

# ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ: ΠΩΣ; ΠΟΥ; ΓΙΑΤΙ; ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ



**GREENO2 - Green Roofs in higher education institutions as sustainable cEnters for research, participation, ENvironmental consciousness and O2 generation**

*Το GREENO2 είναι ένα πρόγραμμα που συγχρηματοδοτήθηκε από την ΕΕ στο πλαίσιο του Προγράμματος ERASMUS+ Σύμβαση 2023-1-IT02-KA220-HED-000156281*

ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ: ΠΩΣ; ΠΟΥ; ΓΙΑΤΙ;  
ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ

Αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου Erasmus+ KA220 HED

GREENO2 - Green Roofs in higher education institutions as sustainable cEnters for research, participation,  
ENvironmental consciousness and O2 generation

2023-1-IT02-KA220-HED-000156281

Συγγραφείς:

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 Chołaszczyczyński, Przemysław  
Pawlak, Paweł Łagoda, Σοφία Μεσσίνη, Γιάννης Σκαρπέλος, Βασίλης Μπόκολας, Δημήτρα Σιταρένιου,  
Μαρία Παπαδοπούλου

Επιμέλεια

Andrea Colantoni, Giorgio Scavino, Andrea Petroselli,

Raffaele Pelorosso, Bogdana Nosova

University of Tuscia, Viterbo, Italy, 2025.

Η παρούσα δημοσίευση έχει παραχθεί με τη συγχρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (μέσω του προγράμματος ERASMUS με αριθμό συμβολαίου 2023-1-IT02-KA220-HED-000156281). Το περιεχόμενο αποτελεί αποκλειστική ευθύνη της κοινοπραξίας "GREENO2" και δεν μπορεί να θεωρηθεί ως έκφραση των απόψεων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

**Εικόνες εξωφύλλου (από πάνω αριστερά προς κάτω δεξιά):**

*Πανεπιστήμιο του Ντένβερ: μια πράσινη στέγη φέρνει ομορφιά και οικολογικά οφέλη στους κοινόχρηστους χώρους της κοινότητας. Πειραματικές πράσινες στέγες στο Πολυτεχνείο του Πανεπιστημίου της Μπολόνια. Μοναστήρι του Πανεπιστημίου της Τουσίας. Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Ντελφτ, από την Mecanoo Architecten, στο Ντελφτ της Ολλανδίας. Πράσινη στέγη στο Επιστημονικό Λύκειο Kerlero στη Ρώμη. Πράσινη στέγη του Τμήματος Γεωργίας του Πανεπιστημίου της Κατάνια.*

**Έκδοση: Μάιος 2025**

©GREENO2, 2025

Green Roofs in higher education institutions as sustainable cEnters for research, participation,  
ENvironmental consciousness and O2 generation

## **ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ: ΠΩΣ; ΠΟΥ; ΓΙΑΤΙ;**

### **ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ**

### **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

1. Πράσινες στέγες: Εισαγωγή.....	6
2. Πράσινες στέγες: μια εισαγωγή και εξελίξεις αιχμής.....	11
2.1 Υπέρβαση Εμποδίων για την Υλοποίηση Πράσινων Στεγών: Στρατηγικές και Λύσεις .....	13
3. Περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα .....	16
4. Ταξινόμηση Πράσινων Στεγών.....	18
5. Η δομή των πράσινων στεγών.....	23
6. Λεπτομερής παρουσίαση των δομικών στοιχείων.....	25
7. Νομοθεσία για τις Πράσινες Στέγες.....	28
7.1 Εθνικές Νομοθεσίες και Πρωτοβουλίες .....	29
8. Φυτοκάλυψη για Πράσινες Στέγες .....	36
9. Πράσινες Στέγες και Θερμική Μόνωση των Κτιρίων .....	39
9.1. Αξιολόγηση της Επίδρασης των Πράσινων Στεγών στην Ενεργειακή Κατανάλωση των Κτιρίων και στη Θερμική Άνεση των Εσωτερικών Χώρων.....	42
10. Πράσινες Στέγες 5.0 και Κλιματική Αλλαγή .....	44
10.1. Αξιολόγηση της Επίδρασης των Πράσινων Στεγών στο Αστικό Μικροκλίμα .....	46
11. Μελέτες Περίπτωσης GREENO2 .....	50
11.1. Μελέτη Περίπτωσης στην Ιταλία.....	50
11.2. Μελέτη Περίπτωσης στην Ελλάδα.....	57
11.3. Μελέτη περίπτωσης στην Πολωνία.....	60
11.4. Μελέτη περίπτωσης στην Ουκρανία .....	61
11.5. Μελέτη περίπτωσης στην Ισπανία .....	64
Το Δημαρχείο της Isla Cristina .....	65
Κεντρικά γραφεία AMPO .....	67
Εμπορικό Κέντρο Lagoh .....	68

Πάρκο Al Shaheed Park (Κουβέιτ) .....	69
12. Οι Επικοινωνιακές Διαστάσεις των Πράσινων Στεγών στον Κοινωνικό Λόγο: Μια Ματιά από την Ουκρανία .....	71
13. Βιβλιογραφικές αναφορές.....	83

**Οι πράσινες στέγες ως σύγχρονη οικολογική λύση:  
συνεντεύξεις με ειδικούς  
στο πλαίσιο του έργου Erasmus+ KA220 HED «GREENO2»**

**Andrea Colantoni**

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωργίας και Δασικών Επιστημών,  
Πανεπιστήμιο της Τούσια (Ιταλία)  
<https://www.youtube.com/watch?v=Go8VyDdpfYo&t=63s>

**Αντώνης Μαυρόπουλος**

Διευθύνων Σύμβουλος «D- Waste» (Ελλάδα)  
<https://www.youtube.com/watch?v=0hH-wWW4DBQ>

**Μαρία Μεγκ-Παπαντώνη**

Αντιπρύτανης Ακαδημαϊκών και Διεθνών Υποθέσεων, Καθηγητής Ευρωπαϊκού  
Εμπορικού Δικαίου, Τμήμα Διεθνών, Ευρωπαϊκών και Περιφερειακών Σπουδών,  
Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών (Ελλάδα)  
<https://www.youtube.com/watch?v=07yAAIvVEis>

**Γιάννης Σκαρπέλος**

Καθηγητής Σπουδών Οπτικού Πολιτισμού, Τμήμα Επικοινωνίας, Μέσων και  
Πολιτισμού, Κοσμήτορας της Σχολής Διεθνών Σπουδών, Επικοινωνίας και  
Πολιτισμού, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών (Ελλάδα)  
<https://www.youtube.com/watch?v=81WMcJUSmnk>

**Δρ. Λαμπρινή Τασούλα**

Γεωπόνος, Ερευνήτρια, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Ελλάδα)  
[https://www.youtube.com/watch?v=\\_jF2bjHXkOE](https://www.youtube.com/watch?v=_jF2bjHXkOE)

**Κωνσταντίνος Τάτσης**

Γεωπόνος Μηχανικός, Msc, «Topio Domi Landscape Solutions» (Ελλάδα)  
<https://www.youtube.com/watch?v=LpflOP4JBo4&t=114s>

**Ιστοσελίδα του έργου GREENO2**

<https://greeno2.eu>

## 1. Πράσινες στέγες: Εισαγωγή

Οι πράσινες στέγες (Green Roofs – GRs) έχουν αναδειχθεί ως μια πρωτοποριακή λύση σε μια σειρά περιβαλλοντικών προκλήσεων, μεταμορφώνοντας ριζικά το αστικό τοπίο της Ευρώπης (Oberndorfer et al., 2007). Τα τελευταία χρόνια, η Ευρώπη έχει γνωρίσει ραγδαία αύξηση της υιοθέτησης πράσινων στεγών, αποτέλεσμα ενός συνδυασμού παραγόντων όπως η ανάγκη μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, η ενίσχυση της αστικής βιοποικιλότητας, η βελτίωση της ποιότητας του αέρα και η διαχείριση της απορροής ομβρίων (European Commission, 2020). Η καινοτόμος αυτή μορφή οικολογικής στέγασης βασίζεται στην εγκατάσταση φυτοκαλυμμένων συστημάτων στις οροφές των κτιρίων, μετατρέποντας άγονες επιφάνειες σε ζωντανά οικοσυστήματα. Αν και η ιδέα της φυτεμένης στέγης ανάγεται στην αρχαιότητα, οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις σε υλικά και σχεδιασμό έχουν καταστήσει την Ευρώπη πρωτοπόρο αυτής της αστικής οικολογικής μετάβασης.

Στην καρδιά του προγράμματος GREENO2 βρίσκεται η ανάγκη διεύρυνσης του αντίκτυπου και της εμβέλειάς του. Αυτό απαιτεί συντονισμένες προσπάθειες για εμπλοκή βασικών ενδιαφερομένων και του ευρύτερου κοινού, με στόχο την ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης, την ενθάρρυνση ενεργού συμμετοχής και, τελικά, τη μετάβαση προς βιώσιμες πρακτικές μέσω της υιοθέτησης πράσινων τεχνολογιών στέγασης. Μέσα από συνεργατικές πρωτοβουλίες, εκπαιδευτικά προγράμματα και διαφανή επικοινωνία, το έργο GREENO2 φιλοδοξεί να δημιουργήσει μια συνεκτική κοινότητα αφιερωμένη στην προώθηση της πράσινης υποδομής και της υπεύθυνης αστικής ανάπτυξης.

Ένας από τους βασικότερους λόγους που οι πράσινες στέγες κερδίζουν αποδοχή στην Ευρώπη είναι τα εξαιρετικά περιβαλλοντικά τους οφέλη. Αξιοποιώντας τη δύναμη της φύσης, λειτουργούν ως φυσικοί μονωτές, μειώνοντας την ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των κτιρίων. Αυτό συνεπάγεται σημαντική οικονομία για τους ιδιοκτήτες, ενώ παράλληλα περιορίζονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, ευθυγραμμίζοντας τις πρακτικές αυτές με τους φιλόδοξους κλιματικούς στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επιπλέον, συμβάλλουν στην αντιμετώπιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, ιδιαίτερα έντονου στα πυκνοκατοικημένα κέντρα. Απορροφώντας και διαχέοντας την ηλιακή ακτινοβολία, βοηθούν στη μετρίαση των ακραίων θερμοκρασιών, δημιουργώντας πιο βιώσιμα και άνετα αστικά περιβάλλοντα.

Παράλληλα, οι πράσινες στέγες διαδραματίζουν καίριο ρόλο στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την προστασία των οικοσυστημάτων μέσα στις πόλεις. Αποτελούν τόπους διατροφής και φωλιάσματος για φυτικά και ζωικά είδη – ιδίως για επικονιαστές όπως οι μέλισσες και οι πεταλούδες – προσφέροντας «ανάσες ζωής» μέσα στο τιμεντένιο περιβάλλον. Καθώς οι φυσικοί βιότοποι μειώνονται λόγω αστικοποίησης, οι πράσινες στέγες λειτουργούν ως καταφύγια που υποστηρίζουν τη διατήρηση και αναγέννηση οικολογικών κοινοτήτων. Αναγνωρίζοντας αυτήν την αξία, πολλές ευρωπαϊκές πόλεις εφαρμόζουν πολιτικές και κίνητρα – από οικονομικές επιδοτήσεις έως κανονιστικές υποχρεώσεις – προκειμένου να ενθαρρύνουν την εγκατάσταση πράσινων στεγών.

Πέρα από τα περιβαλλοντικά οφέλη, οι πράσινες στέγες προσφέρουν κοινωνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Εκτός από την αισθητική αναβάθμιση, δημιουργούν ευκαιρίες για αναψυχή, αστική καλλιέργεια και κοινοτική συμμετοχή, ενισχύοντας τη σχέση των κατοίκων με τη φύση. Μπορούν επίσης να αυξήσουν την αξία ακινήτων, να προσελκύσουν ενοίκους και να βελτιώσουν τη βιωσιμότητα των κτιρίων, συμβάλλοντας έτσι στην οικονομική αναζωογόνηση των πόλεων. Σε συνθήκες ταχείας αστικοποίησης και πληθυσμιακής πίεσης, αποτελούν μια κλιμακώσιμη και οικονομικά αποδοτική λύση για τη δημιουργία βιώσιμων και ανθεκτικών αστικών περιβαλλόντων. Για την πλήρη αξιοποίηση του δυναμικού τους, ερευνητές, αρχιτέκτονες και φορείς χάραξης πολιτικής στην Ευρώπη εργάζονται εντατικά για την εξέλιξη της τεχνολογίας και της πρακτικής εφαρμογής των πράσινων στεγών. Πλήθος ερευνητικών και πιλοτικών έργων αξιολογούν την απόδοση, τη σκοπιμότητα και το κόστος τους σε διαφορετικά κλιματικά και κατασκευαστικά πλαίσια. Μέσα από τη διεπιστημονική συνεργασία, η Ευρώπη έχει εξελιχθεί σε κόμβο καινοτομίας στην οικολογική αρχιτεκτονική, αναπτύσσοντας και διαχέοντας βέλτιστες πρακτικές.

Σημαντική καινοτομία αποτελεί η ανάπτυξη αρθρωτών και προφυτεμένων συστημάτων, που απλοποιούν την εγκατάσταση και μειώνουν τις ανάγκες συντήρησης. Τα έτοιμα αυτά «πράσινα» modules είναι ελαφριά, ανθεκτικά και εύκολα στην τοποθέτηση, κατάλληλα τόσο για νέα όσο και για υφιστάμενα κτίρια. Επιπλέον, οι πρόοδοι σε υποστρώματα, επιλογή φυτών και τεχνικές άρδευσης ενισχύουν την ανθεκτικότητα των πράσινων στεγών σε συνθήκες ξηρασίας, υψηλών θερμοκρασιών ή ρύπανσης.

Ένα ακόμη καθοριστικό βήμα είναι η ενσωμάτωση «έξυπνων» τεχνολογιών και μεθόδων βασισμένων σε δεδομένα για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους. Μέσω αισθητήρων, ενεργοποιητών και συστημάτων Internet of Things, η παρακολούθηση και διαχείριση μπορούν να γίνονται εξ αποστάσεως και σε πραγματικό χρόνο. Αυτό επιτρέπει έγκαιρες παρεμβάσεις, όπως την αυτόματη ρύθμιση της άρδευσης βάσει πρόγνωσης και υγρασίας, την εξοικονόμηση νερού και τη διατήρηση της υγείας των φυτών. Παράλληλα, τα συστήματα αυτά μπορούν να παρέχουν πολύτιμα δεδομένα για έρευνα και αστικό σχεδιασμό.

Εξίσου σημαντική είναι η διεπιστημονική συνεργασία και η ενεργή συμμετοχή των ενδιαφερόμενων μερών στον σχεδιασμό και την υλοποίηση έργων πράσινων στεγών. Η εμπλοκή αρχιτεκτόνων, μηχανικών, τοπιοτεχνών, οικολογικών επιστημόνων, πολιτικών και πολιτών επιτρέπει μια ολιστική προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Οι συμμετοχικές διαδικασίες σχεδιασμού διασφαλίζουν ότι οι πράσινες στέγες ανταποκρίνονται στις ανάγκες των τοπικών κοινοτήτων, ενισχύοντας έτσι τη βιωσιμότητα και τη μακροχρόνια ανθεκτικότητά τους.

Το μέλλον των πράσινων στεγών στην Ευρώπη προδιαγράφεται ιδιαίτερα ελπιδοφόρο. Καθώς η κλιματική κρίση εντείνεται και τα οφέλη των πράσινων υποδομών αναγνωρίζονται ολοένα περισσότερο, η εφαρμογή τους αναμένεται να επεκταθεί ραγδαία. Με τη συνεχή πρόοδο της τεχνολογίας, την πολιτική στήριξη και την αυξανόμενη κοινωνική ευαισθητοποίηση, οι πράσινες στέγες είναι έτοιμες να διαδραματίσουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη διαμόρφωση των πόλεων του μέλλοντος – πόλεων όπου η φύση και η αστική ζωή συνυπάρχουν αρμονικά, προσφέροντας υγιέστερες, ανθεκτικότερες και δικαιότερες κοινότητες για τις επόμενες γενιές.

Για τη συνοπτική παρουσίαση των παραγόντων που επηρεάζουν την εφαρμογή των πράσινων στεγών από διάφορους εμπλεκόμενους σε αστικά συστήματα, ο Πίνακας 1 παραθέτει τα κίνητρα, τα οφέλη και τα εμπόδια που έχουν καταγραφεί (Zhang & He, 2021).

## Πίνακας 1. Παράγοντες που επηρεάζουν την εφαρμογή πράσινων στεγών μεταξύ διαφόρων ενδιαφερόμενων μερών (Πηγή: Zhang και He, 2021)

Κίνητρα, Παράγοντες και Εμπόδια για την Εφαρμογή Πράσινων Στεγών μεταξύ Διαφορετικών Ομάδων Ενδιαφερομένων.

	Σχεδιαστής	Μηχανικός	Κατασκευαστές	& Οικοδόμοι	Εργολάβος	Διαχειριστής	Κτιρίου	Ιδιοκτήτης	Τελικός Χρήστης	Κρατικός Φορέας
<b>Παράγοντες (Drivers)</b>										
1	✓	✓	✓		✓	✓		✓		
2	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	
3	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
<b>Κίνητρα (Motivations)</b>										
4	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
5	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
6	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
7	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
8	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
9	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
10	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
11	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
12	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
13	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
14	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
15	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
<b>Εμπόδια (Barriers)</b>										
16	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
17	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
18	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
19	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓

Σημείωση: 1. Πίεση πολιτικής, 2. Πίεση αγοράς, 3. Καινοτομία και τεχνολογική πρόοδος, 4. Ενεργειακή απόδοση, 5. Μετριασμός του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, 6. Παράταση διάρκειας ζωής της στέγης, 7. Καθαρισμός του αέρα, 8. Έλεγχος απορροής υδάτων, 9. Καθαρισμός νερού, 10. Βελτίωση αστικής υποδομής, 11. Ηχομόνωση και μείωση θορύβου, 12. Αύξηση βιοποικιλότητας, 13. Αναψυχή και αισθητική, 14. Αύξηση αξίας ακινήτου, 15. Βελτίωση απασχόλησης, 16. Έλλειψη κυβερνητικής πολιτικής, 17. Ανεπαρκές τεχνολογικό επίπεδο, 18. Εσφαλμένη οικονομική αξιολόγηση οφέλους, 19. Ατομική απροθυμία.

Αξιοποιώντας τον χώρο πάνω από τα κτίρια, η δημιουργία των πράσινων στεγών μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην υποστήριξη της μετάβασης των πόλεων προς την κυκλικότητα και την ανθεκτικότητα. Οι πράσινες στέγες προσφέρουν μια πληθώρα υπηρεσιών στο οικοσύστημα, λειτουργώντας ως ευέλικτες και αποκεντρωμένες μονάδες. Για την πλήρη αξιοποίηση αυτών των πλεονεκτημάτων, είναι απαραίτητο να ενσωματωθούν αποτελεσματικά οι πράσινες στέγες στο αστικό τοπίο, με διαφορετικές διαμορφώσεις λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαίτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει κάθε πόλη, συμπεριλαμβανομένων των κτιρίων των Πανεπιστημίων. Για την επιτυχή εφαρμογή των πράσινων στεγών, είναι ζωτικής σημασίας να (i) εντοπιστούν και να ξεπεραστούν τα εμπόδια, (ii) να θεσπιστεί τυποποίηση για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας, (iii) να καθοριστούν και να εφαρμοστούν πολιτικές, κίνητρα και στρατηγικές, (iv) να αξιοποιηθούν οργανισμοί που παρέχουν υπηρεσίες Λύσεων Βασισμένες στη Φύση (NBS) και (v) να προωθηθεί η ευαισθητοποίηση και η διάδοση, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων στην εκπαίδευση.

Η ολοκληρωμένη αυτή στρατηγική επιτρέπει στις πανεπιστημιακές υποδομές και γενικότερα στα δημόσια κτίρια να διαδραματίσουν διπλό ρόλο: αφενός, να λειτουργήσουν ως πλατφόρμες επίδειξης, εκπαίδευσης και καινοτομίας, και αφετέρου, να συμβάλουν ενεργά στην κυκλική οικονομία και την αστική ανθεκτικότητα, ενισχύοντας την περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών (Calheiros & Stefanakis, 2021).

## 2. Πράσινες στέγες: μια εισαγωγή και εξελίξεις αιχμής

Οι πράσινες στέγες αποτελούν σύνθετες λύσεις βασισμένες στη φύση (Nature-Based Solutions – NBS), σχεδιασμένες με ακρίβεια ώστε να προσφέρουν ένα πλήθος οικοσυστημικών ωφελειών μέσα σε αστικά ή περιαστικά περιβάλλοντα. Η σημασία τους έγκειται στην ικανότητά τους να μειώνουν την απορροή ομβρίων, να ελαφρύνουν τα αστικά δίκτυα αποστράγγισης και να μετριάζουν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, ενώ παράλληλα συμβάλλουν στη διατήρηση ενέργειας (Krauze & Wagner, 2018· Pelorosso et al., 2017).

Παρά το πλήθος των συναφών πλεονεκτημάτων που αναγνωρίζονται στις πράσινες στέγες, συχνά δεν σχεδιάζονται έτσι ώστε να αξιοποιούν πλήρως το δυναμικό τους (Cook et al., 2021). Επιπλέον, τα υφιστάμενα πρότυπα και οι οδηγίες σχεδιασμού – όπως αυτά των Losken et al. (2018) – εστιάζουν συνήθως σε τεχνικές παραμέτρους (τύπος φυτοκάλυψης, βάθος υποστρώματος, στατικό φορτίο, συντήρηση, κόστος), χωρίς να αξιολογούν επαρκώς κατά πόσο αυτές οι επιλογές μεταφράζονται σε απτά οικοσυστημικά οφέλη.

Στη Μεσογειακή ζώνη, η χρήση sedum (παχύφυτων) είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη λόγω της ανθεκτικότητάς τους στην ξηρασία. Ωστόσο, πλήθος μελετών έδειξαν ότι, υπό ορισμένες συνθήκες, τα sedum παρουσιάζουν χαμηλή αποδοτικότητα στη συγκράτηση νερού, παρόμοια με αυτή του γυμνού εδάφους, και μειωμένη ικανότητα ψύξης σε σχέση με άλλες φυτοκαλύψεις (Cook et al., 2021· He et al., 2022· Rocha et al., 2021).

Για παράδειγμα, σε μεσογειακά κλίματα, οι λεγόμενες *δροσερές στέγες* (cool roofs) μπορεί να παρουσιάζουν καλύτερη αναλογία κόστους/απόδοσης σε σύγκριση με τις πράσινες στέγες, όσον αφορά τη μείωση της θερμότητας κατά τις θερμές περιόδους (Cook et al., 2021). Επιπλέον, πρόσφατες έρευνες (Cuthbert et al., 2022) επισημαίνουν τις δυσκολίες των NBS να αντιμετωπίσουν ταυτόχρονα την αστική θερμότητα και τις πλημμυρικές απορροές. Σε περιοχές με ξηρό κλίμα, η άρδευση είναι συχνά απαραίτητη για τη διατήρηση της βλάστησης, γεγονός που αυξάνει την κατανάλωση νερού και καθιστά σημαντική την ανάπτυξη συστημάτων αποθήκευσης ή ανακύκλωσης νερού.

Το νερό αποτελεί τον κρισιμότερο παράγοντα για την απόδοση μιας πράσινης στέγης (Pelorosso et al., 2021). Είναι θεμελιώδες για την επιβίωση των φυτών, ενώ η εξάτμιση και διαπνοή (evapotranspiration) που λαμβάνει χώρα σε φυτεμένες επιφάνειες προσφέρει

αποτελεσματικότερη ψύξη σε σχέση με άλλους τύπους οροφών. Όσο μεγαλύτερη η εξάτμιση, τόσο μικρότερη η επίδραση της θερμικής νησίδας. Επίσης, το βάθος του υποστρώματος και η πυκνότητα της φυτοκάλυψης ενισχύουν την ικανότητα του συστήματος να συγκρατεί νερό, ενώ παράλληλα προάγουν την ανάπτυξη ποικιλόμορφης και αισθητικά ελκυστικής βλάστησης.

Μια καλά σχεδιασμένη πράσινη στέγη φιλοξενεί σταθερές φυτοκοινότητες που μπορούν να αναγεννώνται, βελτιώνοντας την ποιότητα του αέρα και τη μικροκλιματική σταθερότητα. Αντίθετα, η ανεξέλεγκτη απορροή ομβρίων προκαλεί αστικά πλημμυρικά φαινόμενα και υπερφόρτωση των δικτύων αποχέτευσης, γεγονός που αναδεικνύει την ανάγκη για βελτιστοποίηση των διεργασιών διήθησης και αποθήκευσης μέσα στις πράσινες στέγες.

Η υδρολογική απόδοση των πράσινων στεγών βασίζεται σε δύο θεμελιώδεις μηχανισμούς:

- Κατακράτηση (retention): δηλαδή η ικανότητα του συστήματος να συγκρατεί νερό μέσω της εξάτμισης και διαπνοής. Το νερό αυτό αποθηκεύεται προσωρινά, αλλά η απελευθέρωσή του δεν ελέγχεται ενεργά από τον χρήστη.
- Καθυστέρηση (detention): δηλαδή η δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης νερού με στόχο τη μείωση ή καθυστέρηση της μέγιστης απορροής. Το αποθηκευμένο νερό μπορεί να απελευθερωθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί (π.χ. για άρδευση ή χρήση σε υδραυλικά συστήματα).

Η απόδοση αυτών των μηχανισμών εξαρτάται από τον σχεδιασμό (τύπος υποστρώματος, βάθος, είδος βλάστησης) και από μετεωρολογικούς παράγοντες, όπως η ένταση και συχνότητα βροχοπτώσεων, η θερμοκρασία και η εξάτμιση. Ως εκ τούτου, η απόδοση μιας πράσινης στέγης ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το τοπικό κλίμα (Cuthbert et al., 2022· Wong & Jim, 2015· Yan et al., 2022).

Στο πλαίσιο αυτό, η ανάπτυξη στρατηγικών ανθεκτικότητας που βασίζονται σε συνεχή προσομοίωση δεδομένων είναι ουσιαστικής σημασίας, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις σχεδιασμού βασισμένες σε στατιστικά «σενάρια επαναφοράς» (return periods) (Pons et al., 2022· Pumo et al., 2023a,b). Παράλληλα, η μετάβαση προς σχεδιασμό βασισμένο στην απόδοση (performance-based design) απαιτεί μια ολιστική θεώρηση των ιδιοτήτων σχεδιασμού σε σχέση με πολλαπλούς στόχους λειτουργίας (Pelorosso, 2020).

Δεδομένου ότι η συλλογή εμπειρικών δεδομένων είναι συχνά δαπανηρή, χρησιμοποιούνται υπολογιστικά μοντέλα για την προσομοίωση της υδρολογικής και υδραυλικής συμπεριφοράς των

πράσινων στεγών (Jeffers et al., 2022· Liu et al., 2021· Pelorosso et al., 2021). Τα μοντέλα αυτά επιτρέπουν την πρόβλεψη της απόδοσης μέσω της παραμετροποίησης των επιμέρους στοιχείων του συστήματος.

Διαφορετικές προσεγγίσεις προσομοίωσης χρησιμοποιούνται ανάλογα με τον στόχο:

- Εμπειρικά μοντέλα, όπως αυτά που βασίζονται στον συντελεστή απορροής (runoff coefficient), παρέχουν γρήγορες εκτιμήσεις.
- Αριθμητικά μοντέλα, όπως τα HYDRUS-1D, MIKE URBAN, SWMM και SWAP, χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση μεμονωμένων επεισοδίων ή μακροχρόνιων περιόδων βροχόπτωσης.

Παρότι τα αριθμητικά μοντέλα παρέχουν μεγαλύτερη ακρίβεια, χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα και απαιτούν λεπτομερή βαθμονόμηση (calibration), κάτι που καθιστά δύσκολη τη γενίκευση των αποτελεσμάτων. Η εμπειρική έρευνα παραμένει, συνεπώς, απαραίτητη για την πλήρη κατανόηση της συμπεριφοράς των πράσινων στεγών σε τοπικές υδρομετεωρολογικές συνθήκες.

## **2.1 Υπέρβαση Εμποδίων για την Υλοποίηση Πράσινων Στεγών: Στρατηγικές και Λύσεις**

Τα βασικά εμπόδια για την εφαρμογή πράσινων στεγών περιλαμβάνουν το υψηλό αρχικό κόστος σχεδιασμού και εγκατάστασης, καθώς και το ενδεχόμενο συνεχιζόμενων δαπανών συντήρησης. Ωστόσο, νέες καινοτόμες λύσεις, όπως οι εκτεταμένες πράσινες στέγες που αξιοποιούν αυτόχθονα και ανθεκτικά στην ξηρασία φυτά, απαιτούν ελάχιστη φροντίδα και περιορισμένη κατανάλωση νερού. Παράλληλα, τεχνολογίες όπως η αεροπονία (aeroponics) — όπου τα φυτά αναπτύσσονται με τις ρίζες τους εκτεθειμένες στον αέρα και ψεκάζονται περιοδικά με θρεπτικά διαλύματα — μειώνουν τις ανάγκες άρδευσης και συντήρησης, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα χρήσης νερού. Η έλλειψη τεχνικής κατάρτισης μεταξύ επαγγελματιών του χώρου, καθώς και η περιορισμένη ενσωμάτωση σχετικών θεμάτων στην εκπαίδευση των μηχανικών, αρχιτεκτόνων και εργολάβων, αποτελούν σημαντικά εμπόδια. Επιπλέον, οι πολεοδομικοί και οικοδομικοί κανονισμοί δεν έχουν επικαιροποιηθεί πλήρως ώστε να διευκολύνουν την ενσωμάτωση τέτοιων συστημάτων. Άλλος

ανασταλτικός παράγοντας είναι η περιορισμένη ενημέρωση και ευαισθητοποίηση ιδιοκτητών και επενδυτών για τα μακροπρόθεσμα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη των πράσινων στεγών. Η έλλειψη γνώσης για τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας, την αύξηση της αξίας ακινήτων και τα οφέλη για την υγεία και το μικροκλίμα περιορίζει τη ζήτηση. Επίσης, σε ορισμένες περιοχές, οι κλιματικές ακραίες συνθήκες (έντονη ηλιοφάνεια, παρατεταμένες ξηρασίες ή βαριές χιονοπτώσεις) καθιστούν δύσκολη την εγκατάσταση και τη βιωσιμότητα των συστημάτων βλάστησης χωρίς ειδικό σχεδιασμό. Τέλος, πολλά υφιστάμενα κτίρια δεν διαθέτουν την απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα για την υποστήριξη πρόσθετων φορτίων χωρίς δαπανηρές στατικές ενισχύσεις. Παρότι οι πράσινες στέγες προσφέρουν μακροχρόνια οφέλη, όπως εξοικονόμηση ενέργειας και καλύτερη διαχείριση ομβρίων, αυτά δεν είναι άμεσα εμφανή, γεγονός που συχνά αποθαρρύνει την αρχική επένδυση.

Η υπέρβαση των παραπάνω προκλήσεων απαιτεί πολυεπίπεδη και συντονισμένη προσέγγιση: Η θέσπιση επιχορηγήσεων, φορολογικών απαλλαγών και επιδοτήσεων μπορεί να μειώσει το αρχικό κόστος εγκατάστασης και να ενθαρρύνει την υιοθέτηση. Η δημιουργία πράσινων ταμείων πόλης ή προγραμμάτων συγχρηματοδότησης, όπως το LIFE ή το Horizon Europe, μπορεί να στηρίξει δημοτικές και ιδιωτικές πρωτοβουλίες. Είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση προδιαγραφών πράσινων στεγών στους οικοδομικούς κανονισμούς και στα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης. Οι πόλεις μπορούν να καθιερώσουν υποχρεωτικά ποσοστά πράσινης στέγης σε νέα δημόσια κτίρια ή πολυκατοικίες, με ευέλικτες προσαρμογές ανάλογα με την τοπική κλιματική πραγματικότητα. Η επένδυση στην εκπαίδευση αρχιτεκτόνων, μηχανικών, εργολάβων και τεχνιτών μέσω εξειδικευμένων σεμιναρίων και μαθημάτων είναι κρίσιμη για τη διάδοση τεχνογνωσίας. Η ενσωμάτωση σχετικών ενοτήτων στα πανεπιστημιακά προγράμματα θα συμβάλει στη δημιουργία νέας γενιάς ειδικών στην πράσινη δόμηση. Εκστρατείες πληροφόρησης για τα οικολογικά και οικονομικά οφέλη των πράσινων στεγών μπορούν να ενισχύσουν τη συμμετοχή των πολιτών και των επενδυτών. Η ανάδειξη επιτυχημένων παραδειγμάτων (best practices) από δήμους, πανεπιστήμια ή επιχειρήσεις λειτουργεί ως μοχλός διάχυσης και αποδοχής. Η ενίσχυση της έρευνας σε τεχνολογίες χαμηλής συντήρησης, σε ανθεκτικά φυτικά είδη και σε συστήματα αεροπονίας ή υδροπονίας θα βελτιώσει τη βιωσιμότητα των πράσινων στεγών. Η χρήση αισθητήρων, τεχνητής νοημοσύνης και αυτόματων συστημάτων παρακολούθησης μπορεί να μειώσει τη συντήρηση και να αυξήσει τη διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων. Η συνέργεια

δημοσίων αρχών, πανεπιστημίων, ερευνητικών κέντρων και επιχειρήσεων είναι θεμελιώδης. Μέσα από συνεργατικά δίκτυα και πιλοτικά έργα μπορούν να αναπτυχθούν πρότυπα αστικής πράσινης υποδομής, προσαρμοσμένα στις ανάγκες κάθε πόλης.

### 3. Περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα

Οι πράσινες στέγες, γνωστές και ως *ζωντανές στέγες* ή *φυτεμένες στέγες*, αποτελούν μια καινοτόμο προσέγγιση στην αστική αρχιτεκτονική που προσφέρει πληθώρα περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων έναντι των παραδοσιακών τύπων οροφής. Στην πρώτη γραμμή των ωφελειών τους βρίσκεται η αντιμετώπιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Urban Heat Island – UHI). Οι συμβατικές στέγες, φτιαγμένες συνήθως από ασφαλτό ή πίσσα, απορροφούν και συγκρατούν τη θερμότητα, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του αστικού μικροκλίματος. Αντίθετα, οι πράσινες στέγες λειτουργούν ως φυσικοί θερμομονωτές, απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και τη χρησιμοποιούν στη φωτοσύνθεση, μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία της επιφάνειας και του περιβάλλοντος μέσω εξάτμισης και διαπνοής (evapotranspiration).

Αυτό το ψυκτικό αποτέλεσμα βελτιώνει την άνεση των αστικών χώρων και μειώνει την ανάγκη χρήσης κλιματισμού κατά τους θερινούς μήνες, οδηγώντας σε μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση και περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η μείωση του UHI έχει επίσης θετική επίδραση στη δημόσια υγεία, καθώς περιορίζει την εμφάνιση θερμικών επεισοδίων και σχετιζόμενων προβλημάτων, όπως θερμοπληξία ή επιδείνωση καρδιαγγειακών νοσημάτων.

Πέραν της θερμορρύθμισης, οι πράσινες στέγες συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Τα στρώματα της βλάστησης και του υποστρώματος λειτουργούν ως φυσικά φίλτρα, παγιδεύοντας αιωρούμενα σωματίδια και απορροφώντας διοξείδιο του άνθρακα μέσω της φωτοσύνθεσης. Αυτή η διεργασία καθαρισμού της ατμόσφαιρας μειώνει τη συγκέντρωση επιβλαβών ρύπων και συμβάλλει στην υγεία των κατοίκων, ιδίως σε πόλεις με αυξημένα επίπεδα κυκλοφορίας ή βιομηχανικής δραστηριότητας.

Επιπλέον, οι πράσινες στέγες λειτουργούν ως ενδιαιτήματα για επικονιαστές και άλλα είδη της αστικής πανίδας. Η παρουσία φυτών και λουλουδιών προσελκύει μέλισσες, πεταλούδες, πουλιά και ωφέλιμα έντομα, ενισχύοντας τη βιοποικιλότητα και δημιουργώντας οικολογική συνδεσιμότητα μέσα στο αστικό πλέγμα. Σε πυκνοκατοικημένες περιοχές όπου οι πράσινοι χώροι είναι περιορισμένοι, οι στέγες αυτές αποτελούν νησίδες ζωής και καταφύγια για την αστική άγρια φύση. Η στήριξη επικονιαστών, μάλιστα, έχει έμμεσο θετικό αντίκτυπο και στην αγροτική παραγωγή και την οικολογική ισορροπία. Με την ενίσχυση αυτών των οικοσυστημικών υπηρεσιών,

οι πράσινες στέγες συμβάλλουν σε μια ολιστική προσέγγιση βιώσιμης πόλης, όπου η φύση επανεπεντάσσεται ενεργά στο αστικό περιβάλλον.

Άλλο ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι η μείωση της ηχορύπανσης. Οι στρώσεις εδάφους, φυτών και ριζών απορροφούν και διαχέουν τα ηχητικά κύματα, περιορίζοντας τη μετάδοση του θορύβου από εξωτερικές πηγές προς το εσωτερικό των κτιρίων. Αυτή η ακουστική μόνωση βελτιώνει την ποιότητα ζωής και την ψυχική υγεία των κατοίκων, καθώς η έκθεση σε χρόνια ηχορύπανση συνδέεται με άγχος, διαταραχές ύπνου και μειωμένη συγκέντρωση.

Ένα από τα πλέον κρίσιμα περιβαλλοντικά οφέλη των πράσινων στεγών είναι η διαχείριση της απορροής ομβρίων. Τα πολλαπλά τους στρώματα (φυτική κάλυψη, υπόστρωμα, αποστράγγιση) απορροφούν, συγκρατούν και φιλτράρουν τα νερά της βροχής, μειώνοντας τον όγκο και την ταχύτητα απορροής προς τα αστικά δίκτυα. Με αυτόν τον τρόπο, περιορίζεται ο κίνδυνος πλημμυρών, βελτιώνεται η ποιότητα των υδάτων και ανακουφίζεται η πίεση στα αποχετευτικά συστήματα. Ταυτόχρονα, η αποθήκευση και σταδιακή απελευθέρωση του νερού συμβάλλει στην επαναφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων, ενώ η διήθηση μέσα από το υπόστρωμα μειώνει τη ρύπανση που προκαλείται από σωματίδια, βαρέα μέταλλα και μικρορρύπους.

Συνολικά, οι πράσινες στέγες συμβάλλουν και στη δέσμευση άνθρακα (carbon sequestration), μειώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα των πόλεων. Παρότι η ποσοτική εκτίμηση της συνεισφοράς τους στην επίτευξη ουδετερότητας άνθρακα (carbon neutrality) παραμένει σύνθετη, η συμβολή τους μέσω μείωσης ενεργειακής κατανάλωσης, δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα και βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων είναι καθοριστική (Xiao et al., 2023).

Εν ολίγοις, οι πράσινες στέγες αποτελούν ολιστική και βιώσιμη λύση που αντιμετωπίζει πολλαπλές αστικές προκλήσεις: μετριάζουν τη θερμότητα, καθαρίζουν την ατμόσφαιρα, ενισχύουν τη βιοποικιλότητα, περιορίζουν την ηχορύπανση, διαχειρίζονται τα όμβρια, και προωθούν τη μετάβαση προς κλιματικά ανθεκτικές πόλεις. Καθώς η κλιματική αλλαγή, η αστικοποίηση και η περιβαλλοντική υποβάθμιση συνεχίζουν να πιέζουν τα αστικά οικοσυστήματα, οι πράσινες στέγες αποτελούν μια χειροπιαστή, προσαρμόσιμη και αποδοτική απάντηση, που συμβάλλει στη δημιουργία υγιέστερων και πιο βιώσιμων πόλεων για τις σημερινές και τις μελλοντικές γενιές.

## 4. Ταξινόμηση Πράσινων Στεγών

Οι πράσινες στέγες αποτελούν ευέλικτο και δυναμικό τύπο συστημάτων στέγασης, που προσφέρουν πολλαπλά οφέλη στα αστικά περιβάλλοντα. Μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τον σχεδιασμό, τον τύπο βλάστησης ή τη λειτουργία τους. Μία από τις πιο διαδεδομένες ταξινομήσεις τις διαχωρίζει σε τρεις βασικές κατηγορίες: εκτεταμένες, ημι-εντατικές, και εντατικές πράσινες στέγες (Πίνακας 2).

Οι εκτεταμένες πράσινες στέγες χαρακτηρίζονται από μικρό βάρος και μικρό βάθος υποστρώματος (5–15 cm). Σχεδιάζονται για να φιλοξενούν χαμηλή, ανθεκτική στη ξηρασία βλάστηση, όπως sedum, βρύα και χλόη. Πλεονεκτούν χάρη στο χαμηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης και χρησιμοποιούνται ευρέως σε κτίρια όπου η φέρουσα ικανότητα είναι περιορισμένη. Παρά τη σχετική τους απλότητα, προσφέρουν ουσιαστικά περιβαλλοντικά οφέλη — όπως διαχείριση ομβρίων, θερμική μόνωση και ενίσχυση της βιοποικιλότητας — αν και σε μικρότερο βαθμό από τους άλλους δύο τύπους.

Οι ημι-εντατικές πράσινες στέγες αποτελούν ενδιάμεση κατηγορία μεταξύ των εκτεταμένων και των εντατικών, τόσο ως προς το βάθος του υποστρώματος (15–30 cm), όσο και ως προς τις ανάγκες άρδευσης και συντήρησης. Μπορούν να υποστηρίξουν πιο ποικιλόμορφη βλάστηση, όπως μικρούς θάμνους, ποώδη φυτά και αρωματικά βότανα. Προσφέρουν περισσότερα οικολογικά και αισθητικά οφέλη σε σχέση με τις εκτεταμένες, όπως μεγαλύτερη βιοποικιλότητα, βελτιωμένη ποιότητα αέρα και οπτική αναβάθμιση του αστικού τοπίου. Ωστόσο, απαιτούν συχνότερη συντήρηση και άρδευση.

Οι εντατικές πράσινες στέγες είναι οι πιο πολύπλοκες και απαιτητικές. Διαθέτουν μεγάλο βάθος υποστρώματος (πάνω από 30 cm) και μπορούν να υποστηρίξουν ευρεία ποικιλία φυτών, από δέντρα και μεγάλους θάμνους μέχρι καλλωπιστικά άνθη. Προσφέρουν το υψηλότερο δυναμικό για αύξηση της βιοποικιλότητας, δημιουργία βιότοπων και χώρων αναψυχής για κατοίκους και επισκέπτες. Είναι ιδανικές για αστικά πάρκα, κήπους και δημόσιους χώρους, αλλά απαιτούν ισχυρή δομική υποστήριξη, άρδευση και τακτική συντήρηση.

Η παραπάνω τριμερής ταξινόμηση παρέχει ένα χρήσιμο πλαίσιο κατανόησης των διαφορών ως προς σχεδιασμό, βλάστηση και απαιτήσεις συντήρησης. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου

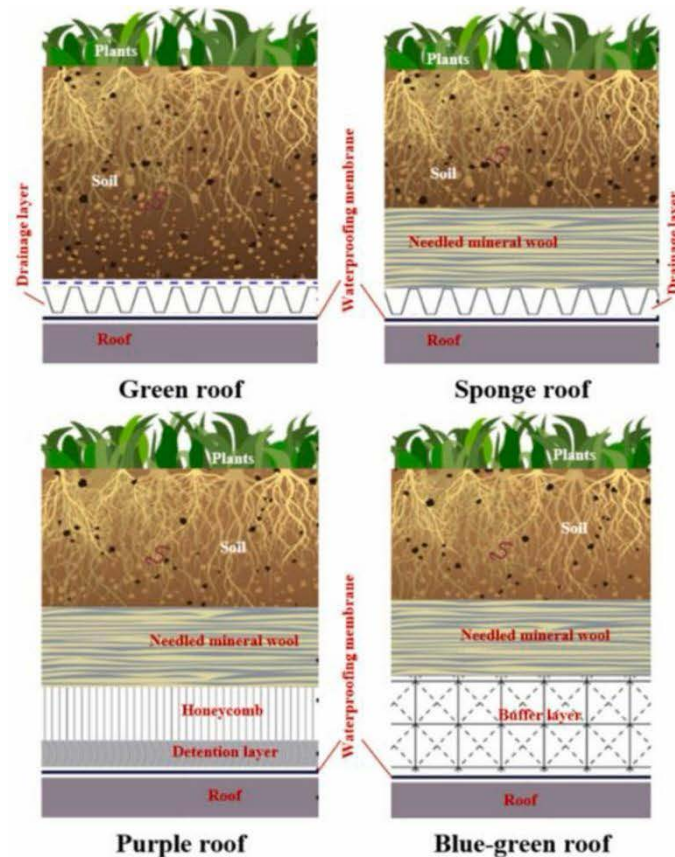
εξαρτάται από τους στόχους του έργου, τον προϋπολογισμό, τις τοπικές συνθήκες και τις τεχνικές δυνατότητες συντήρησης.

Συνοπτικά, η ταξινόμηση των πράσινων στεγών σε εκτατικές, ημιεντατικές και εντατικές κατηγορίες παρέχει ένα χρήσιμο πλαίσιο για την κατανόηση των απαιτήσεων σχεδιασμού, βλάστησης και συντήρησης. Κάθε τύπος πράσινης στέγης προσφέρει μοναδικά οφέλη και προκλήσεις και η επιλογή του τύπου στέγης θα πρέπει να βασίζεται σε παράγοντες όπως οι στόχοι του έργου, ο προϋπολογισμός, οι συνθήκες της τοποθεσίας και οι δυνατότητες συντήρησης. Επιλέγοντας τον κατάλληλο τύπο και σχεδιασμό πράσινης στέγης, οι πολεοδόμοι, οι αρχιτέκτονες και οι ιδιοκτήτες κτιρίων μπορούν να μεγιστοποιήσουν τα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη των πράσινων στεγών στις κοινότητές τους.

**Πίνακας 2. Τύπος ΠΣ και κύρια χαρακτηριστικά (Πηγή: Calheiros και Stefanakis, 2021)**

Κριτήρια	Τύποι πράσινων στεγών		
	Εντατική πράσινη στέγη	Ημιεντατική πράσινη στέγη	Εκτεταμένη πράσινη στέγη
Συντήρηση Στρώμα υποστρώματος	Ψηλά >25 εκ.	Περιοδική/μέτρια 15-25 εκ.	Χαμηλός 8-15 εκ.
Βλάστηση Βάρος του συστήματος	Δέντρα, θάμνοι, γκαζόν >350 kg/ m <sup>2</sup>	Χόρτα-βότανα, θάμνοι 150-350 kg/ m <sup>2</sup>	Παχύφυτα (sedum), βρύα, γρασίδι 80-180 kg/m <sup>2</sup>
Προσθασιμότητα	(3,43 kN / m <sup>2</sup> ) Γενικά, χωρίς περιορισμό	(1,47-3,43 kN / m <sup>2</sup> ) Περιορισμένο βήμα	Απαγορεύεται η χρήση σκαλοπατιών, εκτός εάν πρόκειται για συντήρηση.

Μια εναλλακτική κατηγοριοποίηση διακρίνει τις πράσινες στέγες σε στέγες συγκράτησης (retention roofs) και στέγες καθυστέρησης (detention roofs). Οι δεύτερες διαθέτουν επιπλέον στρώματα κάτω από το υπόστρωμα που μπορούν να συλλέγουν και να αποθηκεύουν προσωρινά το διηθημένο νερό, με στόχο τη μείωση ή καθυστέρηση της μέγιστης απορροής. Ένα έξυπνο σύστημα υπερχειλίσης (weir system) μπορεί να ρυθμίζει αυτόματα τα επίπεδα νερού ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη, π.χ. για άρδευση ή χρήση σε οικιακά συστήματα. Οι στέγες καθυστέρησης είναι επίσης γνωστές ως πολυεπίπεδες «μπλε-πράσινες» στέγες (blue-green roofs, Pelorosso et al., 2024) ή «μοβ στέγες» (purple roofs) (Alim et al., 2023). Οι τελευταίες διαθέτουν ειδικά στρώματα αποθήκευσης και απορρόφησης, που ενισχύουν τη διαχείριση των ομβρίων (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Η διαφορά στο σχεδιασμό μιας στέγης συγκράτησης (παραδοσιακή πράσινη στέγη και στέγη σφουγγάρι) και στεγών συγκράτησης (μωβ και μπλε-πράσινες στέγες) (Πηγή: Alim et al., 2023).

Τέλος, οι πράσινες στέγες μπορούν να ταξινομηθούν και ανάλογα με την κλίση της οροφής.

### I. Πράσινες Στέγες Επίπεδες ή Χαμηλής Κλίσης:

Οι επίπεδες ή χαμηλής κλίσης στέγες, συνήθως με κλίσεις που κυμαίνονται από 0 έως 10 μοίρες, αντιπροσωπεύουν τον πιο συνηθισμένο τύπο εγκατάστασης πράσινης στέγης. Αυτές οι στέγες βρίσκονται συχνά σε αστικά περιβάλλοντα όπου οι αρχιτεκτονικοί περιορισμοί περιορίζουν τη χρήση πιο απότομων κλίσεων. Η ταξινόμηση των πράσινων στεγών σε επίπεδες ή χαμηλής κλίσης επιφάνειες περιλαμβάνει εκτεταμένα και εντατικά συστήματα.

### II. Πράσινες Στέγες Μέτριας Κλίσης:

Οι πράσινες στέγες μέτριας κλίσης, με κλίσεις που κυμαίνονται από 10 έως 45 μοίρες, αποτελούν ενδιάμεση κατηγορία και προσφέρουν ισορροπία μεταξύ λειτουργικότητας και αισθητικής.

α) Αρθρωτές ή δομοστοιχειωτές πράσινες στέγες:

Οι αρθρωτές ή δομοστοιχειωτές στέγες (tray or modular) χρησιμοποιούν προφυτευμένα δοχεία, τα οποία διευκολύνουν τη συντήρηση και τη διαχείριση του νερού.

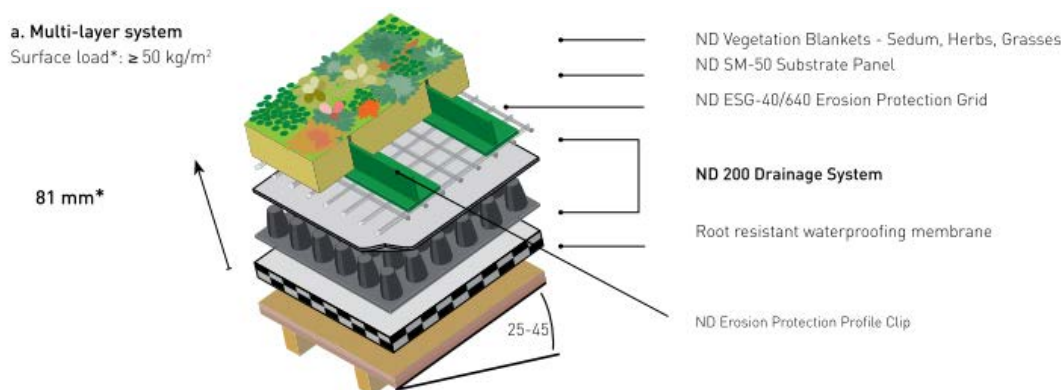
β) Πράσινες στέγες με επικλινείς άκρες

Οι στέγες με επικλινείς άκρες (sloped-edge) υιοθετούν βαθμιδωτή διαμόρφωση, επιτρέπουν τη φύτευση διαφορετικών ειδών ανάλογα με την κλίση, συνδυάζουν την αισθητική ποικιλία με οικολογική λειτουργικότητα παρέχοντας ένα φυσικό βιότοπο για ποικίλη χλωρίδα και πανίδα.

### III. Πράσινες Στέγες Μεγάλης Κλίσης:

Οι στέγες μεγάλης κλίσης παρουσιάζουν προκλήσεις ως προς τη σταθερότητα και την διάβρωση, αλλά παρέχουν σημαντικά οπτικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

1. Οι στέγες με φυτικά καλύμματα σε ρολά (blanket ή mat roofs) προσφέρουν άμεση κάλυψη και αντιδιαβρωτική προστασία.
2. Οι ενισχυμένες στέγες μεγάλης κλίσης (reinforced slope roofs) χρησιμοποιούν τεχνικές αναβαθμίδων, τοιχίων και ενισχυτικών υλικών για να εξασφαλίσουν σταθερότητα και μακροχρόνια ανθεκτικότητα. Αυτά τα συστήματα απαιτούν προσεκτικό σχεδιασμό για να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η μακροζωία της πράσινης στέγης σε απότομες επιφάνειες.



**Σχήμα 2. Παράδειγμα πράσινης στέγης με απότομη κλίση (Πηγή: Nophdrain , 2010)**

Η κατηγοριοποίηση με βάση την κλίση επιτρέπει καλύτερη προσαρμογή στις αρχιτεκτονικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις κάθε έργου. Είτε πρόκειται για επίπεδες είτε για επικλινείς επιφάνειες, οι πράσινες στέγες συμβάλλουν ουσιαστικά στη βιώσιμη αστική ανάπτυξη, τη μείωση

της θερμικής νησίδας, τη διαχείριση των ομβρίων και την ενίσχυση της βιοποικιλότητας. Καθώς η ζήτηση για λύσεις πράσινων κτιρίων συνεχίζει να αυξάνεται, η διερεύνηση των ταξινομήσεων πράσινων στεγών με βάση την κλίση της στέγης παρέχει πολύτιμες γνώσεις για αρχιτέκτονες, μηχανικούς και πολεοδόμους που επιδιώκουν να ενσωματώσουν φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές στο δομημένο περιβάλλον.

## 5. Η δομή των πράσινων στεγών

Οι πράσινες στέγες αποτελούνται από πολλαπλά στρώματα, τα οποία συνεργάζονται ώστε να υποστηρίξουν τη βλάστηση και να παρέχουν ποικίλα περιβαλλοντικά οφέλη. Η δομή μιας πράσινης στέγης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το κλίμα, τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τη λειτουργική χρήση του κτιρίου, ωστόσο περιλαμβάνει συνήθως τα εξής βασικά στοιχεία:

- Φέρουσα πλάκα (roof deck)
- Στεγανωτική μεμβράνη
- Στρώμα αποστράγγισης
- Υπόστρωμα (growing medium)
- Βλάστηση
- Προαιρετικά: θερμομόνωση, αντιρριζική μεμβράνη και σύστημα άρδευσης

Το πρώτο στρώμα μιας πράσινης στέγης είναι η φέρουσα πλάκα, η οποία ποτελεί το δομικό υπόβαθρο του συστήματος και εξασφαλίζει τη στατική επάρκεια της στέγης. Μπορεί να είναι κατασκευασμένη από σκυρόδεμα, μέταλλο ή ξύλο, ανάλογα με τη φέρουσα ικανότητα και τον σχεδιασμό του κτιρίου. Η αντοχή της είναι καθοριστική για την υποστήριξη των επιπλέον στρωμάτων και του συνολικού βάρους της εγκατάστασης.

Στη συνέχεια, ακολουθεί στεγανωτική μεμβράνη, η οποία αποτελεί κρίσιμο στοιχείο προστασίας του κτιρίου από τη διείσδυση υγρασίας. Κατασκευάζεται συνήθως από συνθετικά υλικά, όπως PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο) ή EPDM (συνθετικό καουτσούκ), και δημιουργεί αδιαπέραστο φράγμα που αποτρέπει τη διαρροή νερού και τη φθορά της φέρουσας πλάκας. Η σωστή εγκατάσταση και συντήρηση της μεμβράνης είναι καθοριστικής σημασίας για τη μακροχρόνια ανθεκτικότητα του συστήματος.

Το στρώμα αποστράγγισης εξασφαλίζει την απομάκρυνση της περίσσειας νερού από την επιφάνεια της στέγης, αποτρέποντας τη συσσώρευση και την υδροστατική πίεση. Αποτελείται συνήθως από πορώδη, ελαφρά υλικά όπως χαλίκι, διογκωμένο άργιλο ή ειδικά στρώματα αποστράγγισης (drainage mats). Επιτρέπει στο πλεονάζον νερό να απορρέει ελεύθερα, μειώνοντας τον κίνδυνο διαρροών και φθορών στη δομή.

Πάνω από το στρώμα αποστράγγισης βρίσκεται το υπόστρωμα, ή αλλιώς φυτευτικό έδαφος, λειτουργεί ως το μέσο ανάπτυξης των φυτών. Είναι ελαφρύ, καλά στραγγιζόμενο και πλούσιο σε

θρεπτικά συστατικά, ώστε να επιτρέπει την υγιή ανάπτυξη των ριζών. Αποτελείται συνήθως από μίγμα οργανικών και ανόργανων υλικών, όπως κομπόστ, τύρφη και διογκωμένα αδρανή. Η σύσταση του υποστρώματος προσαρμόζεται ανάλογα με το κλίμα, τα είδη φυτών και τις ανάγκες συντήρησης.

Η φυτική κάλυψη είναι το πιο ορατό και αναγνωρίσιμο στοιχείο της πράσινης στέγης. Ανάλογα με το κλίμα και τον τύπο του συστήματος, μπορεί να περιλαμβάνει γρασίδι, sedum, αγριολούλουδα, αρωματικά φυτά, θάμνους ή και μικρά δέντρα. Η σωστή επιλογή φυτών είναι κρίσιμη ώστε να εξασφαλίζεται συμβατότητα με το υπόστρωμα, αντοχή στις τοπικές συνθήκες και περιορισμένες ανάγκες συντήρησης. Επιπλέον, η βλάστηση προσφέρει βελτίωση ποιότητας αέρα, θερμορύθμιση, αισθητική αναβάθμιση και ενδιαιτήματα για πανίδα.

Εκτός από αυτά τα κύρια στοιχεία, ανάλογα με τις ανάγκες του έργου, μπορεί να προστεθούν επιπλέον στρώματα, όπως θερμομόνωση (rigid foam ή ελαφρύ σκυρόδεμα) για βελτίωση ενεργειακής απόδοσης, αντιρριζική μεμβράνη για την αποτροπή διείσδυσης ριζών στη στεγανωτική στρώση, σύστημα άρδευσης (drip ή capillary) για υποστήριξη της βλάστησης σε ξηρές περιόδους. Η επιλογή και ενσωμάτωση αυτών των πρόσθετων στοιχείων εξαρτάται από τους στόχους του έργου, τον προϋπολογισμό και τις τοπικές συνθήκες συντήρησης

Συνολικά, η δομή μιας πράσινης στέγης σχεδιάζεται προσεκτικά για να δημιουργήσει ένα υποστηρικτικό περιβάλλον για την ανάπτυξη των φυτών, προστατεύοντας παράλληλα τη δομή του κτιρίου από ζημιές από το νερό και διασφαλίζοντας μακροπρόθεσμη ανθεκτικότητα και απόδοση. Ενσωματώνοντας πολλαπλά στρώματα υλικών και εξαρτημάτων, οι πράσινες στέγες παρέχουν μια βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον λύση για τη μείωση της απορροής των ομβρίων υδάτων, τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και την ενίσχυση της αστικής βιοποικιλότητας.

## 6. Λεπτομερής παρουσίαση των δομικών στοιχείων

Οι πράσινες στέγες είναι πολύπλοκα συστήματα που αποτελούνται από σειρά δομικών στοιχείων τα οποία συνεργάζονται για να υποστηρίξουν τη βλάστηση και να παρέχουν πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη. Η κατανόηση των επιμέρους αυτών στοιχείων είναι ουσιώδης για τον ορθό σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη συντήρηση ενός αποδοτικού συστήματος πράσινης στέγης.

### 1. Φέρουσα Πλάκα

Η φέρουσα πλάκα λειτουργεί ως θεμέλιο για ολόκληρο το σύστημα. Μπορεί να είναι κατασκευασμένη από ξύλο, σκυρόδεμα, μέταλλο ή σύνθετα υλικά.

- Οι ξύλινες πλάκες χρησιμοποιούνται συχνά σε κατοικίες λόγω χαμηλού κόστους και ευκολίας τοποθέτησης.
- Οι πλάκες από σκυρόδεμα είναι κατάλληλες για εμπορικά ή βιομηχανικά κτίρια με υψηλές απαιτήσεις αντοχής.
- Οι μεταλλικές πλάκες είναι ελαφριές και ανθεκτικές στη διάβρωση, ενώ οι σύνθετες (fiberglass ή ενισχυμένο πλαστικό) προσφέρουν συνδυασμό αντοχής και ανθεκτικότητας σε υγρασία.

Η προσεκτική προετοιμασία και συντήρηση του υποστρώματος είναι καθοριστική για τη μακροχρόνια ανθεκτικότητα του συστήματος.

### 2. Στεγανωτική Μεμβράνη

Η στεγανωτική μεμβράνη αποτελεί το βασικό προστατευτικό φράγμα έναντι της υγρασίας. Κατασκευάζεται από συνθετικά υλικά, όπως PVC ή EPDM, και εξασφαλίζει απόλυτη στεγανότητα μεταξύ φέρουσας πλάκας και υποστρώματος. Η σωστή εγκατάσταση είναι κρίσιμη ώστε να αποφευχθούν διαρροές και πρόωρη φθορά της στέγης. Οι μεμβράνες αυτές παρέχουν ανθεκτικότητα σε νερό, υπεριώδη ακτινοβολία και θερμοκρασιακές μεταβολές, εξασφαλίζοντας τη μακροχρόνια λειτουργικότητα της πράσινης στέγης.

### 3. Στρώμα Αποστράγγισης

Το στρώμα αποστράγγισης επιτρέπει την ελεύθερη απομάκρυνση της περίσσειας νερού, αποτρέποντας τη συσσώρευση και την υδροστατική πίεση. Αποτελείται από πορώδη υλικά, όπως χαλίκι, διογκωμένο άργιλο ή ειδικά στρώματα αποστράγγισης, που επιτρέπουν την ομαλή ροή του νερού και προστατεύουν τη στεγανωτική μεμβράνη από φθορά. Η σωστή διαστασιολόγηση του στρώματος αποστράγγισης είναι καθοριστική για την αποφυγή πλημμυρικών φαινομένων και τη βελτιστοποίηση της απορροής.

#### **4. Υπόστρωμα (Substrate)**

Το υπόστρωμα φύτευσης λειτουργεί ως το μέσο ανάπτυξης των φυτών. Είναι ελαφρύ, καλά στραγγιζόμενο και πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά. Αποτελείται συνήθως από μίγμα οργανικών και ανόργανων υλικών, όπως κομπόστ, τύρφη και διογκωμένα αδρανή. Η ακριβής σύνθεση προσαρμόζεται ανάλογα με το κλίμα, την επιλεγμένη βλάστηση και τη συχνότητα συντήρησης. Το υπόστρωμα εξασφαλίζει τη σωστή κυκλοφορία αέρα και νερού στη ριζόσφαιρα, ενώ ταυτόχρονα αποτρέπει διάβρωση, συμπίεση και απώλεια θρεπτικών στοιχείων

#### **5. Βλάστηση**

Η βλάστηση είναι το πιο εμφανές στοιχείο της πράσινης στέγης και το κύριο φορέας των οικολογικών λειτουργιών της. Ανάλογα με το είδος της στέγης και το κλίμα, μπορεί να περιλαμβάνει sedum, γρασίδι, αγριολούλουδα, βότανα, θάμνους ή μικρά δέντρα.

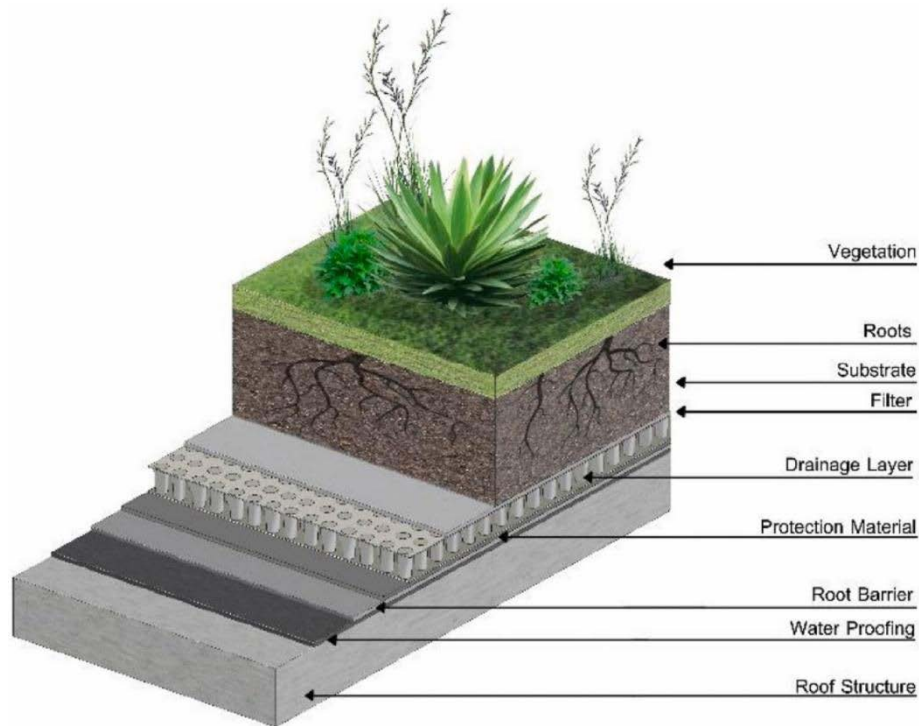
Η επιλογή πρέπει να βασίζεται στην αντοχή στην ξηρασία, την προσαρμοστικότητα στο μικροκλίμα, και στις περιορισμένες ανάγκες συντήρησης. Η σωστή εγκατάσταση και φροντίδα εξασφαλίζουν αισθητική, βιοποικιλότητα και βελτιωμένη θερμορύθμιση.

#### **6. Πρόσθετα Στρώματα (Προαιρετικά)**

Για βελτίωση των επιδόσεων, μπορούν να προστεθούν επιπλέον στρώματα:

- Θερμομόνωση, για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης.
- Αντιρριζική μεμβράνη, για αποτροπή διείσδυσης ριζών.
- Σύστημα άρδευσης, κυρίως σε εντατικές στέγες ή σε περιοχές με ξηρό κλίμα.

Η επιλογή αυτών των πρόσθετων στοιχείων εξαρτάται από τις τεχνικές απαιτήσεις, το κόστος και τη διαθεσιμότητα πόρων του εκάστοτε έργου.



**Σχήμα 3. Τυπικά στρώματα πράσινης στέγης (Πηγή: Mihalakakou et al., 2023).**

Συνολικά, η δομή μιας πράσινης στέγης συνιστά ένα σύνθετο οικολογικό σύστημα όπου κάθε στρώμα επιτελεί κρίσιμο ρόλο — από την προστασία του κτιρίου έως την υποστήριξη της ζωής. Η ορθή επιλογή υλικών, ο σχεδιασμός σύμφωνα με το τοπικό κλίμα, και η συντήρηση με βάση τις περιβαλλοντικές παραμέτρους διασφαλίζουν την ανθεκτικότητα, την αποδοτικότητα και τη μακροχρόνια βιωσιμότητα των πράσινων στεγών.

## 7. Νομοθεσία για τις Πράσινες Στέγες

Δεν υπάρχει μέχρι σήμερα ενιαίο νομικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης που να αφορά αποκλειστικά τις πράσινες στέγες. Ωστόσο, μια σειρά από οδηγίες και κανονισμούς της ΕΕ επηρεάζουν έμμεσα την προώθηση και εφαρμογή τους στα κράτη-μέλη. Οι ευρωπαϊκές πολιτικές δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στη βιωσιμότητα, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, τον μετριασμό και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, καθώς και στην ενσωμάτωση λύσεων βασισμένων στη φύση (Nature-Based Solutions – NBS) στην αστική ανάπτυξη.

Κομβική πρωτοβουλία αποτελεί η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal), που παρουσιάστηκε το 2019 και θέτει τον στόχο της κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Στο πλαίσιο αυτό, η Στρατηγική Βιοποικιλότητας της ΕΕ για το 2030 επιδιώκει την αποκατάσταση των υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων και την ενσωμάτωση πράσινων υποδομών στις πόλεις. Οι πράσινες στέγες αναγνωρίζονται ως βασικό εργαλείο για την επίτευξη αυτών των στόχων, καθώς ενισχύουν τη βιοποικιλότητα, βελτιώνουν την ανθεκτικότητα των πόλεων και συμβάλλουν στη βιώσιμη αστική ανάπτυξη.

Επιπλέον, το Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία (Circular Economy Action Plan) προωθεί την αποδοτική χρήση πόρων και τη μείωση αποβλήτων, ενθαρρύνοντας την επαναχρησιμοποίηση υλικών και την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών κατασκευής — στοιχεία που συνδέονται άμεσα με τη χρήση πράσινων στεγών.

Παράλληλα, οι οδηγίες για τα ύδατα, την ποιότητα του αέρα και την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων — όπως η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (Water Framework Directive), η Οδηγία για την Ποιότητα του Ατμοσφαιρικού Αέρα (Ambient Air Quality Directive) και η Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD) — επηρεάζουν έμμεσα την υιοθέτηση πράσινων στεγών ως λύσης σε περιβαλλοντικές προκλήσεις όπως οι πλημμύρες, η ρύπανση και η σπατάλη ενέργειας.

Παρότι δεν υπάρχει δεσμευτική ευρωπαϊκή νομοθεσία για τις πράσινες στέγες, πλήθος ερευνητικών προγραμμάτων και χρηματοδοτικών πρωτοβουλιών της ΕΕ συμβάλλουν στη διάδοση της τεχνολογίας και της τεχνογνωσίας (π.χ. έργα *LIFE*, *Horizon Europe*, *Erasmus+*). Αυτά προωθούν κατευθυντήριες οδηγίες, καλές πρακτικές και τεχνική υποστήριξη προς φορείς χάραξης πολιτικής,

μηχανικούς και πολίτες που επιθυμούν να ενσωματώσουν πράσινες στέγες σε έργα αστικής ανάπτυξης.

### **7.1 Εθνικές Νομοθεσίες και Πρωτοβουλίες**

A) Στην **Ιταλία**, η προώθηση των πράσινων στεγών υποστηρίζεται σε εθνικό και τοπικό επίπεδο μέσω κανονισμών, φορολογικών κινήτρων και αστικών στρατηγικών. Το Νομοθετικό Διάταγμα 192/2005, όπως τροποποιήθηκε από το 311/2006, θέτει μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, ενθαρρύνοντας έμμεσα την υιοθέτηση πράσινων στεγών. Πόλεις όπως το Μιλάνο, η Μπολόνια, το Τορίνο, η Φλωρεντία και η Ρώμη έχουν θεσπίσει τοπικούς κανονισμούς και σχέδια βιώσιμης ανάπτυξης, παρέχοντας φοροαπαλλαγές και δημόσιες επιχορηγήσεις για έργα πράσινων στεγών. Πανεπιστήμια όπως το Μιλάνο Bicocca έχουν εντάξει τις πράσινες στέγες στις στρατηγικές βιωσιμότητας των campus, επιδεικνύοντας καλές πρακτικές στον δημόσιο τομέα.

B) Στην **Ελλάδα**, η προώθηση των πράσινων στεγών υποστηρίζεται μέσω εθνικών πολιτικών ενεργειακής απόδοσης και τοπικών πρωτοβουλιών βιώσιμης αστικής ανάπτυξης. Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ενεργειακή Απόδοση περιλαμβάνει μέτρα που ενθαρρύνουν την πράσινη δόμηση και τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων. Σε δημοτικό επίπεδο, πόλεις όπως η Αθήνα έχουν θεσπίσει κίνητρα και πιλοτικά προγράμματα για την εγκατάσταση πράσινων στεγών, στοχεύοντας στη μείωση της θερμικής νησίδας και στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης. Οι βέλτιστες πρακτικές περιλαμβάνουν τη χρήση αυτόχθονων και ανθεκτικών στη ξηρασία φυτών, την ελαχιστοποίηση της συντήρησης και κατανάλωσης νερού, καθώς και τη συνεργασία δημόσιου-ιδιωτικού τομέα για την προώθηση καινοτόμων λύσεων. Πανεπιστήμια και ερευνητικά ιδρύματα, όπως το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, συμβάλλουν ενεργά στην έρευνα και ανάπτυξη πράσινων τεχνολογιών στέγασης, εντάσσοντας τις πρακτικές αυτές στα προγράμματα σπουδών και στις αστικές στρατηγικές βιωσιμότητας.

Γ) Στην **Ισπανία**, η προώθηση πράσινων στεγών υποστηρίζεται τόσο από το Εθνικό Τεχνικό Οικοδομικό Κανονισμό όσο και από περιφερειακές πρωτοβουλίες σε περιοχές όπως η Καταλονία και η Μαδρίτη. Οι πολιτικές αυτές ενθαρρύνουν συστήματα συλλογής ομβρίων, χρήση φυτών

ανθεκτικών στην ξηρασία και συνεργασίες δημόσιου-ιδιωτικού τομέα. Τα πανεπιστήμια διαδραματίζουν ενεργό ρόλο στην έρευνα και εκπαίδευση, ενσωματώνοντας τις πράσινες στέγες στα προγράμματα βιωσιμότητας και πολεοδομικής καινοτομίας.

δ. Η **Γερμανία** υπήρξε πρωτοπόρος στην προώθηση των πράσινων στεγών για αρκετές δεκαετίες. Το 2016 θέσπισε την Κατευθυντήρια Οδηγία για τις Πράσινες Στέγες (Green Roofing Guideline), η οποία καθορίζει τις τεχνικές απαιτήσεις και τις βέλτιστες πρακτικές για την εγκατάστασή τους. Πολλές γερμανικές πόλεις προσφέρουν οικονομικά κίνητρα και επιδοτήσεις για την ενθάρρυνση της κατασκευής πράσινων στεγών, με τη Βερολίνο να αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα. Επιπλέον, το Γερμανικό Συμβούλιο Βιώσιμης Δόμησης (DGNB – Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) έχει αναπτύξει πρότυπα πιστοποίησης για τα βιώσιμα κτίρια, τα οποία περιλαμβάνουν κριτήρια που αφορούν τις πράσινες στέγες. Οι πρωτοβουλίες αυτές αντικατοπτρίζουν τη δέσμευση της Γερμανίας στη βιώσιμη αστική ανάπτυξη και στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας απέναντι στην κλιματική αλλαγή.

ε. Η **Γαλλία** έχει επίσης υιοθετήσει τις πράσινες στέγες στο πλαίσιο των προσπαθειών της για την προώθηση της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης. Το 2015, η χώρα θέσπισε νομοθεσία που απαιτεί όλα τα νέα κτίρια σε εμπορικές ζώνες να περιλαμβάνουν πράσινες στέγες ή φωτοβολταϊκά πάνελ. Ο νόμος αυτός αποσκοπεί στην ενίσχυση της βιοποικιλότητας, στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και στην προώθηση της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας. Παράλληλα, αρκετές γαλλικές πόλεις, συμπεριλαμβανομένου του Παρισιού, έχουν εφαρμόσει προγράμματα και κίνητρα για πράσινες στέγες, ενθαρρύνοντας τους ιδιοκτήτες κτιρίων να τις εγκαθιστούν σε εθελοντική βάση. Οι πρωτοβουλίες αυτές εντάσσονται στη Στρατηγική της Γαλλίας για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη και την Ενεργειακή Μετάβαση, επιβεβαιώνοντας τη δέσμευση της χώρας στην πράσινη μετάβαση και στη δημιουργία ανθεκτικών αστικών οικοσυστημάτων.

στ. Η **Ελβετία** αποτελεί μία από τις πρώτες χώρες που καθιέρωσαν θεσμικά υποχρεωτικές πράσινες στέγες για συγκεκριμένες κατηγορίες κτιρίων. Από το 2002, οι δημοτικές αρχές της Ζυρίχης επέβαλαν την εγκατάσταση πράσινων στεγών σε όλα τα νέα κτίρια με επίπεδες επιφάνειες, καθώς και σε σημαντικές ανακαινίσεις δημόσιων κτιρίων. Η πολιτική αυτή βασίζεται σε εκτεταμένες

επιστημονικές έρευνες που ανέδειξαν τα πολλαπλά οφέλη για τη βιοποικιλότητα, τη ρύθμιση θερμοκρασίας και τη συγκράτηση ομβρίων. Οι ελβετικές πράσινες στέγες διακρίνονται για τη χρήση αυτόχθονων φυτών και σχεδιασμών που μιμούνται το φυσικό τοπίο. Παράλληλα, η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος (FOEN) έχει εκδώσει αναλυτικές τεχνικές οδηγίες για την εγκατάσταση και τη συντήρηση πράσινων στεγών, οι οποίες εντάσσονται στη Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή. Η Ελβετία θεωρείται διεθνώς παράδειγμα επιτυχούς θεσμοθέτησης· η εμπειρία της αποδεικνύει πως η υποχρεωτική εφαρμογή, όταν συνοδεύεται από επιστημονική τεκμηρίωση και κοινωνική αποδοχή, μπορεί να οδηγήσει σε ουσιαστική μεταμόρφωση του αστικού τοπίου.

ζ. Η **Δανία** αποτελεί μια από τις πρώτες ευρωπαϊκές χώρες που ενσωμάτωσαν τις πράσινες στέγες στη χωροταξική και πολεοδομική νομοθεσία. Από τις αρχές της δεκαετίας του 2010, η Κοπεγχάγη καθιέρωσε υποχρεωτική εφαρμογή πράσινων στεγών σε όλα τα νέα δημόσια και ιδιωτικά κτίρια με επίπεδες επιφάνειες, στο πλαίσιο του Σχεδίου Δράσης για την Κλιματική Προσαρμογή (Climate Adaptation Plan). Η πρωτοβουλία αυτή αποσκοπεί στη διαχείριση ομβρίων, τη μείωση πλημμυρικών φαινομένων, την ενίσχυση της βιοποικιλότητας και τη βελτίωση του μικροκλίματος. Οι δημοτικές αρχές της Δανίας συνεργάζονται στενά με πανεπιστήμια, τεχνικές εταιρείες και φορείς πολεοδομίας, αναπτύσσοντας κατευθυντήριες οδηγίες και πρότυπα τεχνικών προδιαγραφών. Η πολιτική αυτή έχει επεκταθεί και σε άλλες πόλεις, όπως η Άαρχους και η Οντένσε, καθιστώντας τη Δανία πρότυπο για την ενσωμάτωση λύσεων βασισμένων στη φύση (Nature-Based Solutions) στον αστικό σχεδιασμό.

ι. Η **Ολλανδία**, με μακρά εμπειρία στη διαχείριση υδάτων και στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, έχει αναπτύξει πρωτοποριακές πολιτικές για τις πράσινες στέγες, με έμφαση στις μπλε-πράσινες υποδομές (Blue-Green Roofs). Οι πόλεις Ρότερνταμ και Άμστερνταμ έχουν εισαγάγει οικονομικά κίνητρα και προγράμματα επιδότησης για ιδιοκτήτες και επιχειρήσεις που εγκαθιστούν πράσινες στέγες, ενώ ταυτόχρονα επενδύουν σε πιλοτικά προγράμματα αποθήκευσης βρόχινου νερού και έξυπνης διαχείρισης απορροής. Το Rotterdam Climate Initiative αποτελεί εμβληματικό παράδειγμα πολιτικής που συνδέει τις πράσινες υποδομές με την ανθεκτικότητα των πόλεων στις πλημμύρες. Παράλληλα, πανεπιστήμια όπως το TU Delft και το Wageningen University

συμμετέχουν σε ερευνητικά έργα που διερευνούν την ενσωμάτωση αισθητήρων και τεχνολογιών IoT σε πράσινες στέγες, με στόχο τη βελτιστοποίηση της άρδευσης και την παρακολούθηση της ενεργειακής και οικολογικής τους απόδοσης. Η ολλανδική εμπειρία αποδεικνύει ότι οι πράσινες στέγες μπορούν να αποτελέσουν οικονομικά αποδοτικό εργαλείο για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, όταν υποστηρίζονται από ισχυρό θεσμικό πλαίσιο, τεχνική καινοτομία και συνεργασία δημόσιου–ιδιωτικού τομέα.

κ. Η **Σουηδία** έχει εντάξει τις πράσινες στέγες στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης περιβαλλοντικής πολιτικής και βιώσιμης αστικής ανάπτυξης ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Η πόλη Μάλμε, και συγκεκριμένα η περιοχή Västra Hamnen (Δυτικό Λιμάνι), θεωρείται διεθνώς πρότυπο οικολογικής αναγέννησης· οι πράσινες στέγες και προσόψεις εκεί αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα των αστικών υποδομών. Η Σουηδική νομοθεσία, σε συνδυασμό με τα τοπικά πολεοδομικά σχέδια, επιβάλλει την ενσωμάτωση πράσινων υποδομών σε νέα έργα και ανακαινίσεις, ενώ παράλληλα προβλέπει φορολογικά κίνητρα και προγράμματα επιχορηγήσεων για δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς. Τα πανεπιστήμια Lund και Chalmers έχουν διαδραματίσει καίριο ρόλο στην ανάπτυξη επιστημονικών προτύπων για τη μέτρηση της οικολογικής και ενεργειακής απόδοσης των πράσινων στεγών, ενισχύοντας τη διασύνδεση μεταξύ έρευνας, πολιτικής και εφαρμογής.

Η Σουηδία αντιμετωπίζει τις πράσινες στέγες όχι μόνο ως τεχνική λύση, αλλά και ως εργαλείο κοινωνικής ευημερίας, προωθώντας την πρόσβαση των κατοίκων σε πράσινους χώρους και την ενίσχυση της σχέσης ανθρώπου-φύσης στις πόλεις.

ι. Στο **Ηνωμένο Βασίλειο**, αν και δεν υπάρχει εθνική νομοθεσία ειδικά για πράσινες στέγες, αρκετές πόλεις όπως το Λονδίνο και το Μάντσεστερ έχουν υιοθετήσει πολιτικές και κίνητρα για την ενσωμάτωσή τους. Ο UK Green Building Council (UKGBC) έχει εκδώσει πρότυπα και οδηγίες καλών πρακτικών, παρέχοντας τεχνική καθοδήγηση σε μελετητές και ιδιοκτήτες κτιρίων.

κ. Στην **Ουκρανία**, η προώθηση των πράσινων στεγών βρίσκεται σε αναπτυσσόμενο στάδιο, αλλά κερδίζει ολοένα και περισσότερη δυναμική σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια. Σε εθνικό επίπεδο, η χώρα βρίσκεται στη διαδικασία αναθεώρησης των οικοδομικών της κανονισμών, ώστε να ενσωματώσει προβλέψεις για πράσινες υποδομές στο πλαίσιο της δέσμευσής της για βιώσιμη

ανάπτυξη. Αν και οι εθνικές ρυθμίσεις που θα υποστηρίζουν ειδικά τις πράσινες στέγες βρίσκονται ακόμη υπό διαμόρφωση, παρατηρείται αυξανόμενο ενδιαφέρον και τοπικές πρωτοβουλίες σε πόλεις όπως το Κίεβο και το Λβιβ. Σε τοπικό επίπεδο, ορισμένες ουκρανικές πόλεις προωθούν αυτόνομα την ένταξη πράσινων στεγών στα πολεοδομικά τους σχέδια. Οι πρωτοβουλίες αυτές στοχεύουν κυρίως στον μετριασμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και στη διαχείριση των ομβρίων υδάτων. Οι καλές πρακτικές που εφαρμόζονται στην Ουκρανία συχνά βασίζονται σε οικονομικά αποδοτικές λύσεις, λόγω περιορισμένων προϋπολογισμών. Έτσι, δίνεται έμφαση στη χρήση τοπικών υλικών και ενδημικών φυτών, τα οποία αντέχουν καλύτερα στις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Οι συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην προώθηση των τεχνολογιών πράσινων στεγών, διευκολύνοντας την ανταλλαγή γνώσης και την καινοτομία στις πρακτικές βιώσιμης δόμησης. Τα πανεπιστήμια και ερευνητικά ιδρύματα της χώρας συμμετέχουν ενεργά στη διερεύνηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών οφελών των πράσινων στεγών και στην ανάπτυξη στρατηγικών ενσωμάτωσής τους στον αστικό σχεδιασμό και την πολεοδομική πολιτική. Συνολικά, παρότι η Ουκρανία βρίσκεται στα πρώτα στάδια ευρείας υιοθέτησης των πράσινων στεγών, η αυξανόμενη αναγνώριση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών τους πλεονεκτημάτων διαμορφώνει το υπόβαθρο για περαιτέρω ανάπτυξη και εφαρμογή τα επόμενα χρόνια.

λ. Στην **Πολωνία**, η προώθηση των πράσινων στεγών υποστηρίζεται μέσω ενός συνδυασμού εθνικών κανονισμών, περιφερειακών πρωτοβουλιών και τοπικών κινήτρων που αποσκοπούν στην ενίσχυση της βιωσιμότητας και της περιβαλλοντικής ανθεκτικότητας. Οι σχετικές ρυθμίσεις καθορίζονται κυρίως από τη νομοθεσία για τις κατασκευές και τα τοπικά πολεοδομικά σχέδια. Υπάρχουν προγράμματα και χρηματοδοτικά εργαλεία που ενισχύουν τη δημιουργία πράσινων στεγών, ιδίως στο πλαίσιο περιβαλλοντικών δράσεων και βελτίωσης της ποιότητας του αστικού περιβάλλοντος. Σε εθνικό επίπεδο, η Πολωνία έχει εντάξει τις πράσινες στέγες στις περιβαλλοντικές πολιτικές της, με τη στήριξη του Εθνικού Ταμείου Προστασίας Περιβάλλοντος και Διαχείρισης Υδάτων (*National Fund for Environmental Protection and Water Management*), το οποίο χρηματοδοτεί έργα πράσινων υποδομών, συμπεριλαμβανομένων των πράσινων στεγών. Σε δημοτικό επίπεδο, πόλεις όπως η Βαρσοβία έχουν θεσπίσει εξειδικευμένες οδηγίες και επιδοτήσεις για την εγκατάσταση πράσινων στεγών, ενθαρρύνοντας την υιοθέτησή τους στο

πλαίσιο των στρατηγικών αστικής ανάπτυξης. Οι πρωτοβουλίες αυτές στοχεύουν στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και στη διαχείριση των ομβρίων υδάτων με πιο αποτελεσματικό τρόπο. Οι βέλτιστες πρακτικές στην Πολωνία περιλαμβάνουν συχνά τον συνδυασμό πράσινων στεγών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά πάνελ, προκειμένου να ενισχυθεί η ενεργειακή απόδοση και η βιωσιμότητα των κτιρίων. Παράλληλα, δίνεται έμφαση στην προώθηση της βιοποικιλότητας, μέσω της επιλογής ενδημικών φυτικών ειδών, ανθεκτικών στις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Οι συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην προώθηση των τεχνολογιών πράσινων στεγών, ενθαρρύνοντας τη συνεργασία μεταξύ δήμων, επιχειρήσεων και ερευνητικών φορέων για την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων και την ανταλλαγή γνώσεων. Τα πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα συμμετέχουν ενεργά στην προώθηση της τεχνολογίας μέσω ερευνητικών έργων και εκπαιδευτικών προγραμμάτων, εντάσσοντας το θέμα των πράσινων στεγών στις σπουδές αρχιτεκτονικής και περιβαλλοντικού σχεδιασμού. Οι συντονισμένες αυτές δράσεις καθιστούν τις πράσινες στέγες ρεαλιστική και ελκυστική επιλογή για την αειφόρο δόμηση σε ολόκληρη την Πολωνία, ευθυγραμμίζοντάς τες με τις ευρύτερες κατευθύνσεις και οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις πράσινες υποδομές και τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη.

Συνολικά, οι πολιτικές και τα κίνητρα για τις πράσινες στέγες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών, ωστόσο όλες στοχεύουν στη δημιουργία ανθεκτικών, πράσινων και περιβαλλοντικά υπεύθυνων πόλεων. Οι πράσινες στέγες αναγνωρίζονται ως βασικό εργαλείο αστικής βιωσιμότητας, το οποίο ευθυγραμμίζεται πλήρως με τις προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το κλίμα και το περιβάλλον.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι πράσινες στέγες αναγνωρίζονται ολοένα και περισσότερο ως στρατηγική βιώσιμη αστικής ανάπτυξης, με πρωτοβουλίες που εκτείνονται σε διάφορες περιφέρειες του πλανήτη, συμπεριλαμβανομένης της Ευρώπης και χωρών όπως η Ουκρανία. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οδηγίες όπως η Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD) και πρωτοβουλίες όπως η Αστική Ατζέντα της ΕΕ (Urban Agenda for the EU) προωθούν την ενσωμάτωση των πράσινων στεγών με στόχο την ενεργειακή αποδοτικότητα και την ενίσχυση της αστικής ανθεκτικότητας. Τα ευρωπαϊκά προγράμματα χρηματοδότησης, όπως το Horizon 2020 και το Πρόγραμμα LIFE, υποστηρίζουν την έρευνα και καινοτομία στις τεχνολογίες

πράσινων στεγών, αντικατοπτρίζοντας τις παγκόσμιες τάσεις προς τη βιώσιμη δόμηση και την πράσινη καινοτομία. Σε παγκόσμια κλίμακα, πόλεις από διαφορετικές περιοχές του κόσμου υιοθετούν τις πράσινες στέγες για να αντιμετωπίσουν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα και να διαχειριστούν αποτελεσματικά τα όμβρια ύδατα. Τα πανεπιστήμια και τα ερευνητικά ιδρύματα διεθνώς διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην προώθηση των τεχνολογιών πράσινων στεγών, συμβάλλοντας στη σύνδεση των πρακτικών βιώσιμης δόμησης με τους παγκόσμιους στόχους βιώσιμης αστικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής διαχείρισης.

## 8. Φυτοκάλυψη για Πράσινες Στέγες

Η επιλογή της φυτικής κάλυψης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τον σχεδιασμό και τη συνολική απόδοση των πράσινων στεγών, καθώς επηρεάζει τη λειτουργικότητα, την αισθητική και τα οικολογικά οφέλη του συστήματος. Οι πράσινες στέγες μπορούν να υποστηρίξουν ευρεία ποικιλία φυτικών ειδών, από ανθεκτικά είδη παχύφυτα έως αυτόχθονα αγρωστώδη, αγριολούλουδα, αρωματικά βότανα, θάμνους και μικρά δέντρα. Η επιλογή εξαρτάται από παράγοντες όπως το κλίμα, η έκθεση στον ήλιο, το βάθος του υποστρώματος, η διαθεσιμότητα νερού και οι απαιτήσεις συντήρησης. Στις επόμενες υποενότητες παρουσιάζονται τα κύρια φυτικά είδη που χρησιμοποιούνται συνήθως σε πράσινες στέγες, μαζί με τα χαρακτηριστικά και τα πλεονεκτήματά τους.

### α. Παχύφυτα (*Sedum* spp.):

Τα παχύφυτα αποτελούν το πιο διαδεδομένο είδος φυτών στις πράσινες στέγες, λόγω της προσαρμοστικότητας, της αντοχής στην ξηρασία και των χαμηλών απαιτήσεων συντήρησης. Πρόκειται για παχύφυτα με ρηχό ριζικό σύστημα και φύλλα που αποθηκεύουν νερό, επιτρέποντάς τους να ευδοκούν σε ξηρές, ηλιόλουστες συνθήκες. Τα παχύφυτα είναι διαθέσιμα σε πολλές αποχρώσεις και μορφές, επιτρέποντας τον σχεδιασμό αισθητικά ελκυστικών επιφανειών. Κοινά είδη που χρησιμοποιούνται: *Sedum acre*, *Sedum album*, *Sedum spurium*, *Sedum reflexum*. Καλλιεργούνται κυρίως σε εκτεταμένες στέγες με ρηχό υπόστρωμα, σχηματίζοντας πυκνά χαλιά φυλλώματος που προσφέρουν ενδιαιτήματα για έντομα, μείωση απορροής ομβρίων και θερμική μόνωση.

### β. Αγρωστώδη (*Festuca* spp., *Carex* spp., *Poa* spp.):

Τα αγρωστώδη είναι επίσης δημοφιλής επιλογή, προσφέροντας φυσικό χαρακτήρα, σταθεροποίηση του εδάφους και ενδιαιτήματα για την άγρια πανίδα. Αυτόχθονα είδη όπως *Festuca rubra* (ερυθρή φεστούκα), *Carex flacca* (μπλε σέτζ) και *Poa pratensis* (μπλε πόα) χρησιμοποιούνται ευρέως, καθώς είναι ανθεκτικά στις τοπικές κλιματικές συνθήκες και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση. Το ινώδες ριζικό τους σύστημα βοηθά στην πρόληψη της διάβρωσης και στη βελτίωση της αποστράγγισης, καθιστώντας τα κατάλληλα για εκτεταμένες στέγες με μικρό βάθος

υποστρώματος. Επιπλέον, συμβάλλουν στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, προσφέροντας τροφή και καταφύγιο για πουλιά και έντομα.

**γ. Αγριολούλουδα** (*Achillea* spp., *Centaurea* spp., *Geranium* spp.):

Τα αγριολούλουδα εκτιμώνται για την ομορφιά, τη βιοποικιλότητα και τα οικολογικά τους οφέλη. Προσφέρουν τροφή και ενδαιτήματα για επικονιαστές όπως μέλισσες, πεταλούδες και κολιμπρί, ενισχύοντας τη λειτουργική ανθεκτικότητα των αστικών οικοσυστημάτων. Κοινά είδη: *Achillea millefolium* (αχίλλεια), *Centaurea cyanus* (αγριογαρύφαλλο), *Geranium sanguineum* (γεράνι). Φυτεύονται κυρίως σε ημι-εντατικές ή εντατικές στέγες με βαθύτερο υπόστρωμα, όπου μπορούν να αναπτύξουν ισχυρό ριζικό σύστημα και να ανθίζουν όλο το καλοκαίρι. Η ενσωμάτωση ποικίλων ειδών αγριολούλουδων ενισχύει την αισθητική και συμβάλλει στη διατήρηση των πληθυσμών επικονιαστών.

**δ. Αρωματικά Βότανα** (*Thymus* spp., *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula* spp.):

Τα αρωματικά φυτά όπως θυμάρι, δεντρολίβανο και λεβάντα αποτελούν ιδανική επιλογή για μεσογειακά κλίματα. Προσφέρουν αισθητική αξία, ανθεκτικότητα στην ξηρασία και άρωμα, ενώ προσελκύουν επικονιαστές, και στηρίζουν τη βιοποικιλότητα σε τοπικό επίπεδο. Είναι κατάλληλα για εκτεταμένες ή ημι-εντατικές στέγες, και απαιτούν ελάχιστη άρδευση και περιοδικό κλάδεμα.

**ε. Θάμνοι** (*Arctostaphylos uva-ursi*, *Juniperus* spp., *Cotoneaster* spp.):

Οι θάμνοι αποτελούν μεγαλύτερα, ξυλώδη φυτά που προσδίδουν δομή, ύψος και οικολογική ποικιλότητα στο τοπίο των πράσινων στεγών. Είδη όπως το *Arctostaphylos uva-ursi* (*bearberry*), το *Juniperus communis* (*κοινός άρκευθος*) και το *Cotoneaster horizontalis* (*βραχώμορφος κυδωνέαρως*) χρησιμοποιούνται συχνά σε εγκαταστάσεις πράσινων στεγών λόγω των χαμηλών απαιτήσεων συντήρησης, της αντοχής στην ξηρασία και του αισθητικού τους ενδιαφέροντος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Οι θάμνοι φυτεύονται κυρίως σε ημιεντατικού ή εντατικού τύπου πράσινες στέγες, όπου υπάρχει μεγαλύτερο βάθος υποστρώματος, επιτρέποντας την ανάπτυξη εκτεταμένων ριζικών συστημάτων και τη δημιουργία ενδαιτημάτων για πουλιά και μικρά θηλαστικά. Η ενσωμάτωση θάμνων στις πράσινες στέγες συμβάλλει στην ενίσχυση της βιοποικιλότητας, στη βελτίωση της αισθητικής εικόνας και στην παροχή οικοσυστημικών

υπηρεσιών, όπως ο καθαρισμός του αέρα, η διαχείριση των ομβρίων υδάτων και η ρύθμιση του μικροκλίματος.

**στ. Δένδρα** (*Acer spp.*, *Betula spp.*, *Malus spp.*):

Τα δένδρα αποτελούν τη μεγαλύτερη και πιο επιδραστική κατηγορία βλάστησης στις πράσινες στέγες, προσφέροντας σκίαση, ενδειατήματα και οικοσυστημικές υπηρεσίες σε ευρύτερη κλίμακα. Είδη όπως το *Acer palmatum* (*ιαπωνικός σφένδαμος*), το *Betula pendula* (*αργυρή σημύδα*) και το *Malus domestica* (*μηλιά*) χρησιμοποιούνται περιστασιακά σε εντατικού τύπου πράσινες στέγες ή κήπους δωμάτων, όπου το βάθος του υποστρώματος και η φέρουσα ικανότητα της κατασκευής επιτρέπουν την ανάπτυξη δένδρων. Τα δένδρα παρέχουν πολλαπλά οφέλη, όπως δέσμευση άνθρακα, καθαρισμό του αέρα, ρύθμιση της θερμοκρασίας και αισθητική αναβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος. Ωστόσο, το μεγάλο μέγεθός τους, τα βαθιά ριζικά συστήματα και οι αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης καθιστούν τη χρήση τους προκλητική στον σχεδιασμό πράσινων στεγών. Η επιτυχής ενσωμάτωσή τους προϋποθέτει προσεκτική μελέτη της στατικής επάρκειας, της αντοχής των υλικών και της διαχείρισης του φορτίου βάρους, καθώς και μακροπρόθεσμο σχεδιασμό συντήρησης για τη διατήρηση της ασφάλειας και της οικολογικής τους λειτουργικότητας.

Οι πράσινες στέγες μπορούν να υποστηρίξουν μια ευρεία ποικιλία τύπων βλάστησης, καθένας από τους οποίους διαθέτει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, οφέλη και περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Από τα χαμηλής συντήρησης είδη παχύφυτων έως τα ψηλόκορμα δένδρα, η επιλογή της κατάλληλης βλάστησης εξαρτάται από παράγοντες όπως το κλίμα, οι συνθήκες του χώρου, οι απαιτήσεις συντήρησης και οι στόχοι του εκάστοτε έργου. Η ορθολογική επιλογή και συνδυασμός των φυτικών ειδών αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για την επιτυχία των πράσινων στεγών, εξασφαλίζοντας τη μακροχρόνια βιωσιμότητά τους, τη λειτουργική τους αποτελεσματικότητα και τη συμβολή τους στη βελτίωση της ποιότητας ζωής στο αστικό περιβάλλον.

Η συνδυαστική επιλογή φυτών διαφορετικών ειδών και υψών επιτρέπει τη δημιουργία πολυεπίπεδων πράσινων συστημάτων που μιμούνται τα φυσικά οικοσυστήματα. Αυτό συμβάλλει στη σταθερότητα της βλάστησης, στη βελτίωση της αισθητικής ποικιλίας και στην ανθεκτικότητα στις κλιματικές μεταβολές.

## 9. Πράσινες Στέγες και Θερμική Μόνωση των Κτιρίων

Οι πράσινες στέγες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη θερμική μόνωση των κτιρίων, προσφέροντας πολλαπλά οφέλη που συμβάλλουν στην ενεργειακή απόδοση, την άνεση και τη βιωσιμότητα του δομημένου περιβάλλοντος. Οι θερμομονωτικές ιδιότητές τους οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, όπως τα στρώματα βλάστησης, υποστρώματος και αποστράγγισης, αλλά και στην ικανότητα των φυτών να ρυθμίζουν τη μεταφορά θερμότητας μέσω εξατμισοδιαπνοής, σκίασης και θερμικής μάζας. Ακολουθεί ανάλυση των μηχανισμών μέσω των οποίων οι πράσινες στέγες επιτυγχάνουν θερμική μόνωση και επηρεάζουν τη συνολική ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

### 1. Στρώσεις Πράσινης Στέγης

Οι πράσινες στέγες αποτελούνται συνήθως από πολλαπλά στρώματα, όπως στεγανωτική μεμβράνη, στρώμα αποστράγγισης, υπόστρωμα ανάπτυξης (χώμα ή ειδικό υπόστρωμα) και φυτική κάλυψη. Κάθε στρώμα συμβάλλει στη θερμική απόδοση της στέγης, προσθέτοντας μόνωση, ρύθμιση υγρασίας και μείωση της μεταφοράς θερμότητας. Η στεγανωτική μεμβράνη προστατεύει τη δομή από τη διείσδυση υγρασίας και την απώλεια θερμότητας, ενώ το στρώμα αποστράγγισης εξασφαλίζει ομαλή απορροή και αποτρέπει την κατακράτηση νερού, η οποία θα μπορούσε να αυξήσει τις θερμικές απώλειες. Το υπόστρωμα ανάπτυξης λειτουργεί ως θερμικό φράγμα, προσφέροντας πρόσθετη μόνωση και θερμική αδράνεια, ενώ η φυτική στρώση σκιάζει την επιφάνεια, απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και απελευθερώνει υγρασία μέσω της εξατμισοδιαπνοής, ενισχύοντας την εσωτερική θερμική άνεση.

### 2. Μονωτικές Ιδιότητες του Υποστρώματος

Το υπόστρωμα ή το έδαφος των πράσινων στεγών διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη θερμική μόνωση. Τα υποστρώματα είναι ελαφρά και πορώδη, με υψηλό ποσοστό αέρα και χαμηλή θερμική αγωγιμότητα, γεγονός που επιτρέπει τη παγίδευση θερμότητας και τον περιορισμό της μεταφοράς θερμότητας μέσω της στέγης. Οι ιδιότητες αυτές εξαρτώνται από τη διάμετρο των κόκκων, την περιεκτικότητα σε υγρασία και το ποσοστό οργανικής ύλης. Συνήθεις προσμίξεις όπως διογκωμένος πηλός, περλίτης ή ελαφρόπετρα χρησιμοποιούνται για να αυξηθεί η μόνωση,

μειώνοντας παράλληλα το στατικό φορτίο του κτιρίου. Το πάχος και η σύσταση του υποστρώματος καθορίζουν τη θερμική του αντίσταση και τη δυνατότητα αποθήκευσης θερμότητας, με τα βαθύτερα υποστρώματα να προσφέρουν μεγαλύτερη θερμομόνωση.

### **3. Εξατμισοδιαπνοή και Ψυκτικό Φαινόμενο**

Ένας από τους βασικότερους μηχανισμούς θερμικής μόνωσης είναι η εξατμισοδιαπνοή, δηλαδή ο συνδυασμός της εξάτμισης του νερού από το έδαφος και της διαπνοής από τα φύλλα των φυτών. Η διαδικασία αυτή απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον, τη μετατρέπει σε λανθάνουσα θερμότητα και ψύχει την επιφάνεια της στέγης, μειώνοντας έτσι τη μεταφορά θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Το φαινόμενο είναι ιδιαιτέρως έντονο κατά τη θερινή περίοδο, όπου οι πράσινες στέγες μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις επιφανειακές θερμοκρασίες σε σύγκριση με τις συμβατικές στέγες. Αυτό συνεπάγεται μειωμένη ανάγκη για κλιματισμό, εξοικονόμηση ενέργειας και βελτιωμένη θερμική άνεση για τους ενοίκους.

### **4. Σκίαση και Ανάκλαση Ηλιακής Ακτινοβολίας**

Η φυτική στρώση λειτουργεί ως σκίαστρο, μειώνοντας την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και περιορίζοντας την πρόσληψη θερμότητας από την οροφή. Τα φυτά απορροφούν και αντανακλούν μέρος της ακτινοβολίας — ιδιαίτερα στο ορατό και εγγύς υπέρυθρο φάσμα — με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας της επιφάνειας και την προστασία του κελύφους του κτιρίου. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε αστικά περιβάλλοντα, όπου τα συμβατικά υλικά στέγης συγκρατούν θερμότητα και επιτείνουν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Η σκίαση από τη βλάστηση βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση και παρατείνει τη διάρκεια ζωής των υλικών στέγης, περιορίζοντας τις θερμικές διαστολές και συστολές.

### **5. Θερμική Μάζα και Αποθήκευση Θερμότητας**

Οι πράσινες στέγες λειτουργούν ως θερμικές μάζες, απορροφώντας και αποθηκεύοντας θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και απελευθερώνοντάς την σταδιακά τη νύχτα. Αυτό το φαινόμενο μετριάζει τις διακυμάνσεις θερμοκρασίας και μειώνει τη θερμική αδράνεια των κτιρίων, συμβάλλοντας στη σταθερότητα του εσωτερικού μικροκλίματος. Το υπόστρωμα και η βλάστηση, με τη μεγάλη θερμοχωρητικότητά τους, απορροφούν την περίσσεια θερμότητας κατά τη διάρκεια

της ημέρας και τη διαχέουν σταδιακά, μειώνοντας τις αιχμές θερμοκρασίας. Η ιδιότητα αυτή είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη σε κλίματα με έντονες ημερήσιες διαφορές θερμοκρασίας, καθώς εξασφαλίζει σταθερές και άνετες συνθήκες στο εσωτερικό των κτιρίων και βελτιώνει το μικροκλίμα των πόλεων.

## **6. Εξοικονόμηση Ενέργειας και Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων**

Οι θερμομονωτικές ιδιότητες των πράσινων στεγών οδηγούν σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, μειώνοντας τις ανάγκες για θέρμανση και ψύξη, βελτιώνοντας την εσωτερική θερμική άνεση και αυξάνοντας τη συνολική ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι πράσινες στέγες μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση έως και 30%, ανάλογα με το κλίμα, το σχεδιασμό και την πυκνότητα της βλάστησης. Επιπλέον, οι πράσινες στέγες συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, στη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και στη βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του κτιρίου. Αποτελούν επίσης σημαντικό κριτήριο για πιστοποιήσεις βιωσιμότητας, όπως το LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), ενισχύοντας τους δείκτες ενεργειακής απόδοσης και περιβαλλοντικής ευαισθησίας.

Οι πράσινες στέγες προσφέρουν αποτελεσματική θερμική μόνωση μέσω των στρωμάτων βλάστησης, υποστρώματος και αποστράγγισης, τα οποία ρυθμίζουν τη μεταφορά θερμότητας, μειώνουν την ηλιακή απορρόφηση και βελτιώνουν τη θερμική άνεση στους εσωτερικούς χώρους. Μέσω μηχανισμών όπως η εξατμισοδιαπνοή, η σκίαση και η θερμική μάζα, οι πράσινες στέγες προσφέρουν ουσιαστική εξοικονόμηση ενέργειας, βελτιώνουν τη λειτουργικότητα των κτιρίων και συμβάλλουν στη βιώσιμη αστική ανάπτυξη. Καθώς οι πόλεις αντιμετωπίζουν την κλιματική αλλαγή, το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και την αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση, οι πράσινες στέγες αναδεικνύονται σε βιώσιμη λύση για τη μείωση της θερμικής καταπόνησης, τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και τη δημιουργία πιο υγιών και ανθεκτικών αστικών περιβαλλόντων για τις σημερινές και μελλοντικές γενιές.

## 9.1. Αξιολόγηση της Επίδρασης των Πράσινων Στεγών στην Ενεργειακή Κατανάλωση των Κτιρίων και στη Θερμική Άνεση των Εσωτερικών Χώρων

### 1. Το Λογισμικό «EnergyPlus»<sup>1</sup>

Ένα φυσικά βασισμένο μοντέλο ενεργειακής ισορροπίας για στέγη με βλάστηση έχει αναπτυχθεί και ενσωματωθεί στο λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων EnergyPlus. Το υποσύστημα πράσινης στέγης επιτρέπει στον αναλυτή ενέργειας να εξερευνήσει διαφορετικές παραμέτρους σχεδιασμού, όπως το υπόστρωμα (χώμα), οι θερμικές ιδιότητες και το πάχος του, καθώς και τα χαρακτηριστικά της βλάστησης — τύπος φυτών, ύψος και δείκτης φυλλώματος (Leaf Area Index, LAI), δηλαδή η πυκνότητα της φυτοκάλυψης.

Το μοντέλο έχει επαληθευθεί επιτυχώς μέσω πειραματικών μετρήσεων από πράσινη στέγη που παρακολουθήθηκε στη Φλόριντα (ΗΠΑ), αποδεικνύοντας ότι μπορεί να λειτουργήσει ως πολύτιμο εργαλείο υποστήριξης σχεδιαστικών αποφάσεων.

Το ενεργειακό μοντέλο λαμβάνει υπόψη την ανταλλαγή μακρού και βραχέος κύματος ακτινοβολίας μέσα στο φυτικό θόλο, τις επιπτώσεις της φυτοκάλυψης στη συναγωγική μεταφορά θερμότητας, την εξατμισοδιαπνοή από το υπόστρωμα και τα φυτά, τη θερμική αγωγιμότητα και αποθήκευση στο στρώμα του εδάφους, και τις θερμικές ιδιότητες που εξαρτώνται από την υγρασία.

Το μοντέλο επιλύει ταυτόχρονα σε κάθε χρονικό βήμα τις θερμοκρασίες της φυλλικής επιφάνειας και του εδάφους, εξασφαλίζοντας δυναμική προσομοίωση.

Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει προεπιλεγμένες τιμές ή να ορίσει χειροκίνητα παραμέτρους όπως το πάχος και τις θερμικές ιδιότητες του υποστρώματος, την πυκνότητα και το ύψος της φυτοκάλυψης, τη διαπνοϊκή αγωγιμότητα (stomatal conductance), και τις συνθήκες υγρασίας του εδάφους, συμπεριλαμβανομένων άρδευσης και βροχόπτωσης.

Επί του παρόντος, οι επιπτώσεις του αποστραγγιστικού στρώματος και των προστατευτικών μεμβρανών δεν προσομοιώνονται άμεσα στο μοντέλο πράσινης στέγης και πρέπει να προσεγγίζονται ξεχωριστά.

---

<sup>1</sup> <https://energyplus.net/>

Οι σημαντικότερες φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος είναι η θερμική αγωγιμότητα, η ειδική θερμότητα, και η πυκνότητα. Αντίστοιχα, τα χαρακτηριστικά της βλάστησης που επηρεάζουν τη μεταφορά θερμότητας είναι το ύψος, ο δείκτης φυλλώματος (LAI), η κάλυψη της φυτομάζας, η ανακλαστικότητα και η αντίσταση των στομάτων (stomatal resistance).

Ο δείκτης φυλλώματος (LAI) εκφράζει την αναλογία επιφάνειας φύλλων προς την οριζόντια επιφάνεια στέγης· για παράδειγμα, αν κάθε σημείο της στέγης καλύπτεται από δύο φύλλα, το LAI = 2. Η κάλυψη φυτομάζας δηλώνει το ποσοστό της επιφάνειας που καλύπτεται άμεσα από φύλλα, ενώ η ανακλαστικότητα αντιπροσωπεύει το ποσοστό ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Η αντίσταση των στομάτων καθορίζει τον ρυθμό διαπνοής υγρασίας των φυτών ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η ανάλυση του ενεργειακού ισοζυγίου ακολουθεί το μοντέλο FASST (Fast All-Season Soil Strength Model), που αναπτύχθηκε από τους Frankenstein και Koenig για το U.S. Army Corps of Engineers. Το FASST αρχικά σχεδιάστηκε για την αξιολόγηση της ικανότητας του εδάφους να υποστηρίξει μηχανήματα και προσωπικό, αλλά περιλαμβάνει πλήρη προσομοίωση ενεργειακού και υδατικού ισοζυγίου, λαμβάνοντας υπόψη πάγο και χιόνι. Πρόκειται για μονοδιάστατο μοντέλο, βασισμένο σε προηγούμενα μοντέλα φυτικού καλύμματος όπως τα BATS και SiB. Το EnergyPlus προσαρμόζει το FASST για χρήση σε λεπτότερα στρώματα εδάφους, κατάλληλα για πράσινες στέγες.

## **2. Το Λογισμικό «TRNSYS»<sup>2</sup>**

Πρόσφατα, η εταιρεία TESS ενσωμάτωσε στη βιβλιοθήκη του λογισμικού TRNSYS ένα μοντέλο πράσινης στέγης (Type 785), διαθέσιμο κατόπιν παραγγελίας. Το υποσύστημα αυτό επιτρέπει τη δυναμική προσομοίωση μιας πράσινης στέγης που μπορεί να συνδεθεί με το Type 56 (TRNBuild) για τον υπολογισμό των ενεργειακών ισοζυγίων μεταξύ φυτεμένων και μη φυτεμένων τμημάτων της στέγης. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατή η προσομοίωση μεταβολών της φυτοκάλυψης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, επιτρέποντας ρεαλιστικότερη αποτύπωση των εποχικών διαφορών στη θερμική και ενεργειακή συμπεριφορά των πράσινων στεγών.

---

<sup>2</sup> <https://www.trnsys.com/>

## 10. Πράσινες Στέγες 5.0 και Κλιματική Αλλαγή

Απέναντι στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής, οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις στις πράσινες στέγες αναδεικνύονται σε κομβικά εργαλεία μετριασμού των επιπτώσεών της. Οι πράσινες στέγες έχουν εξελιχθεί από απλές φυτεμένες επιφάνειες σε πολύπλοκα, τεχνολογικά προηγμένα συστήματα, σχεδιασμένα να αντιμετωπίζουν τα περιβαλλοντικά προβλήματα της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Με τα πολυδιάστατα οφέλη τους — από τη δέσμευση άνθρακα έως τη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας — οι Πράσινες Στέγες 5.0 βρίσκονται στην πρωτοπορία των στρατηγικών βιώσιμης αστικής ανάπτυξης. Ακολουθεί παρουσίαση των καινοτόμων χαρακτηριστικών, επιστημονικών αρχών και πρακτικών εφαρμογών των Πράσινων Στεγών 5.0, αναδεικνύοντας πώς μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά την κλιματική αλλαγή και να συμβάλουν στη δημιουργία ανθεκτικών και βιώσιμων πόλεων.

### 1. Προηγμένες Τεχνικές Θερμομόνωσης

Οι Πράσινες Στέγες 5.0 ενσωματώνουν υπεσύγχρονες τεχνολογίες μόνωσης, βελτιώνοντας τη θερμική απόδοση και την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων. Καινοτόμα υλικά όπως τα αεροτζέλ (aerogels), τα υλικά αλλαγής φάσης (Phase Change Materials – PCMs) και τα κενού πάνελ μόνωσης (Vacuum Insulation Panels – VIPs) μειώνουν τη μετάδοση θερμότητας μέσα από το κτιριακό περίβλημα. Τα αεροτζέλ, με εξαιρετικά χαμηλή θερμική αγωγιμότητα, προσφέρουν υψηλού επιπέδου μόνωση με ελάχιστο βάρος, ενώ τα PCMs απορροφούν και απελευθερώνουν θερμότητα κατά τη διάρκεια των μεταβολών φάσης, σταθεροποιώντας τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων. Τα VIPs, χάρη στη δομή τους υπό πολύ χαμηλή πίεση αερίων, προσφέρουν κορυφαία μόνωση με μικρό πάχος, εξοικονομώντας χώρο και μειώνοντας το κόστος κατασκευής. Μέσω αυτών των τεχνικών, οι Green Roofs 5.0 επιτυγχάνουν μείωση των αναγκών θέρμανσης και ψύξης, συμβάλλοντας στη μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> και στην ενεργειακή ουδετερότητα.

### 2. Συστήματα Άρδευσης Προσαρμοζόμενα στο Κλίμα

Οι Πράσινες Στέγες 5.0 αξιοποιούν έξυπνα συστήματα άρδευσης, εφοδιασμένα με αισθητήρες και κλιματικούς ελεγκτές, ώστε να βελτιστοποιούν τη χρήση νερού και να ενισχύουν την ανθεκτικότητα της βλάστησης σε μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν προβλέψεις καιρού, αισθητήρες υγρασίας εδάφους και μοντέλα εξατμισοδιαπνοής για να προσαρμόζουν δυναμικά το πότισμα. Εφαρμόζονται στάγδην άρδευση, καπιλαρικά στρώματα και υπόγεια συστήματα άρδευσης, που τροφοδοτούν το ριζικό σύστημα χωρίς απώλειες λόγω εξάτμισης. Επιπλέον, ενσωματώνουν συστήματα συλλογής βρόχινου νερού και ανακύκλωσης γκρίζου νερού, μειώνοντας την εξάρτηση από το πόσιμο νερό και ενισχύοντας τη βιωσιμότητα.

### **3. Δυναμική Επιλογή Βλάστησης**

Οι Πράσινες Στέγες 5.0 εφαρμόζουν δυναμικές στρατηγικές επιλογής φυτών για βελτιστοποίηση της βιοποικιλότητας και ενίσχυση της οικολογικής ανθεκτικότητας. Η επιλογή βασίζεται σε οικολογικές αρχές όπως η λειτουργική ποικιλότητα, η προσαρμοστικότητα και η ανθεκτικότητα στο στρες. Τα είδη επιλέγονται ανάλογα με αντοχή στην ξηρασία, ανθεκτικότητα στη θερμότητα και ανοχή σε ρύπους, εξασφαλίζοντας διαρκή φυτοκάλυψη και οικολογική λειτουργικότητα. Χρησιμοποιούνται προφυτεμένα στρώματα και αρθρωτά συστήματα φύτευσης, που επιτρέπουν γρήγορη εγκατάσταση και ομαλή ανάπτυξη της βλάστησης. Η ποικιλία των ειδών συμβάλλει στη δέσμευση άνθρακα, στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και στη διαχείριση των ομβρίων.

### **4. Ενσωμάτωση Ηλιακών Φωτοβολταϊκών**

Οι Πράσινες Στέγες 5.0 συνδυάζουν φυτική κάλυψη με φωτοβολταϊκά συστήματα (PV), προάγοντας την ενεργειακή αυτάρκεια και την ανθεκτικότητα στο κλίμα. Η συνύπαρξη πρασίνου και φωτοβολταϊκών μεγιστοποιεί τη χρηστική απόδοση των στεγών, αξιοποιώντας ταυτόχρονα ηλιακή ενέργεια και φυσική ψύξη. Τα Building-Integrated PV (BIPV) ενσωματώνονται στο σώμα της στέγης, προσφέροντας διπλό όφελος: παραγωγή καθαρής ενέργειας και θερμική μόνωση. Επιπλέον, τα αγροβολταϊκά συστήματα (agrivoltaic systems) συνδυάζουν γεωργική καλλιέργεια και ηλιακή ενέργεια, βελτιώνοντας την απόδοση των φυτών και μειώνοντας τη θερμική καταπόνηση. Ο συνδυασμός πράσινων στεγών και PV αναδεικνύει τη συνέργεια μεταξύ πράσινων υποδομών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμβάλλοντας στη μετάβαση προς κλιματικά ουδέτερες πόλεις.

## 5. Παρακολούθηση και Βελτιστοποίηση μέσω Δεδομένων

Οι Πράσινες Στέγες 5.0 αξιοποιούν συστήματα παρακολούθησης βασισμένα σε δεδομένα, για συνεχή αξιολόγηση και βελτιστοποίηση της απόδοσης. Δίκτυα αισθητήρων και τεχνολογίες απομακρυσμένης παρακολούθησης συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για θερμοκρασία, υγρασία, ακτινοβολία και υγεία των φυτών. Αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης αναλύουν τα δεδομένα αυτά, βελτιστοποιώντας την άρδευση, αερισμό, σκίαση και μόνωση ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Η χρήση ψηφιακών διδύμων (digital twins) και προγνωστικών μοντέλων επιτρέπει στους σχεδιαστές και διαχειριστές να προβλέπουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και να αναπτύσσουν στρατηγικές προσαρμογής. Μέσω αυτών των τεχνολογιών, οι Πράσινες Στέγες 5.0 καθίστανται έξυπνα, αυτορρυθμιζόμενα οικοσυστήματα, προάγοντας την αποδοτική διαχείριση πόρων και την αστική ανθεκτικότητα .

Συμπερασματικά, οι Πράσινες Στέγες 5.0 αποτελούν σημαντική εξέλιξη στη βιώσιμη αρχιτεκτονική και πολεοδομία, ενσωματώνοντας καινοτομία, τεχνολογία και οικολογία για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης. Με συνδυασμό προηγμένων τεχνικών μόνωσης, έξυπνων συστημάτων άρδευσης, δυναμικής βλάστησης, ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών και παρακολούθησης με δεδομένα, οι πράσινες στέγες επαναπροσδιορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι πόλεις μπορούν να αντιδρούν και να προσαρμόζονται στις περιβαλλοντικές προκλήσεις. Αποτελούν, έτσι, πολυδιάστατη λύση που συνδυάζει τεχνολογική και οικολογική καινοτομία, ενεργειακή αποδοτικότητα και κοινωνική ανθεκτικότητα, ανοίγοντας τον δρόμο για ένα βιώσιμο και ανθεκτικό μέλλον.

### 10.1. Αξιολόγηση της Επίδρασης των Πράσινων Στεγών στο Αστικό Μικροκλίμα

#### 1. ENVI-met:

Το ENVI-met ([www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)), που αναπτύχθηκε από τον Καθηγητή Michael Bruse και την ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου του Mainz (Γερμανία), είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο μικροκλίματος σχεδιασμένο για να προσομοιώνει τις αλληλεπιδράσεις επιφάνειας–φυτών–αέρα σε αστικά περιβάλλοντα. Η χωρική ανάλυση κυμαίνεται από 0,5 έως 10 μέτρα, ενώ η χρονική

ανάλυση μπορεί να φτάσει τα 10 δευτερόλεπτα, καθιστώντας το κατάλληλο για εφαρμογές σε αστική κλιματολογία, αρχιτεκτονική και περιβαλλοντικό σχεδιασμό.

Το μοντέλο υπολογίζει παραμέτρους ρευστομηχανικής (όπως ροή ανέμου και τύρβη) σε συνδυασμό με θερμοδυναμικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος, στα κτίρια και στη βλάστηση. Μπορεί να προσομοιώσει πολύπλοκες γεωμετρίες, όπως βεράντες, μπαλκόνια και σύνθετες αστικές δομές, επιτρέποντας την ανάλυση μικρής κλίμακας των σχέσεων σχεδιασμού–μικροκλίματος.

Το ENVI-met προσομοιώνει, μεταξύ άλλων:

- Ροή αέρα γύρω και ανάμεσα σε κτίρια.
- Ανταλλαγή θερμότητας και υδρατμών με τις επιφάνειες εδάφους και τοίχων.
- Αλληλεπιδράσεις με τη βλάστηση και τις φυσιολογικές παραμέτρους των φυτών.
- Διάχυση και καθίζηση ρύπων και σωματιδίων σε αστικά περιβάλλοντα.

Επιπλέον, το λογισμικό υπολογίζει ακτινοβολιακές ροές βραχέων και μακρών κυμάτων, εξατμισοδιαπνοή, θερμότητα αισθητή και λανθάνουσα, θερμοκρασία τοιχωμάτων και εδάφους, καθώς και βιομετεωρολογικούς δείκτες όπως η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (MRT) και η προβλεπόμενη μέση ψυκτική αίσθηση (PMV).

Το ENVI-met είναι ένα ολιστικό εργαλείο μικροκλιματικής ανάλυσης, που επιτρέπει στους ερευνητές να προβλέπουν τις επιπτώσεις του αστικού σχεδιασμού στο τοπικό περιβάλλον και να αξιολογούν στρατηγικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή

Το ENVI-met είναι ένα λογισμικό υψηλής ανάλυσης για τη μοντελοποίηση του αστικού μικροκλίματος, το οποίο επιτρέπει τη προσομοίωση αστικών περιβαλλόντων και την ανάλυση των επιπτώσεων που έχει ένας συγκεκριμένος αρχιτεκτονικός ή πολεοδομικός σχεδιασμός στο αστικό μικροκλίμα και στο υπαίθριο περιβάλλον. Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων και βιώσιμων αστικών περιοχών.

Για να προσομοιώσει τη δυναμική συμπεριφορά του σύνθετου μικροκλιματικού συστήματος, το ENVI-met υιοθετεί μια ολιστική προσέγγιση, στην οποία όλα τα αλληλεπιδρώντα φαινόμενα και διεργασίες ενσωματώνονται και προσομοιώνονται ταυτόχρονα σε ένα λεπτομερές τρισδιάστατο μοντέλο. Το μοντέλο αυτό επιτρέπει την προσομοίωση αλληλεπιδράσεων μικροκλίμακας μεταξύ

επιφανειών, φυτικής κάλυψης και ατμόσφαιρας, με τυπική οριζόντια ανάλυση από 0,5 έως 10 μέτρα, χρονικό εύρος προσομοίωσης 24–48 ωρών και χρονικό βήμα 1–5 δευτερολέπτων.

Το ENVI-met περιλαμβάνει μονάδες προσομοίωσης που αφορούν:

- Ατμοσφαιρική δυναμική και ροή αέρα γύρω και μεταξύ κτιρίων μέσω υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD),
- Ανταλλαγές ενέργειας και υγρασίας στο έδαφος και στα δομικά κελύφη (περιλαμβανομένης της υδρολογίας του εδάφους),
- Φυσική του κτιρίου (προσομοίωση ενεργειακής συμπεριφοράς και εσωτερικού κλίματος),
- Επιπτώσεις της βλάστησης στο τοπικό μικροκλίμα,
- Βιοκλιματολογία και διασπορά ρύπων.

Το πρόγραμμα βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη, και στην επίσημη ιστοσελίδα του διατίθενται περιλήψεις εκδόσεων, νέες ενημερώσεις και τεχνικές οδηγίες. Εκτός από τη δωρεάν έκδοση (ENVI-met Standard), υπάρχουν και οι Professional και Expert Versions, οι οποίες παρέχουν επιπλέον αναλυτικές λειτουργίες και προηγμένες δυνατότητες μοντελοποίησης — αν και η τελευταία είναι διαθέσιμη μόνο στο πλαίσιο συμβουλευτικών υπηρεσιών της ομάδας ανάπτυξης του ENVI-met.

Επιπλέον, οι προγραμματιστές μπορούν να προσφέρουν εξατομικευμένα ή εξειδικευμένα μοντέλα προσομοίωσης, ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες σχεδιασμού, καθώς και τεχνική υποστήριξη για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης ενός έργου. Στην ιστοσελίδα του προγράμματος, οι χρήστες μπορούν να βρουν εκτενή συλλογή από οδηγούς, συχνές ερωτήσεις (FAQs), καθώς και επιστημονικά άρθρα και μελέτες που σχετίζονται με την εφαρμογή του.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι το ENVI-met ΔΕΝ είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα.

## **2. SOLENE-microclimate:**

Το SOLENE-microclimate είναι ένα τρισδιάστατο υπολογιστικό εργαλείο προσομοίωσης, αρχικά αναπτυγμένο από το εργαστήριο CERMA για τη μελέτη των ακτινοβολιακών διεργασιών σε αστικά περιβάλλοντα. Σήμερα, έχει εξελιχθεί ώστε να αξιολογεί και να ποσοτικοποιεί την επίδραση του μικροκλίματος τόσο στη θερμική άνεση των εξωτερικών χώρων όσο και στα θερμικά φορτία των κτιρίων.

Το λογισμικό περιλαμβάνει μοντέλα που αναπτύχθηκαν και ενσωματώθηκαν στο SOLENE-microclimate, επιτρέποντας την ολοκληρωμένη προσομοίωση μικροκλιματικών συνθηκών και της θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων.

Τα Μοντέλα που Περιλαμβάνονται στο SOLENE-microclimate

- Ηλιακή ακτινοβολία
- Ανταλλαγή ακτινοβολίας μεγάλου κύματος με το περιβάλλον
- Μεταφορά θερμότητας μέσω του κελύφους του κτιρίου
- Διάδοση θερμότητας μέσω του εδάφους
- Συναγωγή μεταξύ επιφανειών και αέρα
- Εξατμισοδιαπνοή από φυσικές επιφάνειες (βλάστηση)
- Εξάτμιση από μάζες ή φύλλα νερού (δεξαμενές, λίμνες)
- Ανθρωπογενής θερμότητα, κυρίως από συστήματα κλιματισμού
- Κίνηση του αέρα (πεδίο ταχύτητας ανέμου)
- Μοντέλο θερμικής άνεσης, για την εκτίμηση της άνεσης σε υπαίθριους χώρους,
- Μοντέλο θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου, το οποίο υπολογίζει τα θερμικά φορτία και τη θερμοκρασία σε συνθήκες ελεύθερης ταλάντωσης, για το κτίριο που εξετάζεται στο υπό μελέτη πεδίο.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η ενσωμάτωση μοντέλων βλάστησης, που επιτρέπουν τη μελέτη αλληλεπίδρασης φυτικής κάλυψης και αστικού περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένων των πράσινων στεγών και προσόψεων.

Το SOLENE λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως:

- Σκιάσεις,
- Ακτινοβολιακές ανταλλαγές,
- Εξατμισοδιαπνοή,
- Απώλεια πίεσης του αέρα λόγω φυλλώματος,
- Επίδραση στη ροή αέρα και στην ψύξη του περιβάλλοντος.

Η ενσωμάτωση αυτών των παραμέτρων επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση σεναρίων αστικού σχεδιασμού, διευκολύνοντας την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των πράσινων στεγών στην αντιμετώπιση της θερμικής νησίδας και στη βελτίωση της άνεσης. Συμπερασματικά, η χρήση των

εργαλείων ENVI-met και SOLENE-microclimate επιτρέπει μια ποσοτική, επιστημονικά τεκμηριωμένη προσέγγιση για την αξιολόγηση των θερμικών, αεροδυναμικών και οικολογικών επιδράσεων των πράσινων στεγών. Τα μοντέλα αυτά βοηθούν αρχιτέκτονες, μηχανικούς και ερευνητές να προβλέπουν τις μεταβολές στο μικροκλίμα και να σχεδιάζουν αστικά περιβάλλοντα πιο ανθεκτικά στην κλιματική αλλαγή, στηριγμένα στη φυσική και ψηφιακή οικολογία.

## 11. Μελέτες Περίπτωσης GREENO2

### 11.1. Μελέτη Περίπτωσης στην Ιταλία

Η μελέτη περίπτωσης που παρουσιάζεται εδώ επικεντρώνεται στο Polder Roof, μία μπλε-πράσινη στέγη (Blue-Green Roof – BGR) που αναπτύχθηκε από την ολλανδική εταιρεία MetroPolder Company. Το πειραματικό αυτό πιλοτικό έργο εγκαταστάθηκε στον υδρολογικό ερευνητικό σταθμό του Πανεπιστημίου της Tuscia στην Κεντρική Ιταλία ([www.mechhydrolab.org](http://www.mechhydrolab.org)) και απεικονίζεται στο Σχήμα 4. Η στέγη είναι υπερυψωμένη κατά 90 cm από το έδαφος επάνω σε ξύλινη κατασκευή και καλύπτει συνολική επιφάνεια 16 m<sup>2</sup> (4 m × 4 m). Αποτελείται από στρώση απόθήκευσης νερού πάχους 8 cm και στρώση εδάφους πάχους 10 cm. Η έξυπνη βαλβίδα έχει τοποθετηθεί σε σταθερό ύψος 7 cm, το οποίο αντιστοιχεί στη μέγιστη ικανότητα συγκράτησης νερού του συγκεκριμένου συστήματος BGR.

Η προκαθορισμένη αυτή χωρητικότητα επιτρέπει την αξιολόγηση της υδρολογικής απόδοσης του συστήματος σε μεσογειακό κλίμα, όπου η ζήτηση νερού είναι υψηλή κατά τη θερινή περίοδο. Η βλάστηση της στέγης περιλαμβάνει *Sedum album* και *Sedum acre*. Το σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε εκτείνεται από 30 Οκτωβρίου 2020 έως 31 Δεκεμβρίου 2022.

Οι κύριοι στόχοι της μελέτης είναι:

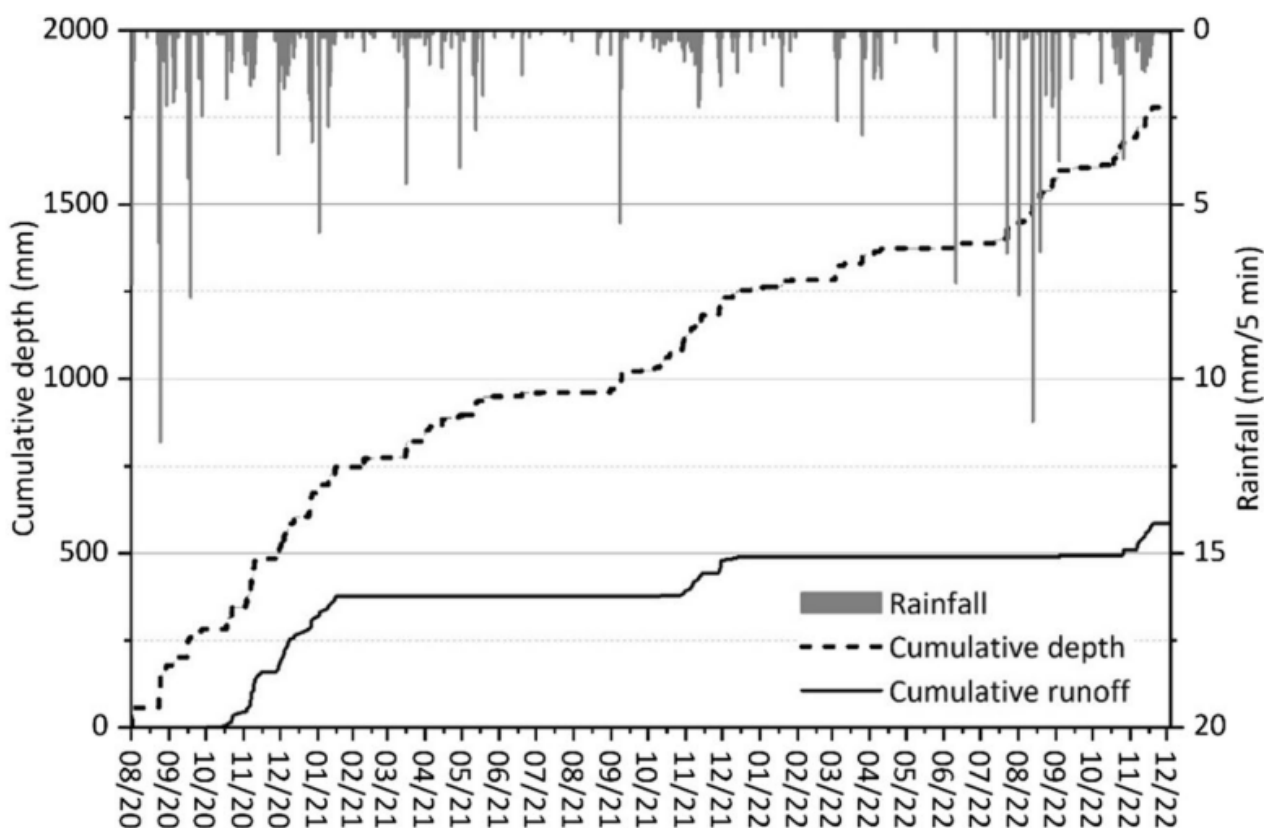
- η παρουσίαση της υδρολογικής απόδοσης του συστήματος BGR σε όλο το χρονικό εύρος των βροχοπτώσεων, αλλά και σε επιμέρους επεισόδια,
- η ανάλυση της θερμικής απόδοσης του BGR με δεδομένα ανά 5 λεπτά για το έτος 2021, σε σύγκριση με μία μεταλλική στέγη αναφοράς (Benchmark Roof)



**Σχήμα 4. Η μελέτη περίπτωσης μπλε-πράσινης στέγης στο Βιτέρμπο (Κεντρική Ιταλία)**

Η υδρολογική απόδοση της μπλε-πράσινης στέγης συνδέεται στενά με τη λειτουργική διαχείριση της “έξυπνης βαλβίδας” (smart valve), η οποία καθ’ όλη τη διάρκεια της περιόδου παρατήρησης παρέμεινε ρυθμισμένη σε ύψος 7 cm. Το ύψος αυτό αντιστοιχεί στη μέγιστη χωρητικότητα αποθήκευσης νερού για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση BGR.

Κατά την περίοδο Αύγουστος 2020 – Δεκέμβριος 2022, το συνολικό ύψος βροχής ανήλθε σε 1779 mm, με σωρευτική απορροή 585 mm. Δεν καταγράφηκαν επεισόδια χιονόπτωσης. Αναλυτικά, η σωρευτική βροχόπτωση ήταν 527,3 mm το 2020, 706 mm το 2021, και 546 mm το 2022 — χαμηλότερες τιμές από τον μακροπρόθεσμο μέσο όρο της περιοχής Viterbo (810 mm). Το 2022 χαρακτηρίστηκε από έντονη ξηρασία.

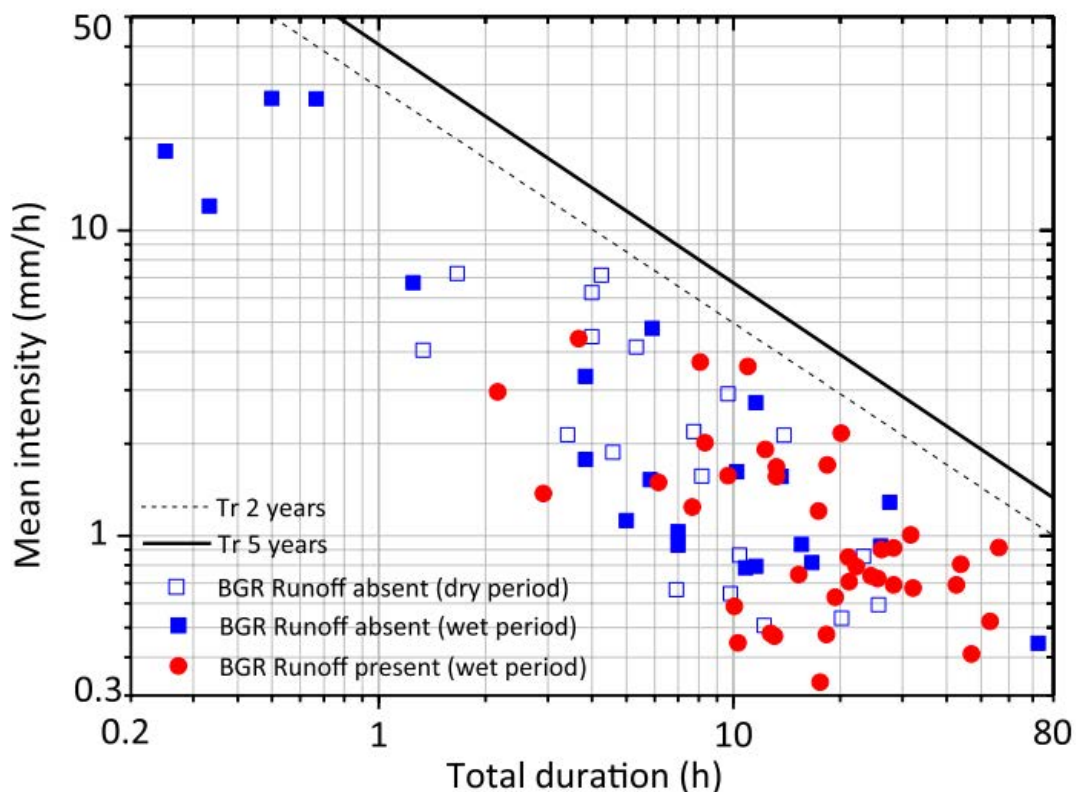


**Σχήμα 5. Χρονοσειρά βροχόπτωσης, αθροιστικό ύψος βροχόπτωσης και αθροιστική χρονοσειρά απορροής του συστήματος BGR, με χρονική ανάλυση 5 λεπτών, για ολόκληρη την περίοδο παρατήρησης.**

Το σχήμα 6 παρουσιάζει μια συνολική επισκόπηση των 79 βροχοπτώσεων που καταγράφηκαν κατά την περίοδο μελέτης, διακρίνοντας τα περιστατικά με και χωρίς απορροή από το σύστημα BGR, καθώς και την εποχική τους κατανομή στις ξηρές και υγρές περιόδους.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, δεν παρατηρήθηκαν περιστατικά απορροής κατά τη ξηρή περίοδο. Επιπλέον, η εικόνα περιλαμβάνει καμπύλες έντασης-διάρκειας-συχνότητας (IDF) για περιόδους επαναφοράς ( $T_r$ ) 2 και 5 ετών. Οι καμπύλες αυτές προέκυψαν από την εφαρμογή της γενικευμένης κατανομής ακραίων τιμών (Generalised Extreme Value Distribution) στη χρονοσειρά ετήσιων μέγιστων τιμών βροχόπτωσης του μετεωρολογικού σταθμού Βιτέρμπο, ο οποίος διαθέτει δεδομένα από το 1916, για διάρκεια 1, 3, 6, 12 και 24 ωρών. Από την ανάλυση προκύπτει ότι η πλειονότητα των επεισοδίων βροχής ήταν συνήθους έντασης, με μόνο τρία να εμφανίζουν περίοδο επαναφοράς περίπου δύο ετών.

Εστιάζοντας στα επεισόδια της υγρής περιόδου, δεν παρατηρείται σαφής διαφοροποίηση μεταξύ επεισοδίων με απορροή (κόκκινοι κύκλοι) και χωρίς απορροή (γαλάζια τετράγωνα). Η απουσία αυτής της διαφοροποίησης αποδίδεται πιθανότατα στο προηγούμενο ύψος βροχόπτωσης, το οποίο φαίνεται να παίζει καθοριστικό ρόλο στη συμπεριφορά του συστήματος BGR και στην εκδήλωση ή μη απορροής.



Σχήμα 6. Οι 79 καταγεγραμμένες βροχοπτώσεις κατά την περίοδο παρατήρησης. Η οπτική αναπαράσταση περιλαμβάνει κενά γαλάζια τετράγωνα, που υποδηλώνουν περιστατικά χωρίς απορροή από την πράσινη στέγη (BGR) κατά τη ξηρή περίοδο (άνοιξη και καλοκαίρι), γεμάτα γαλάζια τετράγωνα, τα οποία αντιστοιχούν σε περιστατικά χωρίς απορροή κατά τη υγρή περίοδο (φθινόπωρο και χειμώνα), κόκκινους κύκλους, που αντιπροσωπεύουν περιστατικά με απορροή από το σύστημα BGR κατά τη υγρή περίοδο (φθινόπωρο και χειμώνα). Αξιοσημείωτο είναι ότι δεν παρατηρήθηκαν περιστατικά απορροής κατά τη ξηρή περίοδο. Η εικόνα περιλαμβάνει επίσης τις καμπύλες Έντασης–Διάρκειας–Συχνότητας (Intensity–Duration–Frequency, IDF) για διάφορες περιόδους επαναφοράς. Η διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς δύο ετών ( $Tr = 2$  έτη), ενώ η παχιά γραμμή αντιπροσωπεύει περίοδο επαναφοράς πέντε ετών ( $Tr = 5$  έτη).

Η θερμική αποδοτικότητα αξιολογήθηκε συγκρίνοντας τη θερμοκρασία του αέρα πάνω από τη στέγη BGR με εκείνη της μεταλλικής στέγης λίγα μέτρα μακριά. Παρατηρήθηκε ότι οι θερμοκρασίες

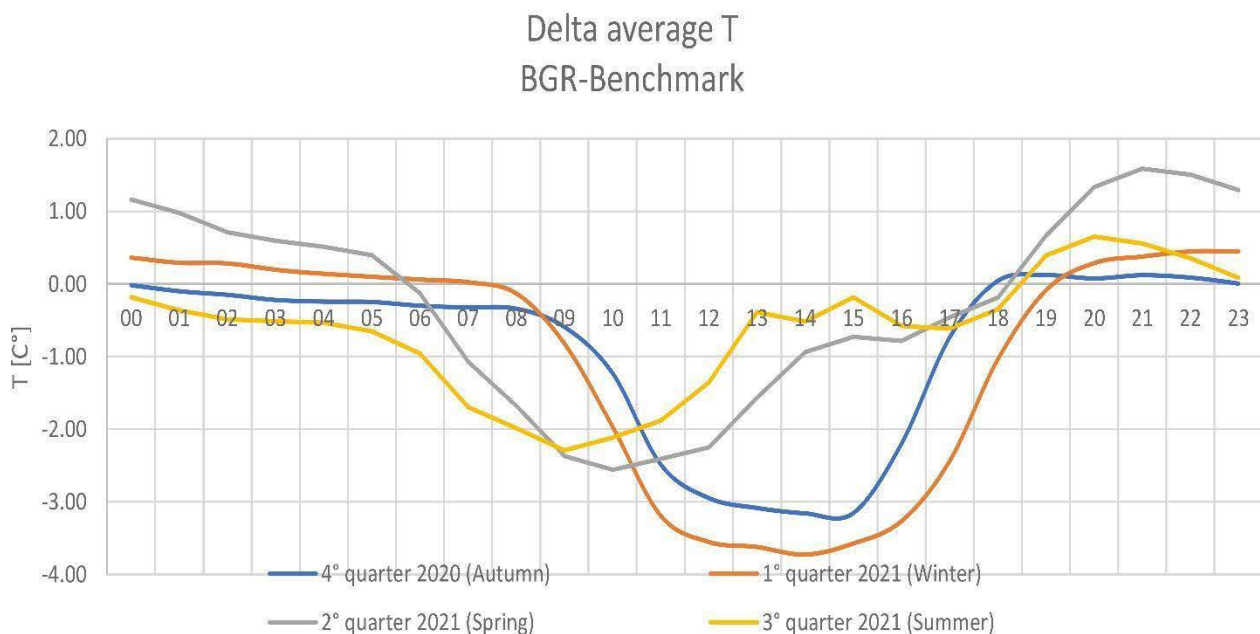
στη μεταλλική στέγη ήταν συστηματικά υψηλότερες, ιδίως κατά τις θερμότερες ώρες της ημέρας. Κατά τη διάρκεια του Φεβρουαρίου 2021, όταν η βλάστηση ήταν πυκνή και το υπόστρωμα κορεσμένο από βροχή, η θερμοκρασία πάνω από το BGR ήταν έως και 11°C χαμηλότερη από το δείγμα αναφοράς. Αντίθετα, το καλοκαίρι του 2021, και ειδικότερα τον Αύγουστο, κατά τις περιόδους ξηρασίας και φτωχής βλάστησης, οι μέγιστες θερμοκρασίες στο BGR ήταν ίδιες ή ελαφρώς υψηλότερες (μέχρι +5,5°C) σε σύγκριση με τη μεταλλική στέγη (Σχήμα 7).



**Σχήμα 7. Η μεταλλική στέγη – πρότυπο σύγκρισης (benchmark).**

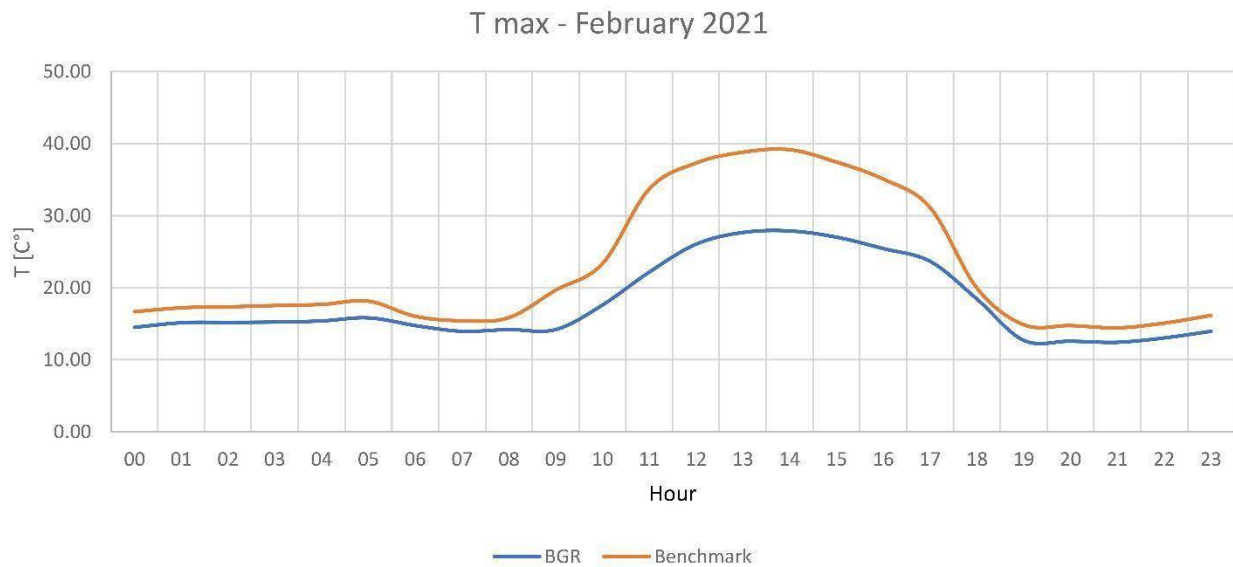
Το σχήμα 8 παρουσιάζει την τάση της μέσης διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της πράσινης στέγης BGR και της μεταλλικής στέγης αναφοράς (Benchmark) ανά τρίμηνο. Είναι εμφανές ότι οι

Θερμοκρασίες στη μεταλλική στέγη είναι υψηλότερες σε σύγκριση με εκείνες που καταγράφηκαν στην πράσινη στέγη BGR, ιδίως κατά τις θερμότερες ώρες της ημέρας.

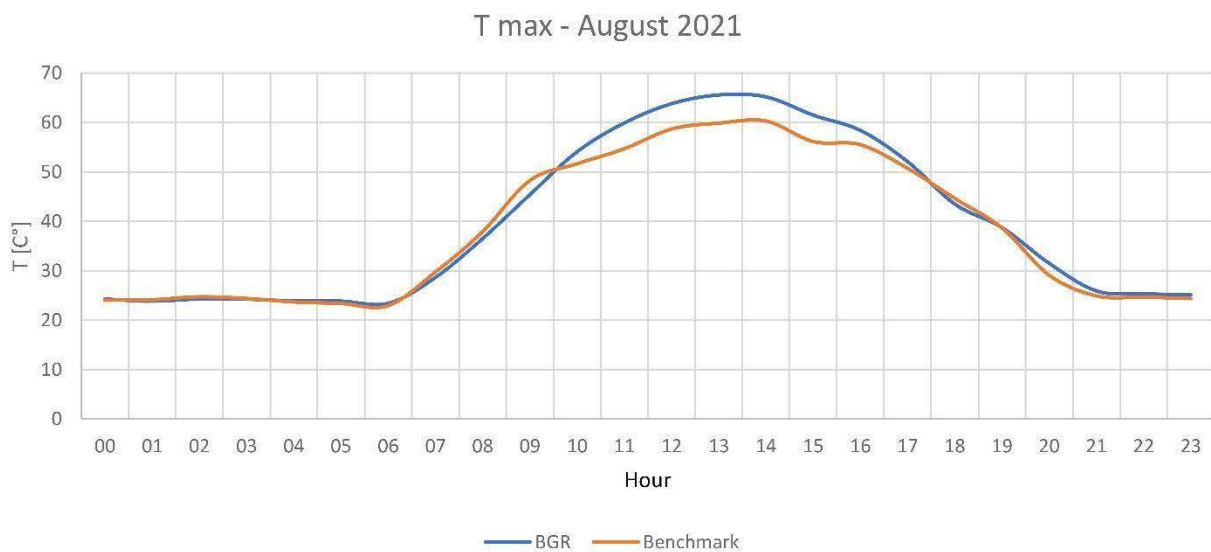


**Σχήμα. 8. Διαφορά μέσης θερμοκρασίας (ΔΤ) μεταξύ της πράσινης στέγης BGR (Polder) και της μεταλλικής στέγης αναφοράς, ανά τρίμηνο (έτος 2021).**

Η ανάλυση σε επίπεδο μεμονωμένων μηνών και ωρών αποκαλύπτει διαφοροποιημένες δυναμικές συμπεριφορές. Για παράδειγμα, τον Φεβρουάριο (Σχήμα 9), όταν η στέγη BGR παρουσιάζει πλούσια βλάστηση και το υπόστρωμα είναι κορεσμένο από βροχόπτωση, το θερμικό αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερος έντονο, με τις μέγιστες θερμοκρασίες αέρα να είναι έως και 11°C χαμηλότερες σε σχέση με τη στέγη αναφοράς (Benchmark). Αντίθετα, κατά τη θερινή περίοδο, και ειδικότερα σε περιόδους έντονης ξηρασίας, όπου η βλάστηση είναι ξηρή ή απουσιάζει, η θερμική συμπεριφορά αντιστρέφεται. Τον Αύγουστο του 2021 (Σχήμα 10), οι μέγιστες ωριαίες θερμοκρασίες που καταγράφηκαν στην πράσινη στέγη τύπου Polder ήταν ίδιες ή ελαφρώς υψηλότερες (έως 5,5°C) από εκείνες της μεταλλικής στέγης αναφοράς, ιδίως κατά τις θερμότερες ώρες της ημέρας (μετά τις 11:00 π.μ.).



**Σχήμα 9. Τάση των μέγιστων ωριαίων θερμοκρασιών για την πράσινη στέγη τύπου Polder (BGR) και τη μεταλλική στέγη αναφοράς (Benchmark), Φεβρουάριος 2021.**



**Σχήμα 9. Τάση των μέγιστων ωριαίων θερμοκρασιών για την πράσινη στέγη τύπου Polder (BGR) και τη μεταλλική στέγη αναφοράς (Benchmark), Αύγουστος 2021.**

Συμπερασματικά, από υδρολογική άποψη, η στέγη BGR συγκράτησε σημαντικό ποσοστό των βροχοπτώσεων, αν και δεν καταγράφηκαν ακραία φαινόμενα στην υπό εξέταση διετία. Η απόδοσή της μειώθηκε κατά τις περιόδους υψηλής υγρασίας, όταν το σύστημα ήταν κορεσμένο, γεγονός που υποδεικνύει τη σημασία των προηγούμενων συνθηκών βροχής (antecedent conditions). Από

θερμική άποψη, παρατηρήθηκε αντίστροφη εποχική μεταβλητότητα: η ψυκτική απόδοση είναι υψηλότερη τον χειμώνα, ενώ μειώνεται το καλοκαίρι λόγω ξηρότητας και απώλειας φυτοκάλυψης. Καθίσταται, έτσι, απαραίτητη η συμπληρωματική άρδευση τους θερινούς μήνες για τη διατήρηση της θερμικής απόδοσης και της βλάστησης. Συνολικά, η μελέτη καταδεικνύει ότι οι Blue-Green Roofs μπορούν να συμβάλουν ουσιαστικά στη διαχείριση υδάτων και στη θερμική ρύθμιση σε μεσογειακά κλίματα, εφόσον υποστηρίζονται από έξυπνη διαχείριση νερού και κατάλληλη συντήρηση

## 11.2. Μελέτη Περίπτωσης στην Ελλάδα

Μία εξίσου ενδιαφέρουσα εφαρμογή πράσινης στέγης παρουσιάζεται στην Ελλάδα, επίσης εταίρο του έργου GREENO2. Πρόκειται για μία εκτεταμένη στέγη βιοποικιλότητας, εγκατεστημένη στις εγκαταστάσεις της L'Oréal στην Αθήνα. Η στέγη βρίσκεται σε αστικό περιβάλλον, περιβαλλόμενο από δημόσιους και ιδιωτικούς κήπους, αρχαιολογικούς χώρους, αθλητικές εγκαταστάσεις και χαμηλούς λόφους.

Οι βασικοί στόχοι του σχεδίου δράσης ήταν η αναγνώριση της φύσης ως αναπόσπαστου στοιχείου της καινοτόμου αστικής ανάπτυξης, και η διερεύνηση του δυναμικού των πράσινων στεγών ως εργαλείου μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.

Η πρόταση σχεδιασμού τοπίου προβλέπει τη διαμόρφωση μιας πράσινης στέγης με δύο διακριτές ζώνες, οι οποίες στοχεύουν στην ενίσχυση των μικροοικοτόπων της ευρύτερης περιοχής και στη δημιουργία ενός κόμβου βιοποικιλότητας για εκπαιδευτικούς και ενημερωτικούς σκοπούς, τόσο για το προσωπικό όσο και για τους επισκέπτες. Η ζώνη ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης επικεντρώνεται στην ανάδειξη της αξίας της βιοποικιλότητας μέσω παραδειγματικών παρεμβάσεων επίδειξης, ενώ η ζώνη άγριας ζωής στοχεύει στη φιλοξενία ειδών χλωρίδας και πανίδας με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση.

Η διαμόρφωση περιλαμβάνει περιοχές κατάλληλες για τη διαχείριση, ανάπαυση, φωλεοποίηση, αναπαραγωγή και τροφοληψία της πανίδας, καθώς και φυτεύσεις δένδρων, θάμνων και πολυετών

φυτών. Με τον τρόπο αυτό, η πράσινη στέγη ενισχύει τη βιοποικιλότητα και προσδίδει οικολογική, αισθητική και κοινωνική αξία στο κτίριο και στο περιβάλλον του.



Σχήμα 11. Το σχέδιο της πράσινης στέγης



**Σχήμα 12: Η πράσινη στέγη με την εκτεταμένη βιοποικιλότητα**

Η μελέτη περίπτωσης εξετάζει:

- τη **δομή και βλάστηση** της στέγης,
- τις **μικροκλιματικές επιδράσεις** στο τοπικό περιβάλλον,
- και τα **συνολικά οικολογικά και κοινωνικά οφέλη** από την εφαρμογή πράσινης στέγης σε ιδιωτικό εταιρικό κτίριο στο κέντρο της Αθήνας.

Η περίπτωση της L'Oréal Ελλάδος αναδεικνύει πώς η **εταιρική περιβαλλοντική ευθύνη** μπορεί να συμβάλει έμπρακτα στη **δημιουργία ανθεκτικών αστικών οικοσυστημάτων**, ενισχύοντας τη **συνύπαρξη φύσης και επιχειρηματικότητας** σε πυκνοδομημένες περιοχές.

### **11.3. Μελέτη περίπτωσης στην Πολωνία**

Ένα ακόμη παράδειγμα πράσινης στέγης από χώρα του εταιρικού σχήματος, την Πολωνία, είναι η πράσινη στέγη της Βιβλιοθήκης του Πανεπιστημίου της Βαρσοβίας (BUW).<sup>3</sup> Η συγκεκριμένη στέγη θεωρείται μία από τις ομορφότερες και μεγαλύτερες πράσινες στέγες στην Ευρώπη, καλύπτοντας έκταση άνω του 1 εκταρίου (10.000 τετραγωνικά μέτρα). Η πράσινη στέγη χωρίζεται σε δύο κύριες ενότητες: τον άνω και τον κάτω κήπο. Ο άνω κήπος διαθέτει εξώστες και σημεία παρατήρησης με πανοραμική θέα προς τον ποταμό Βιστούλα και τον ορίζοντα της Βαρσοβίας. Η επιφάνεια της στέγης καλύπτεται από μεγάλη ποικιλία φυτών, όπως πολυετή φυτά, θάμνους και δένδρα, τα οποία έχουν επιλεγεί προσεκτικά ώστε να αντέχουν στις συνθήκες στέγης και να διατηρούν αισθητικό και οικολογικό ενδιαφέρον καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επιπλέον, η στέγη περιλαμβάνει υδάτινα στοιχεία και μικρές δεξαμενές, που προσελκύουν πτηνά και έντομα, ενισχύοντας έτσι τη βιοποικιλότητα και καθιστώντας τη στέγη έναν δυναμικό αστικό βιότοπο με εκπαιδευτική και περιβαλλοντική αξία.

---

<sup>3</sup> <https://inplacescityguide.com/green-roofs-in-warsaw/>



**Εικόνα 13: Πράσινη στέγη στην Βαρσοβία (Πολωνία)**

#### **11.4. Μελέτη περίπτωσης στην Ουκρανία**

Η πράσινη στέγη του συγκροτήματος κατοικιών Tetris-Hall αποτελεί έναν καινοτόμο χώρο αναψυχής και ψυχαγωγίας στο κέντρο της πρωτεύουσας της Ουκρανίας, Κιέβου. Η στέγη αυτού του συγκροτήματος, που βρίσκεται στην «καρδιά» της πόλης, έχει μετατραπεί σε μοναδικό υπαίθριο χώρο για τους κατοίκους και τους επισκέπτες του. Χάρη στην τεχνογνωσία των επαγγελματιών του γραφείου αρχιτεκτονικής τοπίου KOTSIUBA, δημιουργήθηκε ένα αστικό πάρκο που περιλαμβάνει ώριμα δένδρα, δασικές ενότητες, ανοιχτές ζώνες χαλάρωσης, θερινό κινηματογράφο, χώρο BBQ και μια γυάλινη γέφυρα που συνδέει τους δύο πύργους του συγκροτήματος.

*Η σημασία των πράσινων στεγών*

Οι πράσινες στέγες αποτελούν βασικό στοιχείο του σύγχρονου αστικού σχεδιασμού, καθώς συμβάλλουν στη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος, βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και δημιουργούν άνετους, φιλικούς προς τον άνθρωπο χώρους διαβίωσης. Το Tetris-Hall αποτελεί εξαιρετικό παράδειγμα επιτυχούς εφαρμογής μιας πράσινης στέγης, όπου το φυσικό στοιχείο ενσωματώνεται αρμονικά στο αστικό τοπίο, προσφέροντας στους κατοίκους υψηλής ποιότητας περιβάλλον διαβίωσης.

#### *Πρόκληση και λύση*

Ο κύριος στόχος του σχεδιασμού ήταν η δημιουργία λειτουργικών ζωνών που να καλύπτουν τις ανάγκες όλων των ομάδων κατοίκων του κτιρίου. Αυτό απαίτησε αναθεώρηση της κλίμακας και της λειτουργικότητας του χώρου, οδηγώντας στην ανάπτυξη ενός πολυλειτουργικού δώματος, κατάλληλου για δραστηριότητες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

#### *Τοποθεσία και πανοραμική θέα*

Το Tetris-Hall βρίσκεται στο κέντρο του Κιέβου, προσφέροντας άμεση πρόσβαση στα κύρια πολιτιστικά και ψυχαγωγικά σημεία της πόλης. Πριν την έναρξη της μελέτης, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των οπτικών αξόνων ώστε να αναδειχθούν τα βασικά σημεία θέας, μεγιστοποιώντας τη χρήση των πανοραμικών θεάσεων που προσφέρει η στέγη.

#### *Γενικό σχέδιο και ζωνοποίηση*

Η στέγη λειτουργεί ως κοινωνικός κόμβος για τους κατοίκους και τους επισκέπτες, περιλαμβάνοντας:

- Πισίνα – χώρος χαλάρωσης κατά τη θερινή περίοδο.
- Θερινό κινηματογράφο – για προβολές ταινιών σε υπαίθριο περιβάλλον.
- Καφέ και χώρο BBQ – με εντυπωσιακή θέα στην πόλη.
- Πράσινο πάρκο – ιδανικό για περίπατο και αναψυχή.

Το αρχικό σχέδιο περιελάμβανε ευρείς χώρους συγκέντρωσης γύρω από την πισίνα, το μπαρ και το BBQ. Το νέο αναθεωρημένο σχέδιο εισήγαγε πρόσθετα λειτουργικά στοιχεία, επιτρέποντας την αξιοποίηση της στέγης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η ποικιλία των χώρων, διαφορετικής κλίμακας και χρήσης, ικανοποιεί τις πολυδιάστατες ανάγκες των κατοίκων.

#### *Κύριες λειτουργικές ζώνες*

- Ανοικτή πλατεία (open plaza) – η διάταξη των καθιστικών επιτρέπει ευέλικτη χρήση του χώρου.
- Περιοχή BBQ – διαμορφωμένη με ξεχωριστές ενότητες για τέσσερις ομάδες και κοινόχρηστη ζώνη.
- Παιδικές χαρές – περιλαμβάνουν ζώνη Lego και κατασκευή με ιστούς αναρρίχησης, δημιουργώντας παιχνιδιάρικο περιβάλλον.
- Καφέ – κλειστός χώρος που εξασφαλίζει άνετη χρήση ανεξαρτήτως καιρού.
- Πάρκο – πράσινη περιοχή με ρευστές, καμπύλες μορφές, που εμπλουτίζει την εμπειρία αναψυχής των κατοίκων.

Η στέγη του Tetris-Hall έχει μετατραπεί από μια τεχνική επιφάνεια σε έναν άνετο, πολύπλευρο χώρο για χαλάρωση, εργασία και κοινωνική αλληλεπίδραση, αρμονικά ενταγμένο στον δυναμικό ρυθμό της πόλης. Η υλοποίησή της αποδεικνύει την αποτελεσματικότητα των πράσινων στεγών στη σύγχρονη αστική ανάπτυξη, συμβάλλοντας στη δημιουργία βιώσιμων, ελκυστικών και περιβαλλοντικά υπεύθυνων χώρων κατοικίας.



Εικόνα 14: Πράσινη στέγη στο Κίεβο (Ουκρανία)

### 11.5. Μελέτη περίπτωσης στην Ισπανία

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει μια επιμελημένη επιλογή πραγματικών παραδειγμάτων κτιρίων με πράσινες στέγες από διάφορα μέρη του κόσμου. Κάθε παράδειγμα αναδεικνύει τα μοναδικά στοιχεία σχεδιασμού, υλοποίησης και αποδόσεων, αποδεικνύοντας πώς οι πράσινες στέγες συμβάλλουν στην ενεργειακή αποδοτικότητα, τη μείωση της αστικής θερμικής νησίδας, τη

βελτίωση του περιβάλλοντος και την ενίσχυση της βιοποικιλότητας. Μέσα από αυτές τις μελέτες περίπτωσης, επιδιώκεται να αναδειχθεί ο μετασχηματιστικός ρόλος των πράσινων στεγών στη διαμόρφωση πιο βιώσιμων, ανθεκτικών και ανθρώπινων πόλεων, ικανών να ανταποκρίνονται στις σύγχρονες περιβαλλοντικές και κοινωνικές προκλήσεις.

### **To Δημαρχείο της Isla Cristina**

Τοποθεσία: Isla Cristina (Ισπανία)

Έκταση: περίπου 200 m<sup>2</sup>

Έτος κατασκευής: 2020

Αρχιτέκτων/Σχεδιασμός: impermeabilizations Sinhume.

Σύστημα: Sedum-mix blanket

Για τη βελτίωση της εσωτερικής θερμικής άνεσης και τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, εγκαταστάθηκε μια πράσινη στέγη επιφάνειας 200 m<sup>2</sup> στο νέο Δημαρχείο της Isla Cristina.

Η Isla Cristina βρίσκεται στην επαρχία Huelva, στη νότια Ισπανία, και χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό ηλιόλουστων ημερών ετησίως, αποτελώντας μία από τις θερμότερες περιοχές της χώρας. Η ιδιαιτερότητα αυτή καθιστά εξαιρετικά σημαντική τη μείωση των ηλιακών κόστους μέσω της στέγης — έναν στόχο που οι φυτικές επικαλύψεις επιτυγχάνουν με υψηλή αποτελεσματικότητα.

Ειδικότερα, τα παχύφυτα μπορούν να απορροφήσουν έως και 50% της ηλιακής ακτινοβολίας και να ανακλούν περίπου 30%, διατηρώντας τη θερμοκρασία τους σε επίπεδα παρόμοια με εκείνα του περιβάλλοντος αέρα. Πολλά είδη παχύφυτων προέρχονται από τη Μεσογειακή ζώνη, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Χάρη στις φυσικές τους ιδιότητες, τα φυτά αυτά απαιτούν ελάχιστη συντήρηση, περιορισμένη ποσότητα νερού και λίγα θρεπτικά συστατικά, γεγονός που τα καθιστά ιδανική επιλογή για ξηρές ή ψυχρές περιοχές με περιορισμένους υδατικούς πόρους.

Η οικολογική αυτή λύση συμβάλλει στη δημιουργία δροσερότερου και πιο ευχάριστου εσωτερικού περιβάλλοντος, χάρη στη μεγάλη θερμομονωτική ικανότητα της πράσινης στέγης. Ως αποτέλεσμα, το

σύστημα κλιματισμού μπορεί να λειτουργεί με μειωμένη ένταση, οδηγώντας σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και σε βελτίωση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας του κτιρίου.

## **11.4. Άλλες μελέτες περίπτωσης**

### **Κτίριο στο λιμάνι**

Τοποθεσία: Roscoff, France

Έκταση: περίπου 1300 m<sup>2</sup>

Έτος κατασκευής: 2014

Αρχιτέκτων/Σχεδιασμός: Σχεδιασμός Archus και κατασκευή Serneke.

Σύστημα: Sedum-mix blanket

Στο λιμάνι του Roscoff, στη Γαλλία, κατασκευάστηκε ένα πολυλειτουργικό κτίριο που στεγάζει, μεταξύ άλλων, ένα εστιατόριο και έναν αλιευτικό όμιλο. Το 2014, εγκαταστάθηκε πράσινη στέγη καλυμμένη με παχύφυτα, γνωστά για την ικανότητά τους να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του ωκεάνιου κλίματος. Η συγκεκριμένη φυτική κάλυψη χαρακτηρίζεται από ευκολία συντήρησης και προσφέρει προστασία στα υλικά της στέγης από τις δυσμενείς καιρικές επιδράσεις, παρατείνοντας σημαντικά τη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Το κτίριο διαθέτει επίσης μια ξύλινη γέφυρα που εκτείνεται πάνω από την πράσινη στέγη, προσφέροντας εντυπωσιακή θέα προς το λιμάνι, τη θάλασσα και το κατάστρωμα του ίδιου του κτιρίου.

Ο σχεδιασμός αυτός ενσωματώνει αισθητικά, λειτουργικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, καθιστώντας το έργο ένα παράδειγμα επιτυχημένης σύνδεσης της αρχιτεκτονικής με τη φύση στο πλαίσιο της παράκτιας βιώσιμης ανάπτυξης.

### **Κεντρικά γραφεία LIDL (Σουηδία)**

Τοποθεσία: Στοκχόλμη (Σουηδία)

Έκταση: περίπου 4000 m<sup>2</sup>

Έτος κατασκευής: 2021

Αρχιτέκτων/Σχεδιασμός: Σχεδιασμός Archus και κατασκευή Serneke.

Σύστημα: Sedum-mix blanket

Τα τελευταία χρόνια, η Lidl έχει αναβαθμίσει αρκετά από τα καταστήματά της με πράσινες στέγες, στο πλαίσιο της στρατηγικής της για βιωσιμότητα και περιβαλλοντική προστασία. Το νέο κτίριο κεντρικών γραφείων της εταιρείας στην περιοχή της Στοκχόλμης, το οποίο θα στεγάσει αρχικά περισσότερους από 400 εργαζόμενους, καθώς και το γειτονικό κατάστημα, έχουν σχεδιαστεί ώστε να ανταποκρίνονται πλήρως στις προδιαγραφές και τις ανάγκες της γερμανικής αλυσίδας σούπερ μάρκετ. Η στέγη του κτιρίου είναι καλυμμένη με πράσινη βλάστηση, η οποία βελτιώνει τις συνθήκες άνεσης και μειώνει την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, ενώ παράλληλα λειτουργεί ως βιότοπος για έντομα και μικρά πτηνά. Το νέο αυτό συγκρότημα έχει λάβει την περιβαλλοντική πιστοποίηση BREEAM “Excellent”, επιβεβαιώνοντας τη δέσμευση της Lidl στην ενσωμάτωση βιώσιμων πρακτικών στον σχεδιασμό και τη λειτουργία των εγκαταστάσεών της.

### Κεντρικά γραφεία AMPO

Τοποθεσία: Idiazabal (Ισπανία)

Έκταση: περίπου 6000 m<sup>2</sup>

Έτος κατασκευής: 2018

Αρχιτέκτων/Σχεδιασμός: LKS KREAN.

Σύστημα: Urbanscape Green Roof System

Ο Όμιλος AMPO, διεθνής ηγέτης στις χυτεύσεις ανοξειδωτου χάλυβα και ειδικών κραμάτων, εγκαινίασε τις νέες του εγκαταστάσεις στο Idiazabal στις 17 Οκτωβρίου 2018. Το έργο, το οποίο ολοκληρώθηκε σε διάστημα 24 μηνών, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από την εταιρεία LKS KREAN.

Το κτίριο συνδυάζει τις έννοιες της βιομηχανίας και της φύσης, οραματιζόμενο έναν χώρο που λειτουργεί ως “δάσος” ικανό να φιλοξενήσει διαφορετικούς χρήστες και δραστηριότητες, δημιουργώντας έτσι ένα ζωντανό και βιώσιμο οικοσύστημα. Το κέλυφος του κτιρίου ενσωματώνει φυσικές αρχές σχεδιασμού, με τη στέγη να υλοποιείται ως πράσινη επιφάνεια, η οποία ενισχύει την ενεργειακή απόδοση και βελτιώνει τη θερμική άνεση στο εσωτερικό. Η πράσινη στέγη καλύπτει

έκταση άνω των 6.000 m<sup>2</sup> και αποτελείται από τάπητες Sedum-mix της Sempergreen. Είναι εξοπλισμένη με το σύστημα πράσινης στέγης Urbanscape, ένα ελαφρύ σύστημα με υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού. Το σύστημα αυτό έχει βάρος μόλις 65 kg/m<sup>2</sup> σε πλήρη κορεσμό, γεγονός που το καθιστά ιδανική λύση χαμηλού φορτίου για διάφορους τύπους στέγης. Επιπλέον, είναι ικανό να μειώνει την πίεση των όμβριων υδάτων στο τοπικό αποχετευτικό δίκτυο έως και 60%, ανάλογα με τις ετήσιες βροχοπτώσεις.

Η εφαρμογή αυτή αναδεικνύει τη δυναμική των πράσινων στεγών στη βιομηχανική αρχιτεκτονική, συνδυάζοντας τεχνολογική καινοτομία, ενεργειακή αποδοτικότητα και σεβασμό προς το περιβάλλον.

### **Εμπορικό Κέντρο Lagoh**

Τοποθεσία: Σεβίλλη (Ισπανία)

Έκταση: περίπου 10,000 m<sup>2</sup>

Έτος κατασκευής: 2019

Αρχιτέκτων/Σχεδιασμός: L35 Arquitectos, S.A.P., Μαδρίτη

Πελάτης: Grupo Lar, Μαδρίτη

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

Σύστημα: ZinCo® Pitched roof with Floraset® FS 75

Η πράσινη στέγη του εμπορικού κέντρου Lagoh, επιφάνειας περίπου 10.000 m<sup>2</sup>, προσφέρει κλιματικά, οπτικά και περιβαλλοντικά οφέλη, συμβάλλοντας στην αύξηση της βιοποικιλότητας και στη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος, ενώ παράλληλα ενισχύει την αίσθηση άνεσης και ευεξίας των επισκεπτών. Δεδομένου ότι η στέγη είναι επικλινή, χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα εμπορικά στοιχεία για την αντιμετώπιση των τεχνικών προκλήσεων που σχετίζονται με τον τύπο αυτό κατάσκευής. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε το στοιχείο αποστράγγισης Floraset® FS 75 σε ολόκληρη την επιφάνεια, το οποίο είναι ιδανικό για τη σταθεροποίηση του υποστρώματος σε επικλινείς στέγες, αποτρέποντας τη διάβρωση. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε το προφίλ TRP 140 για

τη δημιουργία φραγμάτων συγκράτησης, συμβάλλοντας στη σωστή κατανομή των ωθητικών δυνάμεων και στην ασφαλή σταθεροποίηση του συστήματος.

Η λύση αυτή αποτελεί παράδειγμα τεχνικής καινοτομίας στον σχεδιασμό πράσινων στεγών μεγάλης κλίμακας, αποδεικνύοντας ότι η περιβαλλοντική βιωσιμότητα μπορεί να συνδυαστεί με αισθητική αρμονία και δομική ασφάλεια, ακόμη και σε πολύπλοκες αρχιτεκτονικές συνθέσεις.

### **Πάρκο Al Shaheed Park (Κουβέιτ)**

Τοποθεσία: Κουβέιτ

Έκταση: περίπου 19.500 m<sup>2</sup>

Έτος κατασκευής: 2014

Αρχιτέκτων/Σχεδιασμός: TAEP, The Associated Engineering Partnership, Κουβέιτ

Σύστημα: Stabillodrain Stabilodrain® SD 30

Το Πάρκο Al Shaheed βρίσκεται στον παλαιότερο κυκλικό οδικό άξονα της χώρας, στα περιφερειακά όρια της Πόλης του Κουβέιτ, και αποτελεί το μεγαλύτερο αστικό πάρκο του κράτους. Κατασκευάστηκε πρωτίστως με σκοπό να προστατεύει την πόλη από τις αμμοθύελλες και να μειώνει τη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Παράλληλα, το πάρκο δημιουργήθηκε ως χώρος μνήμης για τα θύματα του Πρώτου Πολέμου του Κόλπου, καθώς το όνομα «Al Shaheed» σημαίνει «Πάρκο των Μαρτύρων».

Στο πλαίσιο της ανασχεδιάσής του, τοποθετήθηκε στο κέντρο του πάρκου τεχνητή λίμνη, η οποία λειτουργεί όχι μόνο ως αισθητικό στοιχείο τοπίου, αλλά και ως δεξαμενή νερού κατά τη θερινή περίοδο. Το πάρκο φιλοξενεί δύο μουσεία, κέντρο επισκεπτών, υπόγειο χώρο στάθμευσης 800 θέσεων, καθώς και εστιατόρια και καταστήματα.

Για να διατηρηθεί ο ενιαίος χαρακτήρας του πάρκου, τα περισσότερα κτίρια εξοπλίστηκαν με προσβάσιμες πράσινες στέγες, οι οποίες ενισχύουν τη συνέχεια του φυσικού τοπίου. Παρά τη

σωστή επιλογή φυτών, οι στέγες αυτές απαιτούν τακτική άρδευση, λόγω των ξηροθερμικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή.

## **12. Οι Επικοινωνιακές Διαστάσεις των Πράσινων Στεγών στον Κοινωνικό Λόγο: Μια Ματιά από την Ουκρανία**

Η αποδοχή κάθε νέας ιδέας στην κοινωνία ξεκινά με έναν κοινωνικό διάλογο. Οι βασικοί δρώντες αυτού του διαλόγου είναι όσοι διαθέτουν επαρκές κοινωνικό κύρος και αναγνωρισιμότητα για το κοινό. Η επιτυχία τους εξαρτάται από το κατά πόσο τα επιχειρήματα υπέρ μιας νέας ιδέας ή πρακτικής ανταποκρίνονται στις κοινωνικές ανάγκες και συνάδουν με τις ανθρωπιστικές αξίες της εποχής.

Η έννοια των πράσινων στεγών αποτέλεσε την αφορμή για έναν ευρύ κοινωνικό διάλογο, στον οποίο συμμετείχαν εκπρόσωποι της επιστημονικής κοινότητας (οικολόγοι, βιολόγοι, χημικοί, αλλά και ειδικοί στη δημόσια διοίκηση και τις κοινωνικές επιστήμες), επιχειρηματίες, μη κυβερνητικές οργανώσεις, κοινωνικοί ακτιβιστές και άλλοι φορείς. Το επίπεδο της δημόσιας συζήτησης γύρω από την αναγκαιότητα υιοθέτησης της ιδέας υπήρξε τόσο έντονο, ώστε διαμορφώθηκαν προγράμματα και έργα προώθησης και υλοποίησης των διαφόρων πτυχών του πράσινου δώματος, συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός επικοινωνιακού πεδίου μέσα στον κοινωνικό λόγο για την ανάγκη αύξησης του αστικού πράσινου βασισμένης σε αυτήν την ιδέα.

Η μελέτη των βασικών πεδίων του κοινωνικού διαλόγου γύρω από την εφαρμογή των πράσινων στεγών έχει δύο κύριους στόχους:

1. Να καταγράψει τη συχνότητα εμφάνισης νέων ιδεών και θεωρητικών προσεγγίσεων σχετικά με την υλοποίηση του δώματος.
2. Να εντοπίσει τις κατηγορίες πληροφοριών ή τεχνολογιών που δεν έχουν επαρκώς αρθρωθεί στον κοινωνικό λόγο και χρειάζονται επανεξέταση και εντονότερη επικοινωνιακή δραστηριότητα.

Η ανάλυση βασίζεται σε ουκρανικές πηγές, ωστόσο το επικοινωνιακό μοντέλο που προκύπτει φαίνεται να έχει καθολική ισχύ, αντανakλώντας τον γενικότερο βαθμό επικοινωνιακής αρθρώσεως του ζητήματος των πράσινων στεγών στην κοινωνία

Η επιστημονική κατανόηση του ζητήματος αποτυπώνεται κυρίως στα έργα των φυσικών επιστημόνων, τα οποία επικεντρώνονται στην τυπολογία των πράσινων στεγών και στη

διαμόρφωση προσεγγίσεων για την υλοποίηση πραγματικών έργων, λαμβάνοντας υπόψη τις σύγχρονες επιστημονικές εξελίξεις και τις τεχνολογικές παραμέτρους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι φυσικοί επιστήμονες στρέφονται επίσης προς οικονομικές και επιχειρηματικές διαστάσεις, προβάλλοντας τις δυνατότητες κοινωνικής αλλαγής και μετασχηματισμού που δύνανται να προκύψουν από την εφαρμογή της έννοιας των πράσινων στεγών. Ορισμένες από αυτές τις μελέτες θα αναφερθούν στο τμήμα του παρόντος έργου που ασχολείται με τις εν λόγω πτυχές.

Η επιλογή των επιστημονικών μελετών που αξιοποιούνται στο παρόν υλικό δεν αποσκοπεί στην πλήρη και απόλυτη αποτύπωση της ουκρανικής έρευνας για τις πράσινες στέγες, αλλά μάλλον στην αποτύπωση των κατευθύνσεων και των όψεων του κοινωνικού διαλόγου, καθώς και στην ανάδειξη συγκεκριμένων θεματικών περιοχών που είναι ενδεικτικές της υλοποίησης της έννοιας των πράσινων στεγών στην κοινωνία. Ως εκ τούτου, τα αναφερόμενα υλικά αντικατοπτρίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό τη διεπιστημονική ποικιλομορφία προσεγγίσεων και απόψεων, καθιστώντας δυνατή την επίτευξη του δεύτερου στόχου της παρούσας εργασίας — δηλαδή, την αποτύπωση της επικοινωνιακής «πληροφοριακής νησίδας» και τον προσδιορισμό των μελλοντικών τάσεων στην ανάπτυξη της επικοινωνίας γύρω από την έννοια των πράσινων στεγών στο κοινωνικό λόγο.

Η πρώτη μελέτη που αξίζει να αναφερθεί δημοσιεύθηκε πριν από δέκα και πλέον χρόνια (Bogun 2013), η οποία επιστημονικά τεκμηριώνει τα τεχνικά, κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη της πρασίνισης των στεγών. Από επικοινωνιακή σκοπιά, η έρευνα αυτή συνέβαλε στη συστηματοποίηση της επιχειρηματολογίας και στη δομήση ενός ολοκληρωμένου αφηγήματος γύρω από τη σκοπιμότητα εφαρμογής της έννοιας της πράσινης στέγης. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τεχνικά οφέλη —συμπεριλαμβανομένης της επίλυσης προβλημάτων ψύξης (κλιματισμού) των χώρων, της μείωσης του θορύβου, του περιορισμού του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και της προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία— συνοψίζουν με σαφήνεια τον επιστημονικό λόγο γύρω από το ζήτημα, σε μια συνοπτική διατύπωση που αντανακλά και συνοψίζει τα πορίσματα προηγούμενων ετών της σχετικής επιστημονικής έρευνας. Ο ερευνητής τοποθετεί τα κοινωνικά οφέλη σε δευτερεύουσα θέση, αγγίζοντας μόνο επιγραμματικά το ζήτημα της δημιουργίας «πρόσθετου χώρου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αναψυχή» και της «θετικής επίδρασης της επαφής των ανθρώπων με τη φύση». Μια τέτοια προσέγγιση δείχνει ότι, ήδη από το 2013 δεν είχε ακόμη αναδειχθεί ή παρουσιαστεί επαρκώς,

τουλάχιστον στην Ουκρανία, το θέμα των πράσινων στεγών ως πλατφόρμας κοινωνικής δραστηριότητας και κοινοτικής συνοχής γύρω από περιβαλλοντικά ζητήματα και τη δημιουργία ενός άνετου χώρου διαβίωσης. Ωστόσο, τα επόμενα χρόνια, το ζήτημα αυτό διατυπώθηκε με μεγαλύτερη σαφήνεια και εντάχθηκε πιο δυναμικά στον επιστημονικό και κοινωνικό διάλογο.

Τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη των πράσινων στεγών, όπως παρουσιάζονται στις μεταγενέστερες μελέτες, επαναλαμβάνουν σε μεγάλο βαθμό τις προσεγγίσεις των φυσικών επιστημών και αντικατοπτρίζουν μια ευρύτερη παγκόσμια τάση προς τη βιώσιμη και ολοκληρωμένη περιβαλλοντική διαχείριση.

Ένα ενδιαφέρον συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι, παρά τον κατά βάση φυσιοκρατικό της προσανατολισμό, η έρευνα αναγνωρίζει τη σημασία των κοινωνικών διεργασιών: «Δεδομένου ότι οι πράσινες στέγες στην Ουκρανία δεν έχουν ακόμη αποκτήσει τη δέουσα δημοτικότητα μεταξύ των κατασκευαστών και των ιδιωτών, η προώθησή τους, όπως και των πράσινων τεχνολογιών γενικότερα, θα πρέπει να πραγματοποιείται με τη συμμετοχή των τοπικών αρχών και των δημόσιων οργανώσεων. Η ρύθμιση του ζητήματος αυτού θα πρέπει να ξεκινήσει με τη θεσμοθέτηση σχετικών στόχων στη Στρατηγική Αστικής Ανάπτυξης και να εξειδικευθεί στα προγράμματα κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης ή σε επιμέρους θεσμικά έγγραφα» (Bogun K., 2013). Η δήλωση αυτή, σε συνδυασμό με τον συνοπτικό κατάλογο πλεονεκτημάτων των πράσινων στεγών, καθιστά δυνατό τον εντοπισμό της βασικής θέσης του επικοινωνιακού μοντέλου που αντικατοπτρίζει την έννοια των πράσινων στεγών στον επιστημονικό λόγο: Ήδη από το 2013, είχε διαμορφωθεί και τεκμηριωθεί η αναγκαιότητα δημιουργίας πράσινων στεγών, είχαν περιγραφεί οι τυπολογίες τους, είχαν καθοριστεί οι απαιτήσεις και τα χαρακτηριστικά εφαρμογής τους, ενώ είχε αναγνωριστεί η πολυπλοκότητα του ζητήματος, η οποία απαιτεί όχι μόνο τεχνικές ή τεχνολογικές λύσεις, αλλά και συσχέτιση με νομικές και κοινωνικές πρωτοβουλίες που μπορούν να υλοποιηθούν τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε μια σειρά μελετών των τελευταίων τριών ετών, οι οποίες επιβεβαιώνουν την προηγούμενη θέση: οι ερευνητές πλέον αναλύουν σε μεγαλύτερο βάθος την κεντρική επιστημονική έννοια των πράσινων στεγών, εξετάζοντας επιμέρους στοιχεία και δομικά συστατικά του συστήματος, και διαμορφώνοντας τη βάση για την υλοποίηση συγκεκριμένων έργων.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι μελέτες των A. Hrechko (2022) και O. Rybak & I. Patseva (2023, 2024). Οι μελέτες αυτές θίγουν το ζήτημα της εφαρμογής μεμονωμένων έργων πράσινων στεγών, εστιάζοντας στην επιλογή φυτικού υλικού, ενώ ταυτόχρονα διευρύνουν το πλαίσιο ανάλυσης, τονίζοντας τη σημασία και τα πλεονεκτήματα της εισαγωγής πράσινων στεγών στις ουκρανικές πόλεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι απόψεις των ερευνητών συγκλίνουν ως προς την εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής.

Η A. Hrechko επισημαίνει: «Η εφαρμογή της τεχνολογίας των πράσινων στεγών σε διαφορετικές χώρες παρουσιάζει ιδιαιτερότητες, αλλά το κοινό στοιχείο είναι ότι κατά την επιλογή φυτών είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται τοπικά είδη, προσαρμοσμένα στις κλιματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής, ενώ απαιτείται και νομοθετικό πλαίσιο για την περαιτέρω ανάπτυξη αυτής της ιδέας. Δεδομένων όλων των ωφελειών από τη χρήση αυτής της τεχνολογίας, η εφαρμογή της αποτελεί αναγκαιότητα για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή» (Hrechko, 2022, σ. 32). Στην ίδια κατεύθυνση κινούνται και οι O. Rybak και I. Patseva, οι οποίοι γράφουν: «...από περιβαλλοντική άποψη, ακόμη και για την κηποτεχνία στεγών, έχει νόημα η χρήση σπόρων άγριων φυτών και φυτευτικού υλικού τοπικής προέλευσης» (Rybak, 2024, σ. 170). Από την επικοινωνιακή οπτική ανάλυσης, παρατηρείται ότι οι ιδέες και προσεγγίσεις για την υλοποίηση της έννοιας των πράσινων στεγών επαναλαμβάνονται στον επιστημονικό λόγο. Αυτό, αφενός, υποδηλώνει επαρκή βαθμό συνειδητοποίησης του ζητήματος από την επιστημονική κοινότητα, και αφετέρου, δείχνει ότι η έννοια έχει πλέον εδραιωθεί στο επιστημονικό περιβάλλον.

Χαρακτηριστική είναι και μια ακόμη διατύπωση της A. Hrechko, που συσχετίζεται με τη μελέτη της K. Bogun και με προγενέστερες ευρωπαϊκές έρευνες: «Οι πράσινες στέγες, ως στοιχεία της πράσινης υποδομής, παρέχουν συγκεκριμένες οικοσυστημικές υπηρεσίες – η σημαντικότερη από αυτές είναι η μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας» (Hrechko, 2022, σ. 39).

Μια ακόμη σημαντική κατεύθυνση της σύγχρονης επιστημονικής έρευνας γύρω από την έννοια των πράσινων στεγών αφορά τη διαμόρφωση συγκεκριμένων συνθηκών για την υλοποίηση έργων ή την ανάπτυξη τεχνικών προσεγγίσεων σε τοπικό επίπεδο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μελέτη της I. Patseva και των συνεργατών της, η οποία εξετάζει την πρασίνιση στεγών ως μέσο προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή για μια συγκεκριμένη πόλη της Ουκρανίας — τη Ζιτομίρ (Patseva I. et al., 2023). Η έρευνα αναλύει τη χημική σύσταση και τα χαρακτηριστικά των υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται στις πράσινες στέγες, λαμβάνοντας υπόψη τις κλιματικές

συνθήκες της πόλης. Οι ερευνητές επισημαίνουν ότι, κατά τον χρόνο συγγραφής της μελέτης, δεν υπήρχαν πράσινες στέγες στη Ζιτομίρ, ωστόσο υφίσταται σαφής ανάγκη για την εφαρμογή της έννοιας αυτής, με βάση περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια. Μέσω πειραματικών αναλύσεων, τεκμηριώνουν την αναγκαιότητα και σκοπιμότητα χρήσης υποστρωμάτων για τη φύτευση φυτών στις στέγες (συμπεριλαμβανομένης της χημικής σύνθεσης των υποστρωμάτων), λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του τοπικού κλίματος. Οι μελέτες αυτού του τύπου είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες, διότι, αφενός, προσφέρουν πρακτικά εργαλεία για την πραγματική εφαρμογή της ιδέας των πράσινων στεγών και, αφετέρου, αποδεικνύουν την ύπαρξη εξειδικευμένων επιστημόνων σε διαφορετικές περιοχές της χώρας, οι οποίοι μπορούν να προσδώσουν επιστημονική τεκμηρίωση και αξιοπιστία στα έργα αυτά, συμβάλλοντας στην επιτυχία τους. Από την προοπτική του επικοινωνιακού μοντέλου, τέτοιες μελέτες διαμορφώνουν μια «εικόνα του μέλλοντος», θέτοντας τις βάσεις για την υλοποίηση έργων πράσινων στεγών και προσδιορίζοντας σαφείς κατευθύνσεις για μελλοντικά έργα.

Ένα ακόμη επικοινωνιακό συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση αυτής της μελέτης είναι ότι η επιστημονική θεωρία των πράσινων στεγών έχει πλέον αναπτυχθεί επαρκώς και γίνει αποδεκτή, τόσο στην επιστημονική κοινότητα όσο και στην κοινωνία, σε τέτοιο βαθμό ώστε η τρέχουσα έρευνα να επικεντρώνεται πλέον σε εξειδικευμένα τεχνικά ή εφαρμοσμένα ζητήματα της υλοποίησης της έννοιας αυτής.

Ένα ακόμη παράδειγμα και επιβεβαίωση της διεύρυνσης του ενδιαφέροντος για τις πράσινες στέγες αποτελεί η πτυχιακή εργασία της Eliza Repetatska (2023), φοιτήτριας πανεπιστημίου φυσικών επιστημών, η οποία θέτει το ζήτημα των πράσινων στεγών για μια άλλη ουκρανική πόλη — τη Βίννιτσα. Από το παράδειγμα αυτό προκύπτει ένα σημαντικό συμπέρασμα για τη διαμόρφωση του επικοινωνιακού μοντέλου των πράσινων στεγών στον κοινωνικό λόγο: η επικαιρότητα και η δυναμική του θέματος καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το ενδιαφέρον των νέων ερευνητών για το ζήτημα. Το στοιχείο αυτό είχε ήδη επισημανθεί από την K. Bogun το 2013, όταν η ίδια αναγνώρισε τους διαγωνισμούς και τα έργα νέων αρχιτεκτόνων, ερευνητών και ακτιβιστών ως σημαντικό μηχανισμό προώθησης της ιδέας των πράσινων στεγών. Οι μελέτες αυτού του είδους δεν αποτελούν μεμονωμένες περιπτώσεις, αλλά συχνά παραδείγματα που τεκμηριώνουν πειστικά ότι η έννοια των πράσινων στεγών έχει κατανοηθεί, υιοθετηθεί και υποστηριχθεί από τη νέα, κοινωνικά ενεργή γενιά.

Αν και το παρόν σύντομο κεφάλαιο δεν επιτρέπει την αναλυτική διερεύνηση της δομής του επιστημονικού λόγου με λεπτομερή αναφορά στις ερευνητικές κατευθύνσεις και στα αποτελέσματα, μπορεί ωστόσο να επισημάνει τα επιμέρους συστατικά του επικοινωνιακού μοντέλου και τα βασικά χαρακτηριστικά της διαμόρφωσής του. Μερικά σημαντικά συμπεράσματα για το επικοινωνιακό μοντέλο είναι τα εξής:

- Η επιστημονική κατανόηση και η έρευνα των συνθηκών δημιουργίας, συντήρησης και λειτουργίας των πράσινων στεγών ως οικοσυστήματος και τεχνολογικού αντικειμένου εκπροσωπούνται επαρκώς στον επιστημονικό λόγο.
- Οι επανειλημμένες αναφορές και οι διακειμενικές συνδέσεις με τις προηγούμενες μελέτες καταδεικνύουν τον ώριμο χαρακτήρα και την επιστημονική πληρότητα του θέματος, τουλάχιστον στο παρόν στάδιο της ερευνητικής του ανάπτυξης.

Η προσοχή των ερευνητών εστιάζει κατά κύριο λόγο στις μερικές ιδιαιτερότητες εφαρμογής της έννοιας των πράσινων στεγών και στη δημιουργία προϋποθέσεων για την υλοποίηση έργων σε συγκεκριμένα τοπικά πλαίσια. Τα συμπεράσματα αυτά μπορούν να επεκταθούν πέραν των φυσικών επιστημών, καθώς η συζήτηση μετατοπίζεται πλέον και σε οικονομικές και κοινωνικές προσεγγίσεις, ενώ παράλληλα εξετάζονται δημοσιεύσεις στα μέσα ενημέρωσης σε συνδυασμό με τα επιστημονικά έργα. Μπορεί να διατυπωθεί προκαταρκτικά το συμπέρασμα ότι η επιστημονική επιχειρηματολογία, οι θεωρητικές προσεγγίσεις για τη δικαιολόγηση επιχειρηματικών αποφάσεων και η εννοιολόγηση των μεθοδολογικών προσεγγίσεων παραμένουν εντός των ορίων των περιβαλλοντικών, οικονομικών και τεχνολογικών πλεονεκτημάτων. Η παρατήρηση αυτή αποτελεί ένδειξη κατανόησης της υφιστάμενης θεωρίας στο πλαίσιο συγκεκριμένων οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών. Αντιλαμβανόμενοι τον επιστημονικό λόγο για τις πράσινες στέγες ως θεμέλιο και αφετηρία για περαιτέρω οικονομικές και κοινωνικές πρωτοβουλίες, μπορούμε να επισημάνουμε ότι η επιστημονική τεκμηρίωση της αναγκαιότητας των πράσινων στεγών είναι πλέον σαφώς διατυπωμένη και ενεργά παρούσα μέσα από έννοιες, έργα και προγράμματα που διαθέτουν σαφή επιχειρηματικό ή κοινωνικό προσανατολισμό.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα συνδυασμού επιστημονικών και οικονομικών επιχειρημάτων αποτελεί η μελέτη της L. Herasimchuk και των συνεργατών της σχετικά με την πραγματική αποδοτικότητα της έννοιας των πράσινων στεγών ως πηγής οικονομικού κέρδους και κοινωνικών και περιβαλλοντικών ωφελειών. Οι συγγραφείς, βασιζόμενοι σε μαθηματικές

αναλύσεις και υπολογισμούς εξοικονόμησης θερμότητας και ενέργειας, μείωσης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, δέσμευσης άνθρακα, απορρόφησης διοξειδίου του αζώτου και θορύβου, καθώς και στην ανάλυση της αύξησης της μέσης ετήσιας τιμής ενοικίασης κατοικιών κάτω από πράσινες στέγες, καταλήγουν στο εξής συμπέρασμα: «Η πράσινη στέγη παρέχει πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη. Το κόστος εγκατάστασης μιας πράσινης στέγης διαφέρει ανάλογα με τον τύπο της, το κλίμα και τους κανονισμούς δόμησης. Ωστόσο, η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση και τα περιβαλλοντικά οφέλη δικαιολογούν την αρχική επένδυση. Οι πράσινες στέγες παρέχουν επίσης ποικίλα οικονομικά οφέλη στη βιομηχανία των κατασκευών: αυξημένη ενεργειακή αποδοτικότητα, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της στέγης, αποτελεσματική διαχείριση όμβριων υδάτων, βελτιωμένη ποιότητα αέρα, αύξηση αξίας ακινήτων και οικονομικά κίνητρα. Ο συνδυασμός αυτών των πλεονεκτημάτων με τον θετικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθιστά τις πράσινες στέγες ελκυστική επιλογή για έργα περιβαλλοντικά βιώσιμης δόμησης» (Herasimchuk L. et al., 2024, σ. 48). Η ανάλυση αυτή αποτελεί ενδεικτικό παράδειγμα ώριμου συνδυασμού επιστημονικού λόγου και επιχειρηματικής ορθολογικότητας, δείχνοντας πώς η έννοια των πράσινων στεγών μετασηματίζεται από τεχνολογική και περιβαλλοντική καινοτομία σε ολοκληρωμένο εργαλείο βιώσιμης ανάπτυξης με οικονομικές και κοινωνικές προεκτάσεις.

Παρόμοιες ιδέες και συμπεράσματα είχαν διατυπωθεί και στο παρελθόν, αν και χωρίς λεπτομερείς ποσοτικούς υπολογισμούς της αποδοτικότητας των πράσινων στεγών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το άρθρο των D. Nikolchenko και S. Ryndiuk (2019), στο οποίο αναλύονται τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη των πράσινων στεγών, καθώς και η εμπορική αποτελεσματικότητα της εφαρμογής τους — ειδικότερα όσον αφορά τη δυνατότητα «...δημιουργίας διαφορετικών τύπων τοπίων και διαμορφώσεων πάνω στη στέγη: παροχής πρόσθετου χώρου για αναψυχή (αθλητικός χώρος, καφέ, γραφείο): αύξησης της αξίας των ανώτερων ορόφων, καθώς και ολοκλήρης της κατασκευής, έως και κατά 30%» (Nikolchenko D., Ryndiuk S., 2019). Οι ίδιες αντιλήψεις και η οικονομική ελκυστικότητα της τεχνολογίας πρασίνισης αποτυπώνονται και στα έργα των K. Bogun και A. Hrechko: «Οι πράσινοι κήποι μπορούν να αποτελούν είτε μη εμπορικές είτε εμπορικές υποδομές, των οποίων ο χώρος μπορεί να ενοικιαστεί για καφέ, εστιατόρια κ.ά., γεγονός που λειτουργεί ως επιπλέον κίνητρο για τους ιδιοκτήτες ακινήτων να υλοποιήσουν τέτοια έργα» (Bogun, 2013). Αντίστοιχα, η A. Hrechko προσεγγίζει τη χρήση των πράσινων στεγών ως οικονομικό μοχλό, επισημαίνοντας το παράδειγμα της Πολωνίας,

όπου η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας παρέχει: «...τεκμηρίωση που επιτρέπει στον κατασκευαστή να υλοποιήσει μεγαλύτερα έργα, καθώς η τεχνολογία των πράσινων στεγών αντισταθμίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις» (Hrechko, 2022, σ. 38).

Οι παραπάνω θεωρητικές θέσεις δείχνουν ότι, με την πάροδο του χρόνου, οι ερευνητές μετακινούνται από γενικές δηλώσεις οικονομικού προσανατολισμού προς εξειδικευμένους και ποσοτικοποιημένους υπολογισμούς, διαμορφώνοντας έτσι αποτελεσματικά εργαλεία σχεδιασμού επιχειρηματικών στρατηγικών και αποφάσεων. Ο επιστημονικός λόγος γύρω από τις επιχειρηματικές όψεις των πράσινων στεγών, από επικοινωνιακή σκοπιά, έχει πλέον μεταβληθεί σε ένα σύνολο πρακτικών προσεγγίσεων και έτοιμων προς εφαρμογή μοντέλων, ικανών να παρέχουν πραγματικά εργαλεία και επιχειρήματα για την ευρεία διάδοση της έννοιας των πράσινων στεγών τόσο στη βιομηχανική όσο και στην οικιστική δόμηση. Τέλος, αξίζει να προστεθεί η παράμετρος της βελτιστοποίησης των οικοδομικών κανονισμών και προτύπων, η οποία αναφέρεται περιοδικά στις μελέτες που παρατίθενται εδώ, καθώς και σε άλλες επιστημονικές εργασίες, υποδηλώνοντας ότι η θεσμική προσαρμογή αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχία και τη βιωσιμότητα της εφαρμογής των πράσινων στεγών.

Στην κατηγορία των επιχειρηματικών επιχειρημάτων υπέρ της σκοπιμότητας των πράσινων στεγών εντάσσονται και δημοσιεύματα στον Τύπο και στα ηλεκτρονικά μέσα ενημέρωσης. Αντικειμενικά, μπορούν να διακριθούν δύο κύριοι τύποι δημοσιευμάτων: (1) όσα προέρχονται ή καθοδηγούνται από επιχειρηματικούς φορείς — ή απευθύνονται σε κοινό με επιχειρηματικό ενδιαφέρον για την προώθηση της ιδέας των πράσινων στεγών ως ελκυστικής επένδυσης· και (2) όσα έχουν ενημερωτικό χαρακτήρα, απευθυνόμενα στο ευρύ κοινό, αλλά που περιλαμβάνουν και επιχειρήματα ενδιαφέροντος για μικρές επιχειρήσεις.

Στην πρώτη κατηγορία εντάσσονται δημοσιεύματα που επισημαίνουν τα ζητήματα οικονομικής ελκυστικότητας και τις νέες μορφές εφαρμογής της έννοιας των πράσινων στεγών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το άρθρο «*Rooftop Garden: How Roofs are Greened in Ukraine and Around the World*», το οποίο θίγει το θέμα της πρασίνισης βιομηχανικών στεγών. Τα επιχειρήματα που προβάλλουν οι εκπρόσωποι επιχειρήσεων (ανώτερα στελέχη της ιδιωτικής εταιρείας *ZinCo*, που δραστηριοποιείται άμεσα στη δημιουργία πράσινων στεγών) εστιάζουν κυρίως στα τεχνολογικά —και, κατ' επέκταση, οικονομικά— πλεονεκτήματα: «Το κύριο πρόβλημα για το οποίο οι βιομηχανικές στέγες δεν πρασινίζονται στην Ουκρανία είναι η έλλειψη κατανόησης

ότι, εφαρμόζοντας τη σωστή τεχνολογία, μπορεί κανείς να ξεχάσει εντελώς την ανάγκη επισκευής της στεγάνωσης» (Rooftop Garden, 2016). Ταυτόχρονα, οι συγγραφείς του άρθρου αναδεικνύουν τη συμβολή των πράσινων στεγών στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων και στη δημιουργία νέων κοινωνικών προοπτικών μέσα από την ενσωμάτωση πράσινων τεχνολογιών στον αστικό χώρο.

Η δεύτερη κατηγορία δημοσιευμάτων περιλαμβάνει άρθρα ενημερωτικού χαρακτήρα, τα οποία απευθύνονται στο ευρύτερο κοινό αλλά εμπεριέχουν επιχειρήματα που μπορεί να ενδιαφέρουν και μικρές επιχειρήσεις. Για παράδειγμα, το άρθρο «*Green Roof – Efficiency + Ecology!*» (Green Roof, 2019) επισημαίνει τη δυνατότητα αξιοποίησης των πράσινων στεγών για γεωργικές δραστηριότητες — μια εξειδικευμένη, περιορισμένη εφαρμογή, της οποίας η αποτελεσματικότητα παραμένει υπό εξέταση. Ωστόσο, εάν η ιδέα αυτή συνδυαστεί με την πρασίνιση βιομηχανικών περιοχών, όπου υπάρχουν μεγάλες διαθέσιμες επιφάνειες, τότε μπορεί να αποκτήσει ουσιαστική τοπική αποτελεσματικότητα και να συμβάλει στη διεύρυνση της περιβαλλοντικής και κοινωνικής αξίας των πράσινων στεγών.

Οι παραπάνω θέσεις αναδεικνύουν την ανάγκη κοινωνικής άρθρωσης του ζητήματος, τη δημιουργία κινημάτων και πρωτοβουλιών που θα μπορούσαν να ενισχύσουν τη διαδικασία ανάπτυξης των πράσινων στεγών, να διαμορφώσουν νέες πτυχές στην κατανόηση της έννοιας της “άνετης αστικής ζωής”, και να λειτουργήσουν ως αφετηρία διεργασιών που θα επηρέαζαν τον εξωραϊσμό όχι μόνο των στεγών κατοικιών, αλλά και άλλων σημείων του αστικού τοπίου που διαμορφώνουν τη συνολική εικόνα της πόλης. Το υλικό αυτό συντάχθηκε και δημοσιεύθηκε το 2016. Η αναζήτησή μας για δημοσιεύσεις στα μέσα ενημέρωσης σχετικά με κοινωνικές πρωτοβουλίες ή δράσεις πολιτών στον τομέα αυτό δεν απέδωσε ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Το γεγονός αυτό μπορεί να υποδεικνύει είτε παθητικότητα των τοπικών κοινοτήτων ως προς τη συμμετοχή στη δημιουργία πράσινων στεγών, είτε ανεπαρκή δραστηριότητα των μέσων ενημέρωσης στην προβολή τέτοιων προσπαθειών. Επιπλέον, η ρωσική εισβολή και ο πόλεμος κατά της Ουκρανίας αποτέλεσαν σημαντικό εμπόδιο στην εξέλιξη και διάδοση της κουλτούρας των πράσινων στεγών στη χώρα.

Σε επίπεδο επικοινωνιακού μοντέλου, μπορούμε να επισημάνουμε ότι η κοινωνική ζήτηση για πράσινες στέγες δεν έχει ακόμη αποκτήσει χειροπιαστή μορφή — ούτε σε όρους αξιολόγησης

υπαρκτών έργων, ούτε σε όρους μέτρησης των δυνατοτήτων υλοποίησης νέων. Όλα τα παραπάνω καταδεικνύουν την ανάγκη για πιο ολοκληρωμένη και εκφραστική κοινωνική επικοινωνία γύρω από την έννοια των πράσινων στεγών· για τη διαμόρφωση προσεγγίσεων, μέσα από τις οποίες οι κοινότητες και οι ενεργοί πολίτες θα αναγνωρίζουν τον εαυτό τους ως φορείς πρωτοβουλιών που στοχεύουν στη δημιουργία πράσινων στεγών, στη βελτίωση της ποιότητας και της άνεσης ζωής, και στη δημιουργία νέων, ελκυστικών σημείων μέσα στις ουκρανικές πόλεις.

**Συμπεράσματα και Παρατηρήσεις:** Μια επιφανειακή αλλά ενδεικτική ανάλυση των δημοσιεύσεων και άρθρων που παρουσιάζουν την έννοια των πράσινων στεγών στην Ουκρανία αποκαλύπτει μια αρκετά ολοκληρωμένη εικόνα για το πώς η έννοια αυτή αντικατοπτρίζεται στον κοινωνικό λόγο. Πανεπιστημιακοί ερευνητές, δημοσιογράφοι, επιχειρηματικοί φορείς και κοινωνικοί ακτιβιστές αναγνωρίζουν με συνέπεια και ακρίβεια τα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη των πράσινων στεγών, υπογραμμίζουν την ανάγκη για συγκεκριμένα έργα εφαρμογής, και τονίζουν τον ρόλο αυτών των διαδικασιών στο γενικότερο πλαίσιο της ελκυστικότητας των τόπων κατοικίας. Ωστόσο, όπως έδειξε η σύντομη επισκόπησή μας, ελλείπει προς το παρόν μια ολοκληρωμένη επικοινωνιακή στρατηγική που να συνδέει τα διαφορετικά ενδιαφερόμενα μέρη με στόχο την αύξηση των πράσινων στεγών τόσο στα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσο και στα ευρωπαϊκά κράτη που αναμένεται να ενταχθούν στο μέλλον.

Μια τέτοια στρατηγική θα έπρεπε να συνδυάζει πολλαπλά επίπεδα δράσης, παρέχοντας ευκαιρίες για:

- δραστηριότητες και δημόσιες καμπάνιες σε επίπεδο τοπικών κοινοτήτων και ΜΚΟ,
- στήριξη έργων πράσινων στεγών από τις δημοτικές αρχές,
- ένταξή τους στα στρατηγικά προγράμματα αστικής ανάπτυξης, καθώς και
- παροχή κινήτρων και θεσμικής υποστήριξης σε κρατικό επίπεδο, ώστε οι πράσινες στέγες να είναι ελκυστικές ήδη από το στάδιο σχεδιασμού νέων βιομηχανικών ή οικιστικών κτηρίων.

Τέλος, επισημαίνεται ότι όλες αυτές οι πρωτοβουλίες θα αποκτήσουν ουσιαστικό νόημα μόνο εφόσον αντικατοπτρίζονται συστηματικά και συνεκτικά στον δημόσιο και μιντιακό λόγο. Η επιστημονική και οικονομική τεκμηρίωση της σκοπιμότητας των πράσινων στεγών είναι ήδη πλήρως αποδεδειγμένη· ωστόσο, η έννοια δεν έχει ακόμη μετατραπεί σε συνειδητή κοινωνική ανάγκη. Αυτό, κατά τη γνώμη μας, οφείλεται στην έλλειψη επικοινωνιακής άρθρωσης και στην

ανεπαρκή διασύνδεση μεταξύ επιστημονικού λόγου, πολιτικής βούλησης και κοινωνικής ενεργοποίησης γύρω από το όραμα των πράσινων στεγών.

Το γενικό μοντέλο αυτής της στρατηγικής μπορεί να διαμορφωθεί ως εξής: σύνδεση όλων των εμπλεκόμενων φορέων — δημοτικών αρχών, επιχειρήσεων, κοινοτήτων και ΜΚΟ — μέσω στοχευμένης επικοινωνίας στο πλαίσιο συγκεκριμένων έργων. Αξίζει να σημειωθεί ότι, πέρα από τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, μια τέτοια προσέγγιση θα δημιουργήσει ένα αποτελεσματικό κοινωνικό υπόβαθρο στην πόλη, θα ενισχύσει το τουριστικό της προφίλ, θα προωθήσει νέες προοπτικές και ευκαιρίες, και —ενδεικτικά— θα αναβαθμίσει την πανεπιστημιακή υποδομή, καθιστώντας την πιο άνετο και φιλικό περιβάλλον για φοιτητές, διδάσκοντες και διοικητικό προσωπικό, τόσο για τη μάθηση όσο και για την εργασία.

Κατά τη γνώμη μας, ο ρόλος των τοπικών κοινοτήτων και των πολιτών-ακτιβιστών στις διαδικασίες επικοινωνίας και διάδοσης της έννοιας των πράσινων στεγών σε κάθε πόλη υποτιμάται. Διαπιστώνεται η ανάγκη ενεργοποίησης και ανάδειξης της μιντιακής και κοινωνικοπολιτικής υποκειμενικότητάς τους, στο πλαίσιο της διαμόρφωσης άνετων και οικολογικά βιώσιμων συνθηκών διαβίωσης — ένα από τα ουσιώδη στοιχεία των οποίων είναι οι πράσινες στέγες.

Η μελέτη των κοινωνικών επιδράσεων από την εφαρμογή της έννοιας των πράσινων στεγών παραμένει έως σήμερα ανεπαρκής. Δεν αρνούμαστε ότι σχετικές έρευνες διεξάγονται, ωστόσο δεν έχουν αποκτήσει τη δημοφιλία ούτε την κοινωνική άρθρωση που θα τις καθιστούσαν μοντέλα αποτελεσματικών κοινωνικών και περιβαλλοντικών λύσεων — λύσεων που θα μπορούσαν να βασιστούν στην ίδια την έννοια των πράσινων στεγών. Τουλάχιστον προς το παρόν, τέτοια ζητήματα δεν διακρίνονται καθαρά στον δημόσιο και μιντιακό λόγο.

Ένα πιθανό σημείο εκκίνησης για τέτοιου είδους μελέτες θα μπορούσε να αποτελέσει η προσέγγιση της σχετικά νέας επιστημονικής κατεύθυνσης του “Κοινωνικού Αστικισμού” (Social Urbanism). Η αξία αυτής της προσέγγισης έγκειται στην αντιπαραβολή διαφορετικών θεωρητικών πλαισίων, από τη «Θεωρία των Σπασμένων Παραθύρων» των James Q. Wilson και George L. Kelling έως τη «Θεωρία του Ήπιου Ερεθίσματος» (Nudge Theory) των Richard H. Thaler και Cass R. Sunstein. Η μετατόπιση αυτή — από την ποινικοποίηση της αταξίας στη θετική ενίσχυση της κοινωνικής συμπεριφοράς — μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο για την ενεργοποίηση των τοπικών κοινωνικών ομάδων. Η επίγνωση του ρόλου των τοπικών κοινωνικών ομάδων στη

διαμόρφωση άνετων, ελκυστικών και βιώσιμων συνθηκών διαβίωσης, τόσο στην Ουκρανία όσο και στην Ευρώπη γενικότερα, αποτελεί σημαντική συνιστώσα της κοινωνικής δράσης. Είμαστε πεπεισμένοι ότι, με τη σωστή επικοινωνιακή άρθρωση αυτών των διεργασιών, «μετά την εμφάνιση μιας πράσινης στέγης, θα ακολουθήσουν πολλές άλλες» — καθώς η κοινωνική ορατότητα και το παράδειγμα αποτελούν κινητήριες δυνάμεις για τη διάδοση βιώσιμων πρακτικών και τη διαμόρφωση νέων προτύπων αστικής ζωής.

### 13. Βιβλιογραφικές αναφορές

- 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
- Centro Comercial Lagoh, Sevilla | Sistemas para cubiertas verdes | ZinCo Green Roof, (n.d.). <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/referencias/centro-comercial-lagoh-sevilla> (accessed June 12, 2024).
- 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).
- European Commission. (2020). Nature-based solutions: State of the art in EU-funded projects. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/236007>
- 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](http://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, Vinnytsia 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>. (accessed July 29, 2024).
- Nophadrain. 2010. Extensive Green Roofs. Design and Installation Guide. Vol. 5.

- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Karen K. Y. Liu, Rowe, B. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services, *BioScience*, Volume 57, Issue 10, November 2007, Pages 823–833, <https://doi.org/10.1641/B571005>
- 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-isla-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 екстенсивного озеленення дахів в зоні Полісся. URL: [https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2024/1/part\\_2/33.pdf](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.