculului economiilor de căldură și energie, reducerea emisiilor de dioxid de carbon, sechestrarea carbonului, absorbția dioxidului de azot și absorbția zgomotului, precum și pe analiza creșterii prețului mediu anual de închiriere a locuințelor sub acoperiș verde, au concluzionat: "Un acoperiș verde oferă o serie de beneficii de mediu. Costul instalării unui acoperiș verde va varia în funcție de tipul de acoperiș, climă și reglementările de construcție. Cu toate acestea, economiile pe termen lung și beneficiile pentru mediu pot justifica investiția inițială. Acoperișurile verzi oferă o varietate de beneficii financiare industriei construcțiilor: eficiență energetică sporită, durată de viață mai lungă a acoperișului, gestionarea eficientă a apelor pluviale, îmbunătățirea calității aerului, creșterea valorii proprietăților și stimulente financiare. Aceste beneficii, combinate cu impactul pozitiv asupra

mediului, fac din acoperișurile verzi o opțiune atractivă pentru proiectele de construcții durabile din punct de vedere ecologic" (Herasimchuk L. et al. 2024, p. 48).

Cu toate acestea, idei și concluzii similare au fost exprimate înainte, fără un calcul detaliat al eficacității acoperișului verde, de exemplu, în articolul de D. Nikolchenko și S. Ryndiuk, beneficiile de mediu, economice ale acoperișurilor verzi și eficiența comercială a utilizării lor sunt analizate, în special pentru "... crearea diferitelor tipuri de peisaje și peisaje pe acoperiș; spațiu suplimentar pentru relaxare (teren de sport, cafenea, birou); creșterea costului etajelor, precum și al întregii structuri, cu până la 30%" (Nikolchenko D., Ryndiuk S., 2019). Aceleași concepte și înțelegere a atractivității economice a tehnologiei de ecologizare pot fi observate în lucrările lui K. Bogun și A. Hrechko: "Grădinile verzi pot fi atât facilități de infrastructură necomerciale, cât și comerciale, al căror teritoriu poate fi închiriat pentru cafenele, restaurante etc., ceea ce reprezintă un stimulent suplimentar pentru proprietarii de proprietăți pentru a implementa astfel de proiecte" (Bogun, 2013); utilizarea acoperișurilor verzi ca pârghie de natură economică este, de asemenea, luată în considerare de A. Hrechko, arătând exemplul Poloniei, unde utilizarea tehnologiei acoperișurilor verzi oferă "... motive pentru a permite dezvoltatorului să facă proiecte mai mari, deoarece tehnologia acoperișurilor verzi compensează daunele aduse mediului" (Hrechko, 2022, p. 38).

Conceptele prezentate mai sus arată că, în timp, cercetătorii trec de la simple declarații de direcție economică la calcule și calcule specifice, formând astfel instrumente eficiente pentru proiectarea soluțiilor și strategiilor de afaceri. Discursul științific privind conceptele de afaceri ale acoperișurilor verzi în termeni de comunicare formează deja abordări practice, modele gata făcute pentru implementare și poate oferi instrumente și argumente reale care promovează implementarea pe scară largă a conceptului de acoperiș verde în construcțiile industriale și rezidențiale. Merită adăugat aici aspectul optimizării codurilor și standardelor de construcție, care este menționat din când în când în ilustrațiile de înțelegere științifică a conceptului de acoperiș verde pe care le-am oferit și în alte lucrări.

Categoria argumentelor de afaceri pentru adecvarea acoperișurilor verzi include și publicațiile din mass-media. Obiectiv, putem distinge două tipuri de publicații: cele inițiate de business (sau cu accent pe business care este interesat să facă atractivă ideea de acoperișuri verzi) și cele care vizează satisfacerea nevoii sociale de informare despre această problemă.

Primul tip de publicații le include pe cele care evidențiază problemele de atractivitate economică și noile forme de implementare a conceptului de acoperiș verde, de exemplu, articolul "Grădina de acoperiș: cum sunt înverzite acoperișurile în Ucraina și în întreaga lume" ridică problema

utilizării acoperişurilor clădirilor industriale și argumentele oferite de reprezentanții afacerilor implicați (angajați de top ai companiei private "ZinCo", care este direct implicat în crearea de acoperișuri verzi) vizează în principal beneficii tehnologice și, prin urmare, economice, de exemplu: "Principala problemă pentru care acoperișurile industriale nu sunt înverzite în Ucraina este lipsa de înțelegere a faptului că, prin amenajarea unui acoperiș verde folosind tehnologia potrivită, puteți uita complet de repararea hidroizolației" (Grădina de pe acoperiș, 2016). În același timp, autorii actualizează și soluția problemelor de mediu și crearea de noi perspective sociale folosind conceptul de acoperișuri verzi.

Un alt tip de articole este informativ și se adresează unui public larg, conținând în același timp argumente care ar putea fi de interes pentru întreprinderile mici. De exemplu, articolul "Acoperiș verde – Eficiență + Ecologie!" (Green Roof, 2019) indică posibilitatea utilizării acoperişurilor verzi pentru activități agricole, care este în mod clar doar o zonă îngustă a cărei eficacitate rămâne sub semnul întrebării, dar dacă adăugăm la această idee problema ecologirii zonelor industriale, unde pot fi utilizate suprafețe mari, această zonă poate avea și eficacitate locală.

Concluzia generală a articolelor media este că acestea au ca scop să facă un business case pentru acoperişurile verzi – oferind concepte și instrumente care indică atractivitatea economică a proiectelor, evidențiind nevoia de investiții și economii de costuri prin acoperișuri verzi în construcțiile rezidențiale și industriale. De asemenea, se pune accent pe dezvoltarea unor standarde și abordări adecvate pentru construcție, luând în considerare posibilitatea de a crea un acoperiș verde.

În textele media, merită subliniat un alt aspect care vizează intensificarea activităților ONG-urilor și a inițiativelor civice în general. Pentru a ilustra acest lucru, să cităm câteva cuvinte din articolul menționat mai sus "Grădina de acoperiș: cum sunt înverzite acoperişurile în Ucraina și în întreaga lume", care este destul de complet și cuprinzător și a absorbit un număr semnificativ de componente ale argumentării de comunicare a conceptului de acoperiș verde: "Spre deosebire de vecinii noștri occidentali de succes, tehnologia acoperişului verde nu a atins încă o scară largă în Ucraina. Deși există din ce în ce mai mulți clienți care doresc să aibă o grădină pe acoperişul unei case private, o astfel de înverzire a zonelor industriale sau a centrelor comerciale nu este populară. Cu toate acestea, în Kiev apar clustere de artă (fabrica de artă PLATFORM, G13), precum și centre comerciale întregi care ar putea revitaliza spațiile publice cu grădini pe acoperiș"; "... cu toate acestea, dorința clientului nu este adesea suficientă, spre deosebire de SUA sau UE, unde municipalitățile urbane încurajează sau chiar ajută financiar la crearea de acoperișuri verzi, autoritățile de la Kiev sunt în prezent pasive în această chestiune"; "... există multe zone în Kiev, inclusiv printre facilitățile

industriale, unde puteți crea spații publice, le puteți face convenabile și confortabile de utilizat. Una dintre modalități este de a aranja un "acoperiș verde" (Rooftop Garden, 2016).

Aceste teze demonstrează necesitatea unei articulări sociale a problemei, crearea de mișcări și inițiative care să contribuie la dezvoltarea procesului de creare a acoperișurilor verzi, să formeze noi aspecte în înțelegerea conceptului de "viață urbană confortabilă" și să devină o sursă de procese care să influențeze ecologizarea nu numai a acoperișurilor clădirilor rezidențiale, dar și alte locații care creează imaginea peisagistică a orașului. Materialul citat a fost scris și publicat în 2016. Căutarea noastră de acoperire mediatică a inițiativelor sociale sau a activităților civice în acest domeniu nu a dat rezultate încurajatoare. Acest lucru poate indica pasivitatea comunităților (la nivelul implicării în crearea de acoperișuri verzi) sau activitatea media insuficientă în reflectarea unor astfel de activități. Războiul rusesc împotriva Ucrainei a devenit, de asemenea, un obstacol semnificativ în calea dezvoltării culturii acoperișurilor verzi în Ucraina.

La nivelul modelului de comunicare, putem afirma că cererea de acoperișuri verzi nu a devenit încă tangibilă, nu doar în ceea ce privește evaluarea proiectelor reale, ci și în ceea ce privește măsurarea posibilității de a crea astfel de proiecte. Toate acestea indică nevoia unei comunicări sociale mai complete și mai expresive despre conceptul de acoperișuri verzi, formarea unor abordări în care comunitățile, activiștii comunitari să se recunoască ca subiecte ale inițiativelor de creare de acoperișuri verzi, de îmbunătățire a calității și confortului vieții și de creare de noi locații

Concluzii și observații. O analiză sumară a publicațiilor și articolelor care prezintă conceptul de acoperișuri verzi în Ucraina arată o imagine destul de completă a modului în care conceptul se reflectă în discursul social. Cercetătorii universitari, jurnaliștii, întreprinderile și activiștii publici califică cu atenție și consecvență beneficiile de mediu, economice și sociale, identifică nevoia de proiecte specifice de acoperișuri verzi și evidențiază rolul acestor procese în contextul general al atractivității locurilor în care locuiesc oamenii

În același timp, după cum a arătat scurta noastră analiză, în prezent lipsește o strategie de comunicare care să reunească diferite părți interesate pentru a crește acoperișurile verzi în țările membre ale Uniunii Europene astăzi și în statele europene care vor adera mâine la UE. O astfel de strategie ar trebui să combine diferite niveluri de oferire de oportunități pentru acoperișurile verzi: considerăm promițător să avem activități și reflectarea acestora în discursul mass-media în domeniile activității comunitare și a ONG-urilor, sprijinirea proiectelor de acoperișuri verzi de către autoritățile municipale, până la includerea în programele de dezvoltare a orașului (strategii) și formarea de sprijin și beneficii la nivel de stat care să facă acoperișurile verzi atractive încă din etapa de proiectare a

noilor clădiri industriale sau rezidențiale. Încă o dată, aceste activități vor avea sens doar dacă se vor reflecta sistematic și consecvent în discursul media, deoarece fezabilitatea științifică și economică a conceptului de acoperiș verde a fost de mult fundamentată și dovedită, deși nu a devenit subiectul unei nevoi conștiente de implementare, în opinia noastră, din cauza lipsei de articulare comunicativă a conceptului.

Modelul general al acestei strategii poate arăta astfel: să aducă împreună părțile interesate – autorități municipale, întreprinderi, comunități și ONG-uri – prin comunicare în cadrul unor proiecte specifice. Este demn de remarcat faptul că, împreună cu beneficiile economice și de mediu, acest lucru va crea un mediu social eficient în oraș, va crește ratingul său turistic, va promova noi perspective și oportunități și, de exemplu, va face din infrastructura universitară un mediu mai confortabil pentru studenți și membri ai facultății și personalul administrativ, pentru studiu și muncă

n opinia noastră, rolul comunităților și al activiștilor civici în procesele de comunicare a conceptului de acoperișuri verzi în fiecare oraș în parte este subestimat; Vedem nevoia de a actualiza subiectivitatea lor mediatică și socio-politică în problema creării unor condiții de viață confortabile și ecologice, dintre care acoperișurile verzi.

Studiul efectelor sociale ale implementării conceptului de acoperiș verde este, de asemenea, insuficient astăzi. Nu negăm că o astfel de cercetare se desfășoară, dar nu a câștigat popularitate sau suficientă articulare socială ca model de soluții sociale și de mediu eficiente, a cărei bază ar putea fi conceptul de acoperiș verde, cel puțin aceste probleme nu sunt clar vizibile în mass-media.

O sursă potențială pentru astfel de studii ar putea fi abordările unui domeniu științific destul de nou – urbanismul social, și vedem avantajul acestei abordări în opoziția contextelor: de la "Teoria ferestrei sparte" a lui James Q. Wilson și George L. Kelling la "Teoria Nudge" a lui Richard H. Thaler și Cass R. Sunstein, mai ales că conștientizarea rolului grupurilor sociale locale în crearea unor condiții de viață confortabile și atractive în Ucraina, precum și în Europa în ansamblu, este o componentă semnificativă a activității sociale. Suntem convinși că cu articularea corectă a comunicării acestor procese, tot mai multe acoperișuri verzi vor apărea în oraș după apariția unuia..

13. References

- ➔ Alim M.A., Jahan S, Rahman A, Rahman MA, Liebman M, Garner B, Griffith R, Griffith M and Tao Z. 2023. “Experimental Investigation of a Multilayer Detention Roof for Stormwater Management.” *Journal of Cleaner Production* 395(February):136413.
- ➔ Bogun K. (2013). Socio-Economic and Environmental Consequences of Greening the Roofs of Buildings. *Effective Economy*. #2. (in Ukrainian) Соціально-економічні та екологічні наслідки озеленення дахів будівель. URL:<http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1804>. (accessed July 29, 2024).
- ➔ Calheiros C. S. C. and Stefanakis A.I. 2021. “Green Roofs Towards Circular and Resilient Cities.” *Circular Economy and Sustainability* 1(1):395–411.
- ➔ Cook LM, Larsen TA (2021) Towards a Performance-Based Approach for Multifunctional Green Roofs: An Interdisciplinary Review. *Building and Environment* 188(November 2020):107489.
- ➔ Cuthbert MO, Rau GC, Ekström M, O’Carroll DM, Bates AJ (2022) Global Climate-Driven Trade-Offs between the Water Retention and Cooling Benefits of Urban Greening. *Nature Communications* 13(1).
- ➔ Green roof AMPO headquarters Spain - Sempergreen, (n.d.). <https://www.sempergreen.com/en/references/ampo-headquarters> (accessed June 12, 2024).
- ➔ Green roof by the sea in Roscoff, France | Sempergreen - Sempergreen, (n.d.). <https://www.sempergreen.com/en/references/harbour-building> (accessed June 12, 2024).
- ➔ Green Roof – Efficiency + Ecology! (2017). *SpetsIzol Ltd.* (in Ukrainian) Зелений дах – ефективність + екологія! URL:<https://spetsizol.com.ua/ua/a290698-zelenaya-krysha-effektivnost.html> (accessed July 29, 2024).
- ➔ Herasimchuk L., Valerko R., Veselskyi O. (2024). Advantages of Green Roofs and their Calculation. *Agrarian Innovations*. Issue #23. P. 48-57. (in Ukrainian) Переваги зелених дахів та їх розрахунок. URL: <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/issue/view/23/23>. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.7> (accessed July 29, 2024).
- ➔ He Y, Yu H, Ozaki A, Dong N (2020) Thermal and energy performance of green roof and cool roof: A comparison study in Shanghai area. *J. Clean. Prod.* 267, 122205. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122205
- ➔ Hrechko A. (2022). Experience and benefits of using green roofs as an element of green infrastructure. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series Ecology*, (26), 32-42. (in Ukrainian) Досвід та переваги застосування зелених дахів як елементу зеленої інфраструктури. URL: <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/18562> DOI <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-26-03> (accessed July 29, 2024).

- Jeffers S, Garner B, Hidalgo D, Daoularis D, Warmerdam O (2022). Insights into green roof modeling using SWMM LID controls for detention-based designs. *J. Water Manag. Model.* 30, 1–13. doi:10.14796/JWMM.C484
- Krauze K, Wagner I (2018) From Classical Water-Ecosystem Theories to Nature-Based Solutions — Contextualizing Nature-Based Solutions for Sustainable City. *Science of The Total Environment* 655:697–706.
- Li Y, Liu J (2023) Green Roofs in the Humid Subtropics: The Role of Environmental and Design Factors on Stormwater Retention and Peak Reduction. *Science of the Total Environment* 858(October 2022):159710.
- Liu W, Engel BA, Feng Q (2021) Modelling the hydrological responses of green roofs under different substrate designs and rainfall characteristics using a simple water balance model. *J. Hydrol.* 602, 126786. doi:10.1016/j.jhydrol.2021.126786
- Losken G, Ansel W, Backhaus T, Bartel YC, Bornholdt H, Bott P, Henze M, Hokema J, Kohler M, Krupka B, Mann G, Munster M, Neisser H, Roth-Kleyer S, Ruttensperger S, Schenk D, Sprenger D, Upmeier M, Westerholt D (2018) Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofs. FLL – Landscape Development and Landscaping Research Society e.V. Bonn, Germany.
- Mihalakakou G, Souliotis M, Papadaki M, Menounou P, Dimopoulos P, Kolokotsa D, Paravantis J.A., Tsangrassoulis A, Panaras G, Giannakopoulos E, and Papaefthimiou S. 2023. “Green Roofs as a Nature-Based Solution for Improving Urban Sustainability: Progress and Perspectives.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 180(April):113306.
- Nikolchenko D., Ryndiuk S. (2019). Green Roofs and their Role in Improving Energy Efficiency. Conference Paper, Vinnitsia National Technical University (in Ukrainian) Озеленення дахів та їх роль в підвищенні енергоефективності. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8327/6937>. (access ed July 29, 2024).
- Nophadrain. 2010. Extensive Green Roofs. Design and Installation Guide. Vol. 5.
- Parque Al Shaheed, Kuwait | Sistemas para cubiertas verdes | ZinCo Green Roof, (n.d.). <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/referencias/parque-al-shaheed-kuwait> (accessed June 12, 2024).
- Patseva, I., Alpatova O., Rybak, O., Tsyganenko-Dziubenko, I., Medvid, O. (2022). Rooftop Gardening as an Adaptation Measure of the Climate Changes a Casw Study of Zhytomyr. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*. Issue 3. P. 67-74. (in Ukrainian) Озеленення даху як захід по адаптації зміни клімату на прикладі м. Житомир. URL: <https://journals.vnu.volyn.ua/index.php/chemistry/issue/view/46/48>. DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-9> (accessed July 29, 2024).
- Pelorosso R, Petroselli A, Cappelli F, Noto S, Tauro F, Apollonio C, and Grimaldi S. 2024. “Blue-green Roofs as Nature-based Solutions for Urban Areas: Hydrological Performance and Climatic Index Analyses.” *Environmental Science and Pollution Research* (31):5973–5988.
- Pelorosso R (2020) Modeling and Urban Planning: A Systematic Review of Performance-Based Approaches. *Sustainable Cities and Society* (52):101867.

- ➔ Pelorosso R, Gobattoni F, Leone A (2017) The Low-Entropy City: A Thermodynamic Approach to Reconnect Urban Systems with Nature. *Landscape and Urban Planning* 168:22–30.
- ➔ Pelorosso R, Petroselli A, Apollonio C, Grimaldi S (2021) Blue-Green Roofs: Hydrological Evaluation of a Case Study in Viterbo, Central Italy. Pp. 3–13 in *Innovation in Urban and Regional Planning. INPUT 2021. Lecture Notes in Civil Engineering. Vol. 146.*
- ➔ Pons V, Muthanna TM, Sivertsen E, Bertrand-Krajewski JL (2022) Revising Green Roof Design Methods with Downscaling Model of Rainfall Time Series. *Water Science and Technology* 85(5):1363–71.
- ➔ Public building - Sempergreen, (n.d.). <https://www.sempergreen.com/en/references/public-building-isola-cristina> (accessed June 12, 2024).
- ➔ Pumo D, Francipane A, Alongi F, Noto LV (2023a) The Potential of Multilayer Green Roofs for Stormwater Management in Urban Area under Semi-Arid Mediterranean Climate Conditions. *Journal of Environmental Management* 326(PA):116643.
- ➔ Pumo, D., Alongi, F., Cannarozzo, M., Noto, L. V., (2023b). Climate adaptive urban measures in Mediterranean areas: Thermal effectiveness of an advanced multilayer green roof installed in Palermo (Italy). *Build. Environ.* 243. doi:10.1016/j.buildenv.2023.110731
- ➔ Repetatska, E. (2023). Selection of Plants Assortment for Roof Landscaping in Vinnytsia: A Graduation Project. (in Ukrainian) Підбір асортименту рослин для озеленення дахів у м. Вінниця: Дипломний проєкт. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/33519.pdf> . (accessed July 29, 2024).
- ➔ Rocha B, Paço TA, Luz AC, Palha P, Milliken S, Kotzen B, Branquinho C, Pinho P, de Carvalho RC (2021) Are biocrusts and xerophytic vegetation a viable green roof typology in a mediterranean climate? A comparison between differently vegetated green roofs in water runoff and water quality. *Water (Switzerland)* 13. doi:10.3390/w13010094
- ➔ Rooftop Garden: How Roofs are Greened in Ukraine and Around the World. (2016). *NGO “Hmarochos”*. (in Ukrainian) Сад на даху: як озеленюють покрівлі в Україні та світі. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2016/03/16/sad-na-dahu-yak-ozelenyuyut-pokrivli-v-ukrayini-ta-sviti/> (accessed July 29, 2024).
- ➔ Rybak O., Patseva I. (2023). Ecological Basics of Analysis of the Influence of “Green” Roofs on Urban Climate in Urbocenoses. *Khmelnytskyi National University Bulletin*. Issue 5, Vol. 2. P. 103-107. (in Ukrainian) Екологічні основи аналізу впливу “зелених” дахів на міський клімат в урбоценозах. URL: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/?p=20398> DOI <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2023-327-5-103-107> (accessed July 29, 2024).
- ➔ Rybak, O., Patseva, I. (2024). Study of Wild Plants for Extensive Greening of Roofs in the Polissya Area. *Ecological Sciences*. Issue 1 (52), Vol. 2. С. 168-171. (in Ukrainian) Дослідження дикорослих рослин для експенсивного озеленення дахів в зоні Полісся. URL: https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2024/1/part_2/33.pdf DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.31> (accessed July 29, 2024).
- ➔ Stovin V, Vesuviano G, De-Ville S (2017) Defining Green Roof Detention Performance. *Urban Water Journal* 14(6):574–88.

- ➔ Wong GKL, Jim CY (2015) Identifying Keystone Meteorological Factors of Green-Roof Stormwater Retention to Inform Design and Planning. *Landscape and Urban Planning* 143:173–82.
- ➔ Xiao Z, Ge H, Lacasse MA, Wang L, and Zmeureanu R. 2023. “Nature-Based Solutions for Carbon Neutral Climate Resilient Buildings and Communities: A Review of Technical Evidence, Design Guidelines, and Policies.” *Buildings* 13(6).
- ➔ Yan J, Zhang S, Zhang J, Zhang S, Zhang C, Yang H, Wang R, Wei L (2022) Stormwater Retention Performance of Green Roofs with Various Configurations in Different Climatic Zones. *Journal of Environmental Management* 319:115447
- ➔ Zhang G and He B J. 2021. “Towards Green Roof Implementation: Drivers, Motivations, Barriers and Recommendations.” *Urban Forestry and Urban Greening* 58(September 2019):126992.