



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος

Π.Μ.Σ. «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ»

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***«Λύσεις Βασισμένες στη Φύση και
Κυκλική Οικονομία: Επιστημονική και
Στρατηγική Ανάλυση»***

Γεώργιος Καράλης

Αριθμός Μητρώου: 2021057558

Επιβλέπων:

Επίκ. Καθηγητής Αλέξανδρος Στεφανάκης

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής:

Καθηγητής Στυλιανός Ροζάκης

Καθηγητής Νικόλαος Νικολαΐδης

Χανιά, 2024

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στα πλαίσια ολοκλήρωσης των μεταπτυχιακών μου σπουδών οφείλω κατ' αρχάς να ευχαριστήσω τον Θεό που με αξίωσε να τις αποπερατώσω. Παράλληλα θα ήθελα να απευθύνω ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, κ. Αλέξανδρο Στεφανάκη ο οποίος συνέβαλε σημαντικά στην πραγμάτωση του παρόντος ερευνητικού εγχειρήματος. Τέλος ευχαριστώ όλους εκείνους που μου παρείχαν πνευματική στήριξη, οικονομική αρωγή ή ακαδημαϊκή συνδρομή καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η στατιστική και βιβλιομετρική ανάλυση της διεθνούς επιστημονικής βιβλιογραφίας που συσχετίζει την Κυκλική Οικονομία (Circular Economy) με τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση (Nature-based Solutions). Πιο συγκεκριμένα, για τις ανάγκες της εν λόγω ανάλυσης λήφθηκαν υπόψιν οι συναφείς ερευνητικές δημοσιεύσεις των διαδικτυακών βάσεων δεδομένων ScienceDirect, Web of Science και Scopus. Όσον αφορά τη μεθοδολογική προσέγγιση, πραγματοποιήθηκε αρχικά η αξιολόγηση των επιστημονικών δημοσιεύσεων που συνδέονται με τα δύο παραπάνω ερευνητικά θέματα βάσει ενός συνόλου κριτηρίων. Στην κύρια φάση της έρευνας διερευνήθηκε στατιστικά το τελικό δείγμα επιδιώκοντας την ανάδειξη των σημαντικότερων επιστημονικών ευρημάτων αναφορικά με την τρέχουσα εδραιωμένη συνάφεια και συσχέτιση της κυκλικότητας και των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση, καθώς και την αναζήτηση ερευνητικών και μεθοδολογικών κενών που απαιτούν περαιτέρω μελλοντική διερεύνηση. Η επιστημονική ανάλυση περιλαμβάνει την διερεύνηση των αποτελεσμάτων της επιστημονικής ανάλυσης σε μορφή βιβλιομετρικών δικτύων με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού καθώς και ένα σύνολο βιβλιομετρικών παραμέτρων που ποσοτικοποιούν την σύνδεση μεταξύ της Κυκλικής Οικονομίας και των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση. Το εν λόγω ερευνητικό εγχείρημα ολοκληρώνεται με την παρουσίαση παραδειγμάτων βιώσιμων πρακτικών κυκλικότητας που σημειώνονται στην βιβλιογραφία, οι οποίες θα μπορούσαν να ενισχύσουν την κυκλική μετάβαση σε συνδυασμό με την ενσωμάτωση των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση.

ABSTRACT

The goal of the present thesis is to conduct a bibliometric and statistical analysis of the international scientific literature, in which Circular Economy (CE) and Nature-based Solutions (NBS) have been correlated. Specifically, for the purpose of this analysis, a sample of relevant research publications was obtained from the online databases of ScienceDirect, Web of Science and Scopus. With regards to the methodological approach, an assessment of each publication that is linked to the two above-mentioned research topics was initially carried out under a set of criteria. In the main phase of the research, the final sample was statistically investigated with the purpose of highlighting the most important scientific findings regarding the currently established relevance of circularity and nature-based solutions, as well as the searching for research and methodological gaps that require further investigation in the future. The part of scientific analysis includes the visualization of results in the form of bibliometric networks through the use of appropriate software. Furthermore, the results chapter includes a number of bibliometric parameters that quantify the link between Circular Economy and Nature-based Solutions. Finally, the present research endeavor concludes with a presentation of examples from bibliography about sustainable circularity practices that could potentially enhance circular transition in combination with NBS integration.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	6
2.1 Κυκλική Οικονομία & βιομηχανική ανάπτυξη	6
2.2 Μεθοδολογικά εργαλεία & τρόποι προώθησης της κυκλικότητας	9
2.3 Τεχνολογίες των NBS & πεδία εφαρμογής τους	11
2.4 Χαρακτηριστικά των NBS & στρατηγικές αξιοποίησης τους.....	12
2.5 Σημεία συσχέτισης μεταξύ της Κυκλικής Οικονομίας & των NBS	14
2.6 Παραδείγματα από συναφείς έρευνες με βιβλιομετρικές αναλύσεις.....	15
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	21
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	26
4.1. Αποτελέσματα ανάλυσης επιμέρους παραμέτρων του δείγματος	28
4.2. Αποτελέσματα της βιβλιομετρικής ανάλυσης	32
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	39
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	45
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	47
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	52

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ (ABBREVIATIONS)

Συντομογραφία	Περιγραφή
BAU	Business as usual (Αναφέρεται σε σενάριο που χαρακτηρίζεται από διατήρηση της υφιστάμενης κατάστασης)
BE	Bioeconomy (Βιοοικονομία)
BOD	Biochemical Oxygen Demand (Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο)
CE	Circular Economy (Κυκλική Οικονομία)
COD	Chemical Oxygen Demand (Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο)
EMA	Emergy Analysis (Ανάλυση διαθέσιμης ενέργειας που χρησιμοποιείται στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος/υπηρεσίας)
GE	Green Economy (Πράσινη Οικονομία)
IE	Industrial Ecology (Βιομηχανική Οικολογία)
IF	Impact Factor (Συντελεστής απήχησης)
JCR	Journal Citation Reports (Βάση δεδομένων)
NBS	Nature-based Solutions (Λύσεις Βασισμένες στη Φύση)
PSS	Product/Service Systems (Συστήματα Προϊόντων/Υπηρεσιών)
RIS	Research Information Systems (Μορφή αρχείου)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Κυκλική Οικονομία (CE) θα μπορούσε γενικά να εκφραστεί ως ένα πολύπλευρο σύστημα στην βάση του οποίου τίθεται ως απώτερος σκοπός η μηδενική παραγωγή αποβλήτων καθώς και η προσαρμογή της κάθε κοινωνίας στις σύγχρονες προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής. Παρά το γεγονός ότι έχει επιτευχθεί αξιοσημείωτη τεχνολογική πρόοδος και έχει ενισχυθεί η βιώσιμη ανάπτυξη, εντούτοις η εξέλιξη της παγκόσμιας οικονομίας εξακολουθεί να βασίζεται στο γραμμικό μοντέλο παραγωγής. Στα πλαίσια αυτού του μοντέλου, χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία πρώτες ύλες για την δημιουργία προϊόντων και εφόσον ολοκληρωθεί ο κύκλος ζωής τους, εναποτίθενται στο περιβάλλον ως απόβλητα (Saavedra et al., 2018). Ωστόσο, με βάση τις αρχές της κυκλικότητας τα απόβλητα που παράγονται θεωρούνται παραπροϊόντα ή επιπρόσθετοι πόροι ενώ μέσω του κυκλικού μοντέλου επιδιώκεται η επαναχρησιμοποίηση πρώτων υλών, ο επανασχεδιασμός των προϊόντων και η βελτιστοποίηση της διαδικασίας ανακύκλωσης. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι το πλαίσιο στρατηγικής της Κυκλικής Οικονομίας εδράζεται στις αρχές της μείωσης, της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωσης και του επανασχεδιασμού (Bressanelli et al., 2020). Συνεπώς, για την επίτευξη της κυκλικότητας αξιοποιούνται σε σημαντικό βαθμό οι αντίστοιχες τεχνολογικές πρακτικές για την κάθε κατηγορία υλικών. Κατ' αυτό τον τρόπο, επιδιώκεται η επαναφορά όσο το δυνατόν περισσότερων μεταχειρισμένων υλικών στην παραγωγική διαδικασία έπειτα από την κατανάλωση ή την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής τους ενώ μέσω της εφαρμογής του κυκλικού μοντέλου ενδέχεται να επωφεληθεί σημαντικά το κοινωνικό σύνολο.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2015, όπως αναφέρεται στους Tsatsou et al., 2023) οι Λύσεις Βασισμένες στη Φύση (Nature-based solutions ή NBS) ορίζονται ως λύσεις που υποστηρίζονται και εμπνέονται από τη φύση, είναι οικονομικά αποτελεσματικές ενώ παρέχουν συγχρόνως περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη συμβάλλοντας στο κτίσιμο της ανθεκτικότητας. Διερευνώντας τις δημοσιεύσεις που συνδέονται με τις λύσεις αυτές, αξιοσημείωτο παράδειγμα αποτελεί η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε έρευνα των Nika et al. (2022) και στα πλαίσια αυτής πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των NBS ως πρακτικών ενίσχυσης σε κυκλικά συστήματα επαναχρησιμοποίησης του νερού. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν περιβαλλοντικοί δείκτες μέσω των οποίων εκτιμήθηκε η αποτελεσματική εφαρμογή των αρχών της κυκλικότητας στα τεχνητά συστήματα διαχείρισης υδάτινων πόρων (NBS). Παράλληλα, ο βαθμός που οι δημοσιεύσεις αυτές συνδέονται μεταξύ τους καθορίστηκε βάσει των βιβλιογραφικών αναφορών, οι οποίες προσφέρουν την δυνατότητα στους αναγνώστες να ενημερώνονται επαρκώς για την μελλοντική κατεύθυνση των ερευνητικών δραστηριοτήτων καθώς και τις προοπτικές που προσφέρει η ενσωμάτωση των αρχών της κυκλικότητας στους τρεις πυλώνες βιωσιμότητας (περιβάλλον, οικονομία και κοινωνία). Στα πλαίσια της

παρούσας εργασίας, η βιβλιομετρική ανάλυση εφαρμόζεται ως μεθοδολογική προσέγγιση και πραγματοποιείται έπειτα από την ποσοτική ανάλυση των βιβλιογραφικών δημοσιεύσεων, η οποία αποσκοπεί στον προσδιορισμό και την ανάδειξη συγκεκριμένων ερευνητικών θεμάτων ή φαινομένων (Chen et al., 2017). Σημειωτέον ότι η διαδικασία της μεθοδολογίας περιλαμβάνει επίσης και την αξιολόγηση του συλλεγμένου δείγματος προκειμένου να επιλεγθούν οι πιο συναφείς δημοσιεύσεις που θα ληφθούν υπόψιν για την βιβλιομετρική ανάλυση.

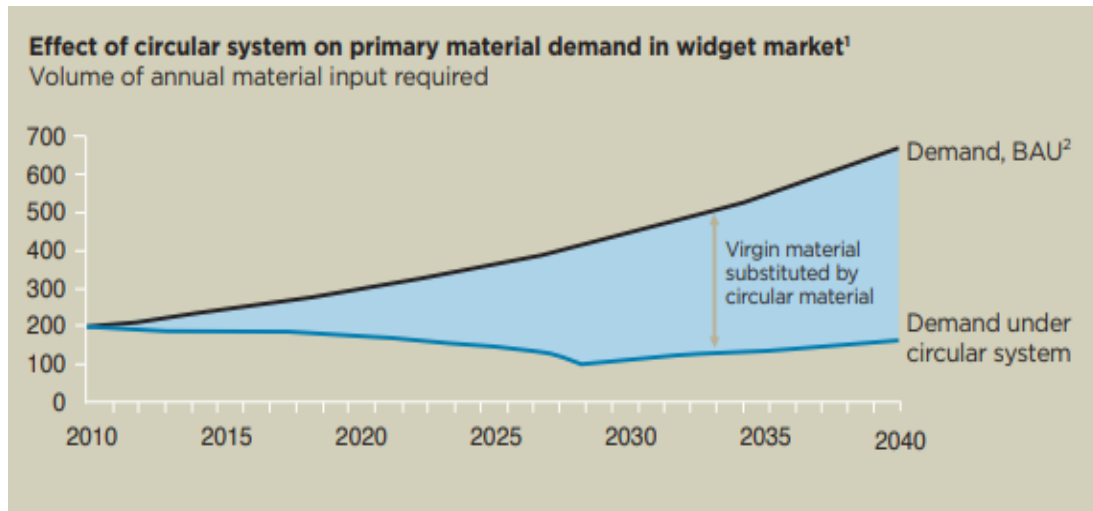
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Κυκλική Οικονομία & βιομηχανική ανάπτυξη

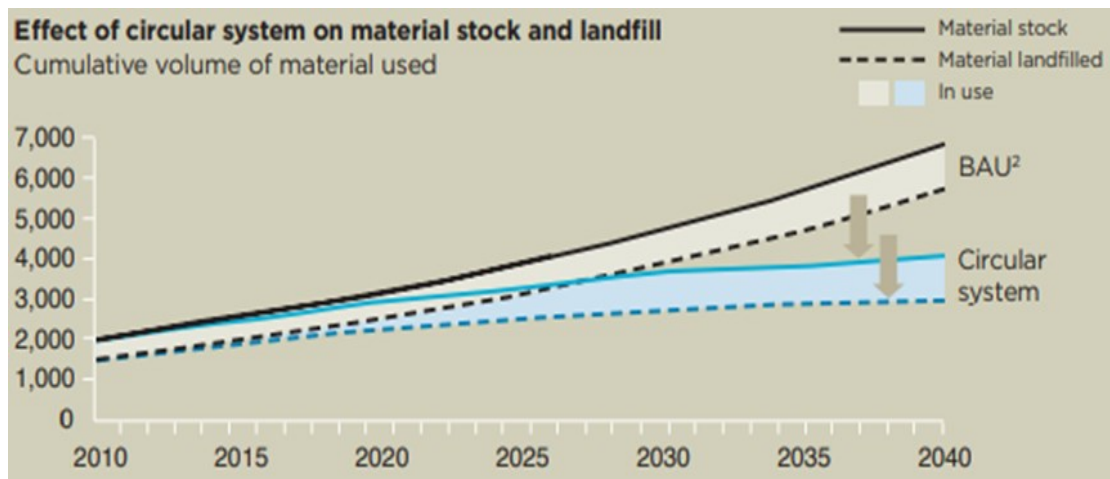
Η Κυκλική Οικονομία, όσον αφορά τον τομέα της βιομηχανικής ανάπτυξης θεωρείται ένα σύστημα αποκατάστασης καθώς αποβλέπει στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ελαχιστοποιεί τα περιβαλλοντικά αποτυπώματα (λ.χ. ανθρακικό) ενώ εξαλείφει τα οικολογικά προβλήματα που δημιουργούνται λόγω της χρήσης χημικών ουσιών και μέσω του άρτιου σχεδιασμού της ενδέχεται μελλοντικά να συμβάλλει στην εκμηδένιση της παραγωγής αποβλήτων (Ellen McArthur Foundation, 2013). Σε κάθε περίπτωση, το γραμμικό μοντέλο ανάπτυξης που ακολουθείται ουσιαστικά στην σημερινή οικονομία καθιστά την ολοκληρωμένη μετάβαση σε ένα κυκλικό σύστημα μία πολυσύνθετη διαδικασία. Ωστόσο, οι δυνατότητες ενσωμάτωσης ενός κυκλικού μοντέλου ενδέχεται να συμβάλλουν σημαντικά στην μείωση της ποσότητας πρώτων υλών για την παραγωγή ενός προϊόντος περιορίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων.

Σύμφωνα με μία πειραματική έρευνα που είχε πραγματοποιηθεί για ένα υποθετικό προϊόν (widget) του οποίου ο κύκλος ζωής είχε οριστεί στα 5 έτη και με την παραδοχή ότι η ζήτηση αυξάνεται κατά 3% ανά έτος, παρατηρήθηκε άνοδος στον ρυθμό συλλογής από 0% για το 2010 σε 90% το 2040. Επιπλέον, με την πάροδο των ετών καταγράφεται αύξηση στα ποσοστά επανασχεδιασμού και επανάχρησης από 0% σε 40% ενώ παράλληλα οι ποσότητες συσσωρευμένου υλικού που συλλέγονται και δεν ακολουθούν τις παραπάνω διεργασίες διατίθενται προς ανακύκλωση (Ellen McArthur Foundation, 2013). Με βάση την έρευνα και όπως παρατηρείται στο **Σχήμα 1**, σε αντίθεση με το γραμμικό μοντέλο, η εφαρμογή της κυκλικότητας στο σενάριο BAU συντελεί στην ελάττωση της ζήτησης πρώτων υλών για την δημιουργία ενός υποθετικού προϊόντος (widget) γεγονός και αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αντικατάστασης (substitution) που λαμβάνει χώρα σε επίπεδο προϊόντος. Επί της ουσίας, τα παραπάνω στοιχεία παρατίθενται προκειμένου να τονιστούν ορισμένες πτυχές του κυκλικού συστήματος σχετικά με τις προοπτικές όσον αφορά την παραγωγή ενός υποθετικού προϊόντος (widget) καθώς και την δυνητικά ωφέλιμη επίδραση της κυκλικότητας στην διαχείριση των πρώτων υλικών. Στα πλαίσια της κυκλικότητας, πέραν των αλλαγών στην παραγωγή που αφορούν την αρχική φάση

του κύκλου ζωής για το εν λόγω προϊόν (widget), είχαν σημειωθεί παράλληλα σημαντικές διαφορές ως προς την αποθήκευση και την τελική διάθεση. Πιο συγκεκριμένα (**Σχήμα 2**), η σωρευτική ποσότητα των παραγομένων μονάδων προϊόντος βαίνει διαρκώς αυξανόμενη σε περίπτωση διατήρησης του γραμμικού συστήματος (BAU) ενώ αντίθετα σταθεροποιείται σταδιακά όταν ακολουθείται το κυκλικό μοντέλο ανάπτυξης.



Σχήμα 1. Οι προβλεπόμενες διακυμάνσεις στη ζήτηση των φυσικών πόρων ανά παραγόμενη μονάδα ενός υποθετικού προϊόντος για ένα γραμμικό (business as usual) και ένα κυκλικό μοντέλο ανάπτυξης (Πηγή: Ellen McArthur Foundation, 2013).



Σχήμα 2. Οι προβλεπόμενες διακυμάνσεις για την αποθήκευση και εναπόθεση στην σωρευτική ποσότητα ενός υποθετικού προϊόντος για ένα γραμμικό (business as usual) και ένα κυκλικό μοντέλο ανάπτυξης (Πηγή: Ellen McArthur Foundation, 2013).

Γενικά, η υιοθέτηση και εφαρμογή του κυκλικού μοντέλου από τις επιχειρήσεις οι οποίες εντάσσονται στον μεταποιητικό τομέα (manufacturing) απαιτεί στις περισσότερες περιπτώσεις αλλαγές των επιχειρηματικών μοντέλων τους (Pagoropoulos et al., 2017). Όπως αναφέρεται από τους Pagoropoulos et al. (2017), μέσω της ενσωμάτωσης των PSS (Συστήματα Αγαθών/Υπηρεσιών ή Product/Service Systems) στο επιχειρηματικό μοντέλο των εταιρειών του παραπάνω τομέα επιδιώκεται ουσιαστικά η απεξάρτηση της οικονομικής ανάπτυξης από την αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων. Αξίζει να σημειωθεί ότι, σε αντίθεση με το υφιστάμενο σύστημα όπου αποτιμάται το κόστος της ιδιοκτησίας ενός προϊόντος, η αξιοποίηση των PSS αποσκοπεί στην πώληση της χρήσης ενός αγαθού (ή κατ' επέκταση μίας υπηρεσίας). Ως αποτέλεσμα, ικανοποιείται η καταναλωτική ζήτηση ενώ συγχρόνως επιτυγχάνεται η μείωση των ανθρωπογενών επιπτώσεων στο φυσικό περιβάλλον (Manzini & Vezzoli, όπως αναφέρεται από τους Pagoropoulos et al., 2017).

Σύμφωνα με τους Saveedra et al. (2018), η Βιομηχανική Οικολογία (Industrial Ecology) αποτελεί έναν καινοτόμο κλάδο που αναπτύσσεται παράλληλα με την κυκλική οικονομία και συνεισφέρει σημαντικά σε αυτήν προάγοντας την διαμόρφωση σύγχρονων μεθόδων για την μετάβαση στη κυκλικότητα με προοπτικές αξιοποίησης στον μεταποιητικό τομέα παραγωγής. Στα πλαίσια του εν λόγω κλάδου διερευνώνται οι ροές υλικών και ενέργειας σε συνδυασμό με σχετικές εφαρμογές οι οποίες δύνανται να αξιοποιηθούν ενσωματώνοντας παράλληλα τις αρχές που διέπουν τα φυσικά οικοσυστήματα στον βιομηχανικό τομέα (Saveedra et al., 2018). Η εισαγωγή της Βιομηχανικής Οικολογίας στην Κυκλική Οικονομία περιλαμβάνει την ανταλλαγή παραπροϊόντων (λ.χ. μεταξύ βιομηχανικών επιχειρήσεων), η οποία προϋποθέτει την διαμόρφωση κατάλληλα σχεδιασμένων εργοστασιακών χώρων ενώ παράλληλα αναφέρεται ότι μέσω αυτής της στρατηγικής επιτυγχάνεται αύξηση στην τοπική χρήση των πόρων και ως αποτέλεσμα προστίθεται αξία στις αρχικές μονάδες υλικών που αξιοποιούνται (Gregson et al., όπως αναφέρεται από τους Saveedra et al., 2018).

Η δημιουργία αξίας (valorisation) της βιομάζας η οποία εφόσον επεξεργαστεί σε βιο-διυλιστήρια μετατρέπεται αρχικά σε σάκχαρα, πρωτεΐνες και μετέπειτα σε πιο σύνθετα προϊόντα όπως πλαστικά, φαρμακευτικά είδη ή καύσιμα θεωρείται χαρακτηριστικό παράδειγμα πρακτικής εφαρμογής υλικών στο τέλος του κύκλου ζωής τους (Ellen McArthur Foundation, 2013). Ωστόσο, υποστηρίζεται παράλληλα ότι προκύπτουν ζητήματα οικονομικής αποτίμησης των υλικών όσον αφορά την μέση τιμή του κόστους και την καθαρή αξία των παραγωγικών διεργασιών τόσο εξαιτίας του μεγάλου όγκου υλικών που χρησιμοποιούνται, όσο και λόγω της πολυπλοκότητας της διαδικασίας παρασκευής ορισμένων τελικών προϊόντων (λ.χ. βιο-πολυαιθυλένιο). Για την επίλυση οικονομικών ζητημάτων όπως του παραπάνω, έχουν αναπτυχθεί τα κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα (circular business models) και βάσει αυτών οι επιχειρήσεις οι οποίες επιδιώκουν την μετάβαση στην κυκλικότητα

δύνανται να διαμορφώσουν την αξιακή αλυσίδα των προϊόντων ή υπηρεσιών που παρέχουν (Urbinati et al., όπως αναφέρεται από τους Henry et al., 2020).

Στα πλαίσια μετάβασης από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο ανάπτυξης καθίσταται απαραίτητο να αξιοποιηθούν οι πλέον σύγχρονες τεχνολογικές πρακτικές και εφαρμογές. Ειδικότερα, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα καινοτόμας τεχνολογίας που σημειώνεται στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things ή IoT) για το οποίο (όσον αφορά την κυκλικότητα) σημειώνεται ότι η συλλογή πληροφοριών μέσω αισθητήρων παρέχει την δυνατότητα ψηφιακής σύνδεσης των ομάδων ενδιαφερομένων μερών (stakeholders) με την αξιακή αλυσίδα (Pagoropoulos et al., 2017). Παράλληλα, αναφέρεται ότι μέσω της Κυκλικής Οικονομίας επιδιώκεται ουσιαστικά η ανάπτυξη ενός συνόλου μηχανισμών διαμόρφωσης οικονομικής αξίας στους τεχνικούς κύκλους που αφορούν την αναγέννηση ανθρωπογενών υλικών και τους βιολογικούς κύκλους οι οποίοι συνδέονται με την ανάκτηση των φυσικών πόρων (Ellen McArthur Foundation, 2015). Εκτός των άλλων, ρυθμίζονται οι προϋποθέσεις για την αξιολόγηση των δυνητικών επιπτώσεων από τις ενέργειες χρηστών ή καταναλωτών που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος (Reuter, 2016). Σημειωτέον ότι θα πρέπει να διερευνηθούν αναλυτικά οι στρατηγικές και οι γενικότερες συνθήκες μέσω των οποίων θα επιτευχθεί η υιοθέτηση του κυκλικού μοντέλου. Σύμφωνα με τον Reuter (2016), μία από τις διάφορες προκλήσεις που επισημαίνονται όσον αφορά την μετάβαση σε εξελιγμένα συστήματα κυκλικότητας, η οποία σχετίζεται άμεσα με τις ομάδες ενδιαφερομένων μερών είναι η συμμετοχή των τελικών χρηστών (επιχειρήσεων και καταναλωτών) τόσο στα στάδια σχεδιασμού ενός συστήματος όσο και σε πιλοτικές προσεγγίσεις για την κυκλικότητα των προϊόντων.

2.2. Μεθοδολογικά εργαλεία & τρόποι προώθησης της κυκλικότητας

Οι σχετικές μελέτες της επιστημονικής βιβλιογραφίας αποσκοπούν στην εύρεση μεθοδολογικών εργαλείων μέσω των οποίων θα επιτυγχάνεται η ολιστική διερεύνηση του κυκλικού συστήματος λαμβάνοντας υπόψιν το γεγονός ότι η Κυκλική Οικονομία χαρακτηρίζεται από σχεδιαστική πολυπλοκότητα ως προς την εφαρμογή της. Μία αξιόλογη μεθοδολογική προσέγγιση, η οποία έχει αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί για τον σκοπό αυτό είναι η Ανάλυση Διαθεσιμότητας Ενέργειας ή Emergy Analysis (EMA). Πιο συγκεκριμένα, η EMA έχει εφαρμοστεί για τη μελέτη φυσικών (λ.χ. αγροτικές περιοχές) και τεχνητών (λ.χ. βιομηχανίες) συστημάτων με στόχο την αντιμετώπιση των διάφορων περιβαλλοντικών ζητημάτων λαμβάνοντας υπόψιν τόσο την φυσική όσο και την οικονομική πτυχή τους (Chen et al., 2017). Κατ' αρχήν, ως "emergy" νοείται η ποσότητα της συνολικής διαθέσιμης ενέργειας που απαιτείται για την δημιουργία ενός προϊόντος ή μίας υπηρεσίας ενώ σ' αυτό το πλαίσιο εκτιμάται το περιβαλλοντικό φορτίο και η βιωσιμότητα των συστημάτων

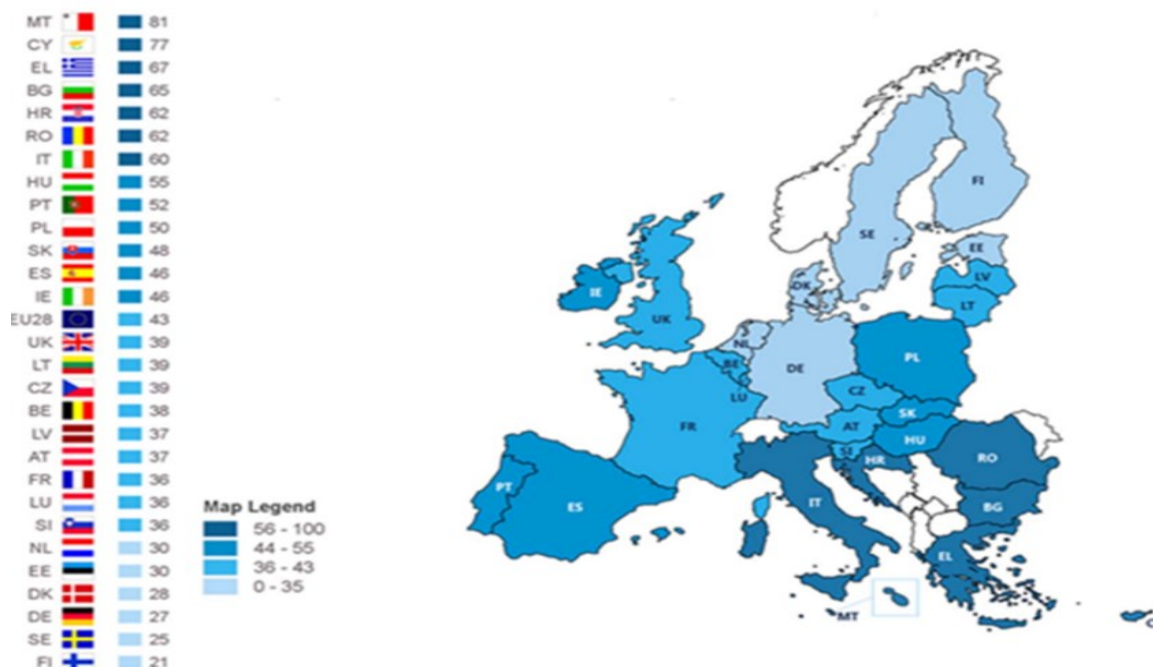
(Pang et al., όπως αναφέρεται από τους Chen et al., 2017). Σύμφωνα με τους Chen et al. (2017), το μετρικό σύστημα που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της συνολικής (έμμεσης και άμεσης) διαθέσιμης ενέργειας (emergy) είναι τα sej (solar emjoules), ενώ για τις αναλύσεις που αφορούν ένα συγκεκριμένο προϊόν ή υπηρεσία, τα sej υπολογίζονται ως προς την αντίστοιχη μονάδα μέτρησης (όπως sej/g ή se/\$). Συνεπώς η διαθεσιμότητα ενέργειας (“emergy”) αποτελεί μία σημαντική και ιδιαίτερα χρήσιμη παράμετρο, η οποία αξιοποιείται κατεξοχήν για τις περιβαλλοντικές στρατηγικές διαχείρισης και σχεδιασμού.

Στα πλαίσια της ανάπτυξης κυκλικών επιχειρηματικών στρατηγικών, το Ίδρυμα Ellen McArthur έχει ήδη υλοποιήσει σχετικό project (Project Mainstream) στο οποίο συμμετείχαν εταίροι από διαφορετικούς βιομηχανικούς κλάδους και αποσκοπούσε στην ανάδειξη της συνεργατικότητας με την προοπτική αναβάθμισης (scaling up) του πεδίου εφαρμογής της κυκλικότητας από πιλοτική σε ευρεία (βιομηχανική) κλίμακα (Saavedra et al., 2018). Εντούτοις, η κατανάλωση των φυσικών πόρων έχει παραμείνει σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα λόγω της αποτυχίας αγοράς (market failure) και της έλλειψης των κατάλληλων κανονιστικών ρυθμίσεων, οι οποίες θα μπορούσαν μεσομακροπρόθεσμα να συμβάλουν στην κοινωνική ευημερία περιορίζοντας ουσιαστικά τις οικονομικές απώλειες και την εξάντληση του φυσικού κεφαλαίου (Ellen McArthur, 2015). Με βάση την έρευνα των Henry et al. (2020), οι σύγχρονες κυκλικές εταιρείες διακρίνονται σε “upstream” (πρωτεύουσες), “downstream” (δευτερεύουσες) και “full circular companies” (πλήρως κυκλικές εταιρείες). Σύμφωνα με τους Urbinati et al. (όπως αναφέρεται στους Henry et al., 2020), οι δευτερεύουσες επιχειρήσεις υιοθετούν ουσιαστικά κυκλικές καινοτομίες που συσχετίζονται με το μοντέλο εσόδων και το περιβάλλον αλληλεπίδρασης με τους πελάτες χωρίς ωστόσο να πραγματώνονται αλλαγές ως προς την αλυσίδα εφοδιασμού, τον σχεδιασμό προϊόντων ή τις εσωτερικές πρακτικές τους.

Οι πρωτεύουσες κυκλικές επιχειρήσεις ενσωματώνουν τις κυκλικές πρακτικές στο εσωτερικό τους ενώ εστιάζουν στη συνεργασία με τους προμηθευτές καθώς ενθαρρύνεται η ενεργή συμμετοχή του καταναλωτή έπειτα από την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής προϊόντος μέσω της ανάκτησης αξίας και των διαδικασιών επαναφοράς στην πηγή (Henry et al., 2020). Όσον αφορά την τελευταία κατηγορία (“full circular companies”), οι εταιρείες ενσωματώνουν πλήρως τις καινοτομίες τόσο των πρωτευουσών όσο και των δευτερευουσών εταιρειών.

Η μετάβαση στο κυκλικό μοντέλο ανάπτυξης αποτελεί μία σύγχρονη πρόκληση στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συνεπώς θεωρείται σημαντική η προώθηση της πράσινης ανάπτυξης στις αντίστοιχες κοινωνίες. Με βάση τα στοιχεία που καταγράφονται στον παρακάτω χάρτη (**Εικόνα 1**), προκύπτει ότι για τις περισσότερες χώρες της Νότιας Ευρώπης η πλειοψηφία του πληθυσμού επιθυμεί περισσότερο «πρασίνισμα» του αστικού περιβάλλοντος ιδίως σε σχέση με

Βορειοευρωπαϊκές χώρες όπου έχουν ενσωματωθεί πιο δυναμικά οι πράσινες τεχνολογίες (NBS) και επομένως μπορούν δυνητικά να αξιοποιηθούν στο μοντέλο της Κυκλικής Οικονομίας. Αξίζει παράλληλα να επισημανθεί ότι για την περίπτωση της Ελλάδας που καταλαμβάνει την 3^η θέση μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν έχουν εφαρμοστεί εκτενώς οι πράσινες τεχνολογίες.



Εικόνα 1. Τα ποσοστά του πληθυσμού 28 Ευρωπαϊκών κρατών που επιθυμούν περισσότερες πράσινες προδιαγραφές στις πόλεις τους (Πηγή: Faivre et al., 2017).

2.3. Τεχνολογίες των NBS & πεδία εφαρμογής τους

Τα NBS αποτελούν στρατηγικές που έχουν αναπτυχθεί, μεταξύ άλλων, για την προστασία των φυσικών πόρων, τον μετριασμό του κινδύνου των καταστροφών και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (Tyllianakis et al., 2022). Στα NBS συγκαταλέγονται οι τεχνητοί υγρότοποι που αποτελούν την πιο συνήθη τεχνολογία που εφαρμόζεται ενώ οι πράσινες οροφές (green roofs) ή τα πράσινα δώματα (green walls) αναφέρονται, μεταξύ άλλων, ως συστήματα NBS (Oral et al., 2020) Όπως προαναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, τα NBS παρέχουν περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη καθώς διαδραματίζουν κομβικό ρόλο για την επίλυση προβλημάτων σε αστικά και αγροτικά περιβάλλοντα (Carvalho et al., 2022). Σύμφωνα με τους Pearlmatter et al. (2020), διακρίνονται τρία επιμέρους πεδία πρακτικής εφαρμογής των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση εντός του αστικού περιβάλλοντος: α) τα υλικά των κτιρίων, β) τα συστήματα των κτιρίων και γ) οι περιοχές των κτιρίων. Ειδικότερα, η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει το σύνολο των ακατέργαστων πρώτων υλών στις οποίες οι

διεργασίες εφαρμογής τους δεν προκαλούν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και παρέχουν την δυνατότητα επαναφοράς των θρεπτικών συστατικών στο οικοσύστημα έπειτα από την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής τους.

Εκτός των άλλων, τα υλικά θα μπορούσαν ενδεχομένως να αξιοποιηθούν για την επανάχρηση ροών πόρων με σκοπό την αποφυγή επιβλαβών παραπροϊόντων διασφαλίζοντας ουσιαστικά ένα υγιές περιβάλλον εργασίας και διαβίωσης όσον αφορά την ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους (Pearlmatter et al., 2020). Επιπρόσθετα, το δεύτερο πεδίο αφορά ουσιαστικά το «πρασίνισμα» των κτιρίων αξιοποιώντας ένα ευρύ σύνολο εφαρμογών, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, η καλλιέργεια φυτικών ειδών στις προσόψεις των κτιρίων (λ.χ. πράσινα δώματα) και πρακτικές διαχείρισης των υδάτινων ροών (λ.χ. ενσωματωμένοι τεχνητοί υγρότοποι). Αντίστοιχα, το τελευταίο πεδίο επικεντρώνεται στα τοπία που περιβάλλουν τα εν λόγω κτίρια, τα οποία ενδέχεται να αποτελέσουν χώρους ανάδειξης της φύσης στις πόλεις καθώς μέσω της εφαρμογής των NBS στα σημεία αυτά επιδιώκεται η προώθηση της βιωσιμότητας και η διαμόρφωση ενός ανθεκτικού συστήματος έναντι των προκλήσεων της κλιματικής αλλαγής (Pearlmutter et al., 2020). Όσον αφορά τις αγροτικές περιοχές, η λύση των τεχνητών υγροτόπων έχει εφαρμοστεί με σκοπό την επεξεργασία των οικιακών λυμάτων (Stefanakis, 2019).

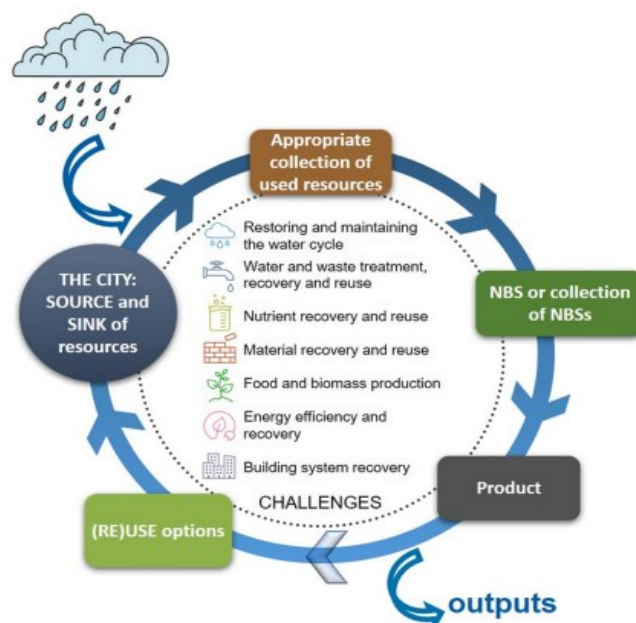
Αξίζει να επισημανθεί ότι μέσω της εγκατάστασης των τεχνητών υγροτόπων επιτυγχάνονται ορισμένα βιώσιμα οφέλη στα αγρο-οικοσυστήματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση ανακυκλωμένων υπολειμμάτων (υλικών) ως φίλτρα διήθησης σε υποστρώματα τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν στην γεωργική παραγωγή ενώ αποτελούν μία βιώσιμη εναλλακτική στην διαχείριση υγρών αποβλήτων (Dell’Osbel et al., 2020). Εκτός των άλλων, σύμφωνα με τους Zhong et al. (2023), η δημιουργία τεχνητών υγροτόπων σε αγροτικές περιοχές διαμορφώνει ωφέλιμες συνθήκες για τους φυτικούς οργανισμούς ενώ παράλληλα συμβάλλει στην απορρόφηση και απομάκρυνση των ρύπων. Παράλληλα οι τεχνητοί υγρότοποι θεωρούνται σημαντική τεχνολογία καθώς συντελούν στην ανάκτηση και αξιοποίηση του γκρι νερού για μη-πόσιμη χρήση (Zhong et al., 2023). Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι η ενσωμάτωση των NBS παρέχει πολύπλευρα πλεονεκτήματα τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με την λύση και το πεδίο εφαρμογής.

2.4. Χαρακτηριστικά των NBS & στρατηγικές αξιοποίησης τους

Σύμφωνα με δημοσίευση των Xie et al. (2022), τα NBS μπορούν να χαρακτηριστούν ως όρος-ομπρέλα καθώς συνδέονται εννοιολογικά με ένα ευρύ φάσμα προσεγγίσεων οι οποίες εμπνέονται από τη φύση και αποσκοπούν στην επίτευξη της βιωσιμότητας. Παράλληλα, από τη μελέτη των δημοσιεύσεων της συλλεγμένης επιστημονικής βιβλιογραφίας παρατηρείται ότι έχει διατυπωθεί ένα σύνολο ορισμών για τα NBS που διαφέρουν μεταξύ τους. Για παράδειγμα στην

έρευνα των Langergraber et al. (2020), τα NBS ορίζονται ως οι ιδέες (concepts) που ενσωματώνουν την φύση στο αστικό περιβάλλον καθώς και αυτές οι οποίες προέρχονται από εκείνη. Αντίστοιχα, έχουν προσδιοριστεί ως μία μορφή κοινωνικής, οικολογικής και τεχνικής καινοτομίας προκειμένου να αντιμετωπιστούν ζητήματα που συνδέονται με την βιώσιμη ανάπτυξη στα αστικά περιβάλλον όπως η απώλεια της βιοποικιλότητας και η κλιματική αλλαγή (Xie et al., 2022). Εντούτοις κοινό γνώρισμα των λύσεων αυτών αποτελεί η ενσωμάτωση της φύσης στα αστικά περιβάλλοντα (Atanasova et al., 2021). Ειδικότερα, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των NBS θεωρείται η χρήση στοιχείων της φύσης που χρησιμοποιούνται εναλλακτικά στη θέση αμιγώς τεχνολογικών εφαρμογών με στόχο την αντιμετώπιση των εκάστοτε προβλημάτων (Sner et al., 2020). Αξίζει να επισημανθεί ότι στην βιβλιογραφία αναφέρεται ένα σύνολο προκλήσεων που παρουσιάζονται επιγραμματικά στην **Εικόνα 2** και για τις οποίες τα NBS συμβάλουν δυνητικά στην αντιμετώπιση τους. Την παρούσα περίοδο τα NBS αξιοποιούνται κατά κύριο λόγο για τοπική προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή με στόχο την επίτευξη ωφέλιμων αποτελεσμάτων από τη χρήση τους σε βραχυπρόθεσμο επίπεδο (Duffaut et al., 2022).

Σύμφωνα με την έρευνα των Atanasova et al. (2021), ορισμένες σημαντικές πτυχές που χαρακτηρίζουν τα NBS είναι η αποκατάσταση και διατήρηση του κύκλου του νερού μέσω της διαχείρισης των όμβριων υδάτων καθώς και η ενεργειακή αποδοτικότητα και ανάκτηση. Πιο συγκεκριμένα, η πολυλειτουργικότητα (multifunctionality) αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση, το οποίο διαδραματίζει καταλυτικό ρόλο για την επίτευξη διαχείρισης φυσικών πόρων σύμφωνα με τις αρχές της κυκλικότητας στις πόλεις (Atanasova et al. 2021). Όσον αφορά την διατήρηση του υδρολογικού κύκλου, όπως αναφέρεται στην παραπάνω έρευνα θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν τα δυνητικά προβλήματα που προκύπτουν από την ανεπαρκή διαχείριση των υδάτων για την οποία παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται συστήματα απορροής, εντούτοις αυτά δεν αντιμετωπίζονται πλήρως σε περιπτώσεις έντονων κλιματικών φαινομένων.



Εικόνα 2. Οι πολυδιάστατες προκλήσεις στα πλαίσια κυκλικής μετάβασης των πόλεων, οι οποίες μπορούν να αντιμετωπιστούν με την εφαρμογή των NBS (Πηγή: Atanasova et al., 2021).

Γενικότερα, τα NBS δύνανται να συνεισφέρουν καταλυτικά στον τομέα της διαχείρισης υγρών αποβλήτων εισάγοντας βιοφυσικές διεργασίες στις οποίες αξιοποιούνται μικροοργανισμοί ενώ μία ενδεικτική διεργασία αποτελεί η βιοδιήθηση σε λίμνες επεξεργασίας λυμάτων που πραγματοποιείται μέσω της χρήσης πορώδους υλικού (Atanasova et al., 2021). Επιπλέον, σύμφωνα με τους Carodoglio et al. (όπως αναφέρεται στους Atanasova et al., 2021), πέραν της παραπάνω διεργασίας, τα NBS μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες πρακτικές όσον αφορά τα οικιακά λύματα καθώς μέσω της μετατροπής της οργανικής ύλης σε βιοενέργεια ανακτώνται θρεπτικά συστατικά όπως N, P ή Ca. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης των θρεπτικών αυτών ως λιπασμάτων είτε στα πράσινα δώματα είτε σε συστήματα κάθετης φύτευσης, τα οποία φέρουν ένα ειδικά διαμορφωμένο υπόστρωμα που τροφοδοτεί και υποστηρίζει τους αναπτυσσόμενους φυτικούς οργανισμούς (Hachoumi et al., 2021). Επιπρόσθετα, για τις συγκεκριμένες πρακτικές αξίζει να επισημανθεί ότι συντελούν στον μετριασμό της παραγωγής βιομηχανοποιημένων θρεπτικών, περιορίζουν τις εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα, μειώνουν τις ενεργειακές απαιτήσεις και συμβάλλουν στην ελάττωση της συσσώρευσης των δραστικών ενώσεων στο περιβάλλον (Atanasova et al., 2021). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του τύπου χημικών ουσιών αποτελούν ενώσεις των δραστικών μορφών του N και του P, οι οποίες σε αυξημένα επίπεδα συσσώρευσης επιφέρουν φαινόμενα ευτροφισμού και οξίνισης των οικοσυστημάτων (Casey et al., 2022). Εντούτοις, ορισμένες από τις εγκαταστάσεις όπου έχουν ενσωματωθεί τα πράσινα δώματα ή τα συστήματα κάθετης φύτευσης ενδέχεται να εκπέμπουν ρύπους οι οποίοι συσσωρεύονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο αστικό

δίκτυο απορροής και ως εκ τούτου βάσει της βιβλιογραφίας προτείνονται στρατηγικές βελτιστοποίησης των κατασκευαστικών υλικών που χρησιμοποιούνται για τα εν λόγω συστήματα (Hachoumi et al., 2021). Συνεπώς, σε κάθε περίπτωση επισημαίνεται ότι η αξιολόγηση των λύσεων βασισμένων στη φύση εντός των αστικών κέντρων με την χρήση δεικτών θεωρείται απαραίτητη διαδικασία προκειμένου να εκτιμηθεί τοπικά η αποτελεσματικότητα των συστημάτων ως προς την επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας (Atanasova et al., 2021).

Με βάση την έρευνα των Faivre et al. (2017), το EKLIPSE αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μεθοδολογικού εργαλείου το οποίο συνδέεται με την αξιολόγηση των NBS (Knowledge & Learning Mechanism on Biodiversity and Ecosystem Services). Σύμφωνα με τους Raymond et al. (όπως αναφέρεται στους Faivre et al., 2017), το EKLIPSE ως μηχανισμός που αναπτύχθηκε για την εκτίμηση των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση, αναδεικνύει σε προκαταρκτικό επίπεδο την επίδοση μίας λύσης λαμβάνοντας υπόψιν ένα σύνολο κριτηρίων και γενικότερα αποσκοπεί στην αντιμετώπιση προκλήσεων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Επιπλέον, σε αυτό το πλαίσιο συμπεριλαμβάνεται η χαρτογράφηση και αξιολόγηση των οικοσυστημάτων σε συνδυασμό με τις υπηρεσίες που αυτά προσφέρουν. Η υλοποίηση των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση (NBS) θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σταδιακά καθώς ως απαραίτητη προϋπόθεση ενσωμάτωσης τους στα αστικά κέντρα αποτελεί η αναγνώριση των ωφελειών που θα προσφέρουν στο περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία ενώ επίσης θεωρείται σημαντική η κατανόηση της υπερ-επιστημονικότητας (transdisciplinarity) η οποία περιστοιχίζει τον όρο αυτόν (Langergraber et al., 2020). Συνεπώς, διαπιστώνεται ότι προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι που είχαν τεθεί όσον αφορά την εφαρμογή των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση απαιτείται η υιοθέτηση μίας νεωτερικής και αναθεωρητικής προσέγγισης από το σύνολο της ακαδημαϊκής κοινότητας.

2.5. Σημεία συσχέτισης μεταξύ της Κυκλικής Οικονομίας & των NBS

Διερευνώντας την σχετική ακαδημαϊκή βιβλιογραφία, παρατηρείται ότι έχουν πραγματοποιηθεί διάφορα ερευνητικά εγχειρήματα στα οποία εξετάζονται οι τρόποι ενσωμάτωσης των αρχών της κυκλικότητας στα NBS. Σύμφωνα με τους Oral et al. (2020), τα NBS χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα να επεξεργάζονται διαφορετικές πηγές νερού (π.χ. όμβρια ύδατα, υγρά απόβλητα, γκρι νερά κ.α.) για μετέπειτα χρήση γεγονός που εναρμονίζεται με την αρχή της επαναχρησιμοποίησης στα πλαίσια της κυκλικότητας. Αξίζει να αναφερθεί ότι η κυκλική εφαρμογή των NBS στο αστικό περιβάλλον παρέχει ένα σύνολο ωφελειών στις οποίες περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, η ελάττωση της ζήτησης και η βελτίωση της ασφάλειας του νερού ενώ μέσω των συστημάτων διαχείρισης προστατεύουν δυνητικά την ανθρώπινη υγεία από τις

επιπτώσεις που προκαλούνται δυνητικά από τα όμβρια ύδατα ή τα υγρά απόβλητα (Tsatsou et al., 2023).

Ενδιαφέρον παράδειγμα NBS αποτελεί η πρακτική της βλάστησης παραπλεύρως του δρόμου (roadside vegetation), η οποία συντελεί στην διατήρηση νερού αξιοποιώντας μικροοργανισμούς που ευδοκούν στις ρίζες φυτικών ειδών επιτυγχάνοντας απομάκρυνση των ρύπων στα όμβρια ύδατα καθώς και αποθήκευση του επιφανειακού νερού στα υπόγεια ύδατα μέσω διήθησης σε πορώδες έδαφος (Biswal et al., 2022). Επιπλέον, η πολυλειτουργικότητα των NBS διευκολύνει την μετάβαση σε κυκλικά συστήματα νερού και ως παράδειγμα αναφέρονται οι οροφές των ενσωματωμένων τεχνητών υγροτόπων που επεξεργάζονται το νερό της βροχής για οικιακή χρήση ενώ συγχρόνως χαρακτηρίζονται από οικονομική αποτελεσματικότητα και εξοικονόμηση χρήσης των φυσικών πόρων (Nika et al., 2020).

Εκτός των άλλων, αξίζει να αναφερθεί ότι η χρησιμοποίηση των NBS στα πλαίσια κυκλικότητας συμβάλλει στην μείωση της ζήτησης για ορυκτά καύσιμα προωθώντας την ανάκτηση ενέργειας και θερμότητας από τις διάφορες ροές αποβλήτων με σκοπό την διαμόρφωση ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων (Atanasova et al., 2021). Όπως αναφέρεται στους Lingergraber et al. (2020), όταν οι πρώτες ύλες μετατρέπονται σε απόβλητα, αυξάνεται η καθαρή απώλεια των φυσικών πόρων γεγονός που επιφέρει την εξάντληση του φυσικού κεφαλαίου. Η εισαγωγή του μοντέλου της Κυκλικής Οικονομίας στα συστήματα NBS συνιστά μία δραστική λύση στο παραπάνω θέμα καθώς ενισχύει την βιώσιμη ανάπτυξη στο αστικό περιβάλλον και τις στρατηγικές επαναχρησιμοποίησης των φυσικών πόρων (Hachoumi et al., 2021). Πιο συγκεκριμένα, στο πλαίσιο ανακύκλωσης υλικών αξίζει να σημειωθεί ότι τα απόβλητα κατασκευών που εναποτίθενται σε χωματερές θα μπορούσαν αξιοποιηθούν ως μέσα διήθησης (filter media) στα συστήματα NBS επιτυγχάνοντας τον στόχο της κυκλικότητας για ανακύκλωση (Atanasova et al., 2021).

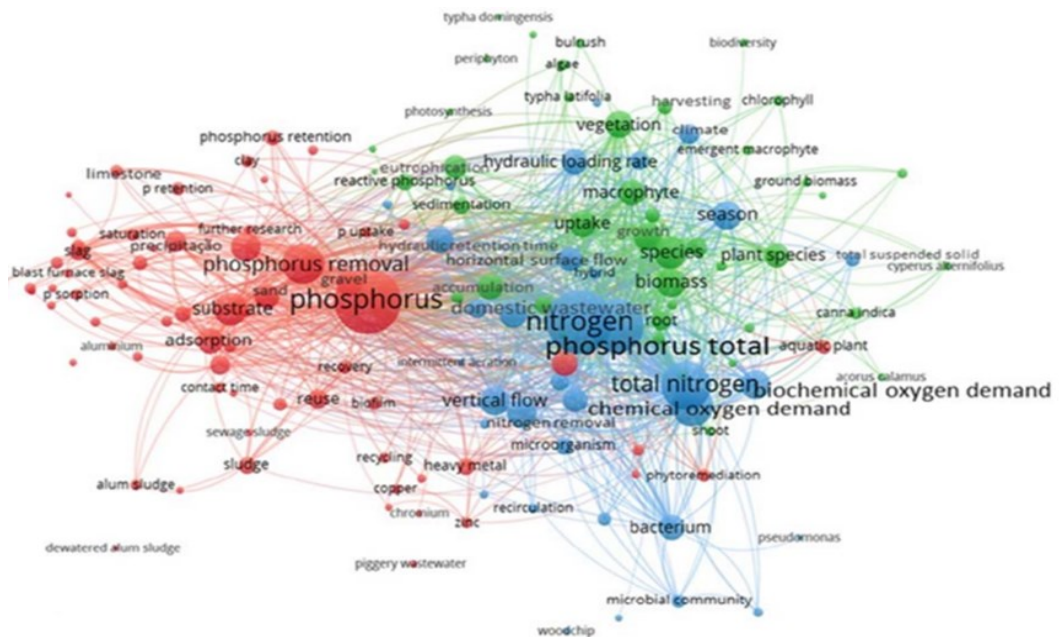
Επίσης, η κυκλικότητα των NBS μέσω διεργασιών όπως της διήθησης, πραγματοποιείται είτε κλείνοντας τον φυσικό κύκλο του νερού και πραγματοποιώντας ανατροφοδότηση του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και ασφαλή εκφόρτιση του νερού στα υδάτινα οικοσυστήματα είτε ανακτώντας νερό και θρεπτικά συστατικά ή ιλύ για αποθήκευση και επαναχρησιμοποίηση (Tsatsou et al., 2023). Γενικά, η ανακύκλωση των υλικών και η αξιοποίηση τους σε συστήματα NBS προσθέτει αξία στα αστικά οικοσυστήματα καθώς επιτυγχάνεται μείωση του κόστους που αφορά την διάθεση των αποβλήτων ενώ παράλληλα ελαχιστοποιούνται τα φαινόμενα περιβαλλοντικής ρύπανσης (Biswal et al., 2022). Αξίζει να αναφερθεί ότι με βάση τα παραπάνω παρατηρείται γενικά ένας κοινός κατευθυντήριοι άξονας μεταξύ της Κυκλικής Οικονομίας και των NBS. Εκτός των άλλων, τα NBS διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο καθώς αποκαθιστούν τις κυριότερες φυσικές

διεργασίες όπως την ανάκτηση θρεπτικών ή τον κύκλο του νερού στα ανθρωπογενή υδάτινα συστήματα και διευκολύνουν κατ' αυτόν τον την μετάβαση στην κυκλικότητα (Nika et al., 2020).

2.6. Παραδείγματα από έρευνες με βιβλιομετρικές αναλύσεις

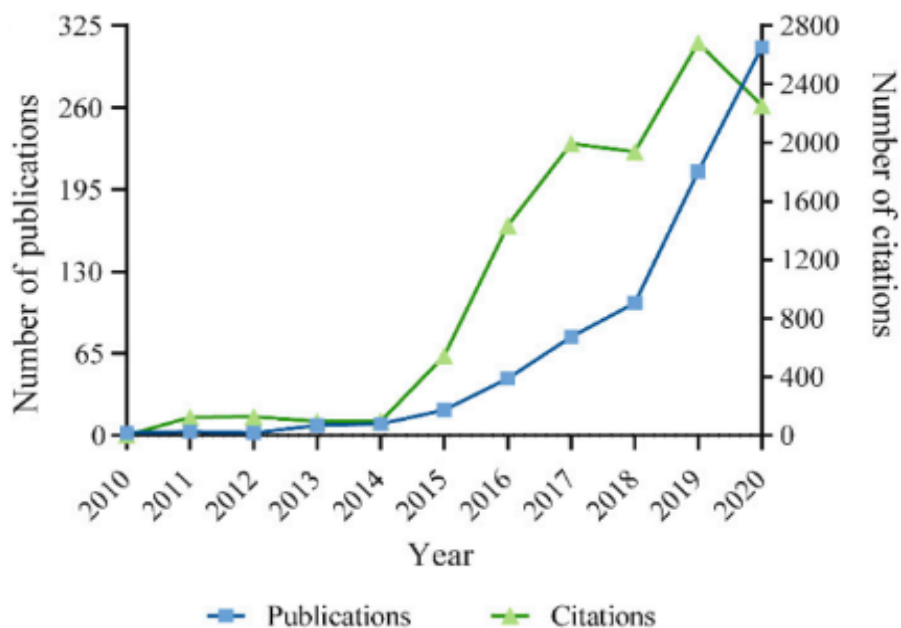
Πέραν των βιβλιογραφικών στοιχείων, τα οποία περιλαμβάνουν κυρίως πρακτικές ή μεθοδολογικές προσεγγίσεις που αποβλέπουν στην κυκλική ανάπτυξη, έχουν διενεργηθεί βιβλιομετρικές αναλύσεις για την αξιολόγηση των συναφών επιστημονικών δημοσιεύσεων. Αξίζει να υπογραμμιστεί ότι στην συλλεγμένη βιβλιογραφία, οι αναλύσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν αφορούν κυρίως εξειδικευμένα αντικείμενα έρευνας όπως για παράδειγμα την απομάκρυνση του P στους τεχνητούς υδροτόπους (Dell'Osbel et al., 2020) ή την ανθεκτικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού όπου μέσω αυτής επιδιώκεται η επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας (Shashi et al., 2020). Ειδικότερα, στις εν λόγω αναλύσεις εφαρμόζεται η μέθοδος της «βιβλιομετρικής χαρτογράφησης» (bibliometric mapping) και μέσω αυτής προσδιορίζονται οι επιμέρους συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων που εξετάζονται (Dell'Osbel et al., 2020). Επίσης, όπως αναφέρεται από τους Dell'Osbel et al. (2020), η συγκεκριμένη μέθοδος παρέχει την δυνατότητα ανάδειξης των θεμάτων με τις περισσότερες αναφορές στην βιβλιογραφία. Επιπλέον, στα πλαίσια εκπόνησης της ίδιας έρευνας, η οποία όπως προαναφέρθηκε αφορά την απομάκρυνση P στους τεχνητούς υδροτόπους, παρατηρείται ότι η επιλογή της βάσης δεδομένων για την συλλογή του δημοσιευμένου υλικού είναι συνυφασμένη με την ποιότητα της βιβλιογραφίας καθώς και την αξιολόγηση αυτής από ομότιμους συνεργάτες (peer-reviewed material). Αξίζει να αναφερθεί ότι στο ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε στη μελέτη είχαν εξεταστεί οι καινοτομίες που αφορούν την ανάκτηση του P στα συστήματα των τεχνητών υδροτόπων και διάφοροι αντίστοιχοι μηχανισμοί ανάκτησης καθώς και η εφαρμογή υποστρωμάτων με υψηλές επιδόσεις στην απομάκρυνση και ανάκτηση P (Dell'Osbel et al., 2020).

Οι ερευνητές πραγματοποίησαν την αναζήτηση των λέξεων-κλειδιών ("Phosphorus removal in constructed wetlands") στην πλατφόρμα Web of Science και συνέλεξαν ένα σύνολο επιστημονικών πηγών (κεφάλαια βιβλίων, πρακτικά συνεδρίων, άρθρα κριτικής κ.α.) από την διαθέσιμη βιβλιογραφία. Παράλληλα, όσον αφορά το τελικό δείγμα της βιβλιογραφίας και ειδικότερα την γλώσσα συγγραφής των δημοσιεύσεων, μόλις το 1,3% του συνολικού αριθμού των δημοσιεύσεων (Dell'Osbel et al., 2020) είχε συγγραφεί σε γλώσσες πέραν της Αγγλικής.



Εικόνα 3. Οπτικοποιημένες λέξεις-κλειδιά στο VOSViewer που προέκυψαν από αναζήτηση για απομάκρυνση του P σε τεχνητούς υγροτόπους (“Phosphorus removal in constructed wetlands”) μέσω της βάσης δεδομένων Web of Science (Πηγή: Dell’Osbel et al., 2020).

Στο επόμενο στάδιο της εν λόγω έρευνας πραγματοποιήθηκε η βιβλιομετρική ανάλυση με την χρήση του VOSViewer, το οποίο αποτελεί ένα δωρεάν λογισμικό που αξιοποιήθηκε για την χαρτογράφηση των βιβλιομετρικών δεδομένων και σε αυτό απεικονίστηκαν οι επιμέρους συσχετίσεις των λέξεων-κλειδιών που ορίστηκαν για την βιβλιογραφική αναζήτηση (Dell’Osbel et al., 2020). Αξίζει να σημειωθεί ότι το VOSViewer αναπτύχθηκε από τους (Van) Eck και Waltman στο ολλανδικό Πανεπιστήμιο του Λέιντεν με σκοπό την διαμόρφωση και οπτικοποίηση των βιβλιομετρικών δικτύων προσδίδοντας ιδιαίτερη έμφαση στην συν-εμφάνιση των λέξεων-κλειδιών (Dell’Osbel et al., 2020). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συνήθως συνοψίζονται σε ένα δίκτυο-χάρτη (network map), το οποίο διαιρείται σε επιμέρους clusters (συστάδες) διαφορετικού χρώματος και η καθεμία από αυτές απεικονίζει ένα συνονθύλευμα σχετικών όρων (βλ. **Εικόνα 3**). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Dell’Osbel et al. (2020) το μπλε χρώμα στο δίκτυο-χάρτη της Εικόνας 3 περιλαμβάνει λέξεις-κλειδιά που αφορούν την απομάκρυνση υδάτινων ρύπων (κυρίως θρεπτικών όπως N) με παρουσία οργανικής ύλης καθώς και τις διάφορες σχεδιαστικές παραμέτρους των τεχνητών υγροτόπων (π.χ. τύπος λυμάτων, εποχή, κλίμα, ροή κ.α.). Αντίστοιχα, το κόκκινο χρώμα συνδέεται με φυσικοχημικούς παράγοντες καθώς και την απομάκρυνση του P στο υπόστρωμα, ενώ το πράσινο συσχετίζεται ουσιαστικά με βιολογικούς παράγοντες (κυρίως φυτικά είδη και βιομάζα).

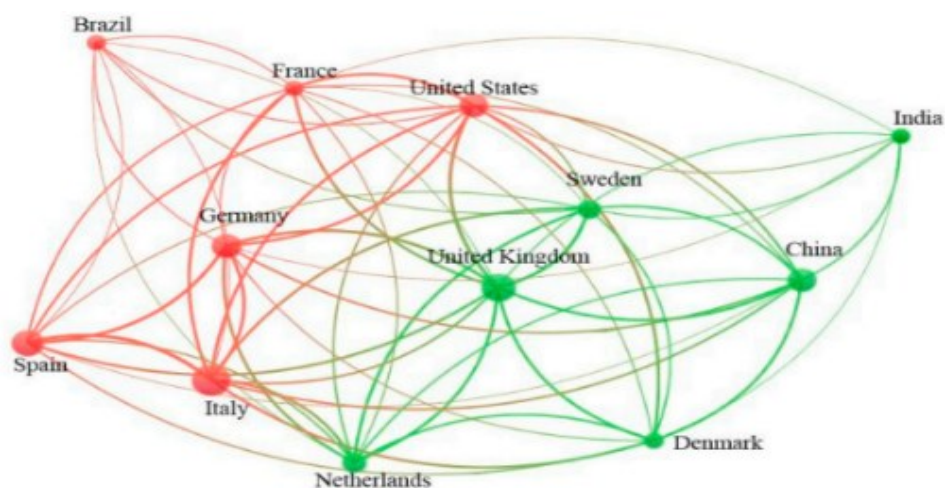


Σχήμα 4. Ο ετήσιος αριθμός των δημοσιεύσεων και των βιβλιογραφικών αναφορών (Πηγή: Romero-Perdomo et al., 2022).

Η μέθοδος της βιβλιομετρικής ανάλυσης είχε εφαρμοστεί σε ένα σχετικά πρόσφατο επιστημονικό άρθρο που δημοσιεύθηκε από τους Romero-Perdomo et al. (2022) και στα πλαίσια της ανάλυσης εξετάστηκαν οι υφιστάμενες ερευνητικές τάσεις όσον αφορά την κλιματική αλλαγή και την Κυκλική Οικονομία.

Ειδικότερα, οι ερευνητές πραγματοποίησαν την αναζήτηση στη βάση δεδομένων Scopus και στα πλαίσια αυτής λήφθηκαν υπόψιν ο τίτλος, η περίληψη και οι λέξεις κλειδιά της κάθε δημοσίευσης. Όσον αφορά το μέγεθος του δείγματος, συλλέχθηκαν από το Scopus 789 έγκριτες βιβλιογραφικές πηγές, οι οποίες δημοσιεύθηκαν στα έτη 2010-2020 ενώ σημειώνεται ότι σε ποσοστό 60,96% αποτελούν ερευνητικά άρθρα, 15,08% πρακτικά συνεδρίων και 11,91% άρθρα κριτικής. Επίσης, αξίζει να επισημανθεί ότι παρατηρήθηκε μία σημαντική αύξηση στον αριθμό των βιβλιογραφικών δημοσιεύσεων για το χρονικό διάστημα που μελετάται. Επιπλέον, οι ερευνητές διαχώρισαν τη βιβλιογραφία σε 3 χρονολογικές φάσεις: (α) για τα έτη 2010-2014 περιλαμβάνονται 9 δημοσιεύσεις οι οποίες αντιστοιχούν στο 2,91% του συνολικού δείγματος, (β) στα έτη 2015-2018 συγκαταλέγονται 98 δημοσιεύσεις ενώ κατά μέσο όρο καταγράφονται 24 δημοσιεύσεις ανά έτος και (γ) στα έτη 2019-2020 εμπεριέχονται 202 δημοσιεύσεις, οι οποίες αποτελούν το 65,37% του δείγματος. Εκτός των άλλων, παρατηρήθηκε γενικά ότι ο αριθμός των βιβλιογραφικών αναφορών αυξήθηκε για τις εν λόγω χρονολογικές φάσεις καταγράφοντας τις σημαντικότερες αυξήσεις τα έτη 2019 και 2020 (Romero-Perdomo et al., 2022). Παράλληλα, τόσο ο αριθμός των δημοσιεύσεων όσο και ο αριθμός των βιβλιογραφικών αναφορών ελαττώθηκαν για τις παραπάνω χρονολογίες κατά 9,4% και 0,3% αντίστοιχα. Εκτός των άλλων, στα γραφήματα που

παρατέθηκαν από τους ερευνητές περιλαμβάνεται και ο ετήσιος αριθμός των δημοσιεύσεων ανά ερευνητικό αντικείμενο (**Σχήμα 4**). Με βάση το παραπάνω γράφημα, οι Περιβαλλοντικές Επιστήμες αποτελούν τον κυρίαρχο ερευνητικό τομέα στον οποίο εμπίπτουν οι περισσότερες δημοσιεύσεις που σχετίζονται με Κυκλική Οικονομία και Κλιματική Αλλαγή. Ειδικότερα, σύμφωνα με τους Perdomo et al. (2022), η ποσόστωση ανά ερευνητικό τομέα είναι η εξής: α) Περιβαλλοντικές Επιστήμες (214 δημοσιεύσεις → 27,9% του δείγματος), β) Επιστήμες της Ενέργειας (112 δημοσιεύσεις → 15,5% του δείγματος), γ) Μηχανική (83 δημοσιεύσεις → 6,9% του δείγματος), δ) Κοινωνικές Επιστήμες (55 δημοσιεύσεις → 8,1% του δείγματος), ε) Λογιστικά-Διαχείριση Επιχειρήσεων (45 δημοσιεύσεις → 6,9% του δείγματος), στ) Οικονομικές Επιστήμες (34 δημοσιεύσεις → 4,5% του δείγματος) και ζ) Χημική Μηχανική (22 δημοσιεύσεις → 3,7% του δείγματος) αντίστοιχα.



Εικόνα 5. Βιβλιομετρικό δίκτυο των σχέσεων αλληλεπίδρασης μεταξύ των συγγραφέων βάσει των χωρών στις οποίες παρατηρήθηκε ο υψηλότερος αριθμός βιβλιογραφικών πηγών που σχετίζονται με Κυκλική Οικονομία και Κλιματική Αλλαγή (Πηγή: Romero-Perdomo et al., 2022).

Στα πλαίσια της έρευνας των Romero-Perdomo et al. (2022) χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό VOSViewer με σκοπό την διαμόρφωση ενός οπτικοποιημένου δικτύου, στο οποίο εξετάζεται η χώρα προέλευσης της σχετικής επιστημονικής βιβλιογραφίας. Πιο συγκεκριμένα, η συνολική βιβλιογραφία που σχετίζεται με την Κυκλική Οικονομία και την Κλιματική Αλλαγή προέρχεται από 90 χώρες ανά τον κόσμο. Επίσης, η Ιταλία χαρακτηρίζεται επί της ουσίας από τον υψηλότερο κατά μέσο όρο ετήσιο αριθμό βιβλιογραφικών πηγών (120) ενώ κατατάσσεται στην πρώτη θέση μεταξύ των χωρών που αντιστοιχούν οι περισσότερες δημοσιεύσεις και στις οποίες οι επιμέρους συγγραφείς προέρχονται ή συνδέονται με μία συγκεκριμένη χώρα. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι σε επίπεδο διεθνούς συνεργασίας το Ηνωμένο Βασίλειο

προηγείται της Ιταλίας καθώς φέρει τις περισσότερες βιβλιογραφικές πηγές (48) οι οποίες έχουν συγγραφεί από ερευνητές που συνδέονται με διαφορετικές χώρες. Επίσης, στην **Εικόνα 5** παραπάνω απεικονίζεται το δίκτυο των συνδέσμων μεταξύ των επιμέρους χωρών βάσει της εμφάνισης τους στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία (λαμβάνοντας υπόψιν ότι το υψηλό μέγεθος του κόμβου αποτελεί ένδειξη πως η χώρα συνδέεται με πολλές δημοσιεύσεις του δείγματος). Ειδικότερα, το πάχος των γραμμών μεταξύ των κόμβων του δικτύου υποδηλώνει την συν-εμφάνιση για δύο επιμέρους χώρες οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους (Romero-Perdomo et al., 2022).

Παράλληλα, οι ερευνητές αναφέρουν στην έρευνα ότι οι 10 από τις 12 χώρες του παραπάνω βιβλιομετρικού δικτύου αλληλοσυνδέονται. Ορισμένα από τα επιμέρους αποτελέσματα της βιβλιομετρικής ανάλυσης που χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάστηκαν στο συμπληρωματικό υλικό της δημοσίευσης των Romero-Perdomo et al. (2022). Πιο συγκεκριμένα, μία αξιοσημείωτη παράμετρος, η οποία διερευνήθηκε και αξίζει να αναφερθεί περιγραφικά στην παρούσα εργασία είναι η παραγωγικότητα των συγγραφέων της σχετικής βιβλιογραφίας. Επί της ουσίας, η εν λόγω ανάλυση περιλαμβάνει τον δείκτη επιστημονικής ποιότητας (h-index), τον συνολικό αριθμό δημοσιεύσεων (TP), το σύνολο των αναφορών (TC) καθώς και τον λόγο (TC/TP). Σημειωτέον ότι ο h-index αποτελεί ένα μέτρο εκτίμησης της σημασίας και της ευρύτερης επίδρασης της συνολικής συνεισφοράς του επιστήμονα στον χώρο της έρευνας (Hu et al., όπως αναφέρεται στους Romero-Perdomo et al., 2022). Παραδείγματος χάριν με βάση τον Πίνακα 1 η υψηλότερη τιμή του h-index (69) υποδηλώνει ότι από τον Srinivasula Venkata Mohan έχουν δημοσιευθεί 69 βιβλιογραφικές πηγές με τουλάχιστον ίσο αριθμό αναφορών (Romero-Perdomo et al., 2022). Σημειωτέον ότι ο λόγος TC/TP που υπολογίστηκε από τους ερευνητές αποτελεί ουσιαστικά μία ένδειξη της επιρροής της βιβλιογραφίας και εν προκειμένω ο Willi Haas προηγείται στην κατάταξη για την συγκεκριμένη παράμετρο. Επίσης παρατηρείται συγχρόνως ότι 4 από τους 10 πιο παραγωγικούς συγγραφείς συνδέονται ουσιαστικά με το Πανεπιστήμιο της Κανταβρίας (βλ. Πίνακα 1). Εκτός των άλλων, στα πλαίσια της έρευνας λήφθηκε υπόψιν ο αριθμός των συναφών δημοσιεύσεων για το κάθε περιοδικό.

Παράλληλα αξιοποιήθηκε το εργαλείο JCR (Journal Citation Reports) με σκοπό τον υπολογισμό της τιμής του συντελεστή απήχησης (IF) που αντιστοιχεί στο κάθε περιοδικό. Επιπλέον, βάσει του Πίνακα 3 το 70% των περιοδικών συγκαταλέγονται στο τεταρτημόριο Q1 ενώ τα περισσότερα περιοδικά χαρακτηρίζονται από IF>7 και ως εκ τούτου τα στοιχεία του δείγματος της έρευνας των Romero-Perdomo et al. (2022) αναδεικνύουν το σημαντικό επιστημονικό ενδιαφέρον που υφίσταται στο συγκεκριμένο αντικείμενο έρευνας.

Επιπρόσθετα, με βάση τη βιβλιογραφία που συλλέχθηκε από τους ερευνητές επισημαίνεται η απουσία έμφασης στο θέμα της προσαρμογής (“adaptation”) στην κλιματική αλλαγή με γνώμονα την Κυκλική Οικονομία ενώ αναφέρεται ότι η ενσωμάτωση των NBS θα μπορούσε δυνητικά να αποτελέσει μία διέξοδο για το εν

λόγω ζήτημα. Εκτός των άλλων, οι ερευνητές συνιστούν την προώθηση πρωτοβουλιών σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς και την ενσωμάτωση σχεδιασμών που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή στις εθνικές νομοθεσίες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στα πλαίσια της έρευνας των Romero-Perdomo et al. (2022), η διαχείριση αποβλήτων αποτελεί την κυκλική προσέγγιση που συσχετίζεται περισσότερο με την κλιματική αλλαγή. Παράλληλα, στα συμπεράσματα της δημοσίευσης των ερευνητών σημειώνεται ότι η Ευρώπη πρωτοπορεί παγκοσμίως στην έρευνα που αφορά την συνεργιστική δράση της Κυκλικής Οικονομίας και της Κλιματικής Αλλαγής.

Πίνακας 1. Οι συγγραφείς με την υψηλότερη παραγωγικότητα στην βιβλιογραφία που συνδέεται με Κυκλική Οικονομία και Κλιματική Αλλαγή (Πηγή: Romero-Perdomo 2022).

Author	Affiliation	TP	TC	TC/TP	h-index
Adisa Azapagic	The University of Manchester	6	137	22.83	53
Angel Irabien	Universidad de Cantabria	6	58	9.66	50
Ruben Aldaco	Universidad de Cantabria	5	85	17	23
Morten Birkved	Syddansk Universitet	5	32	6.4	26
Jara Laso	Universidad de Cantabria	5	85	17	15
María Margallo	Universidad de Cantabria	5	85	17	17
Srinivasula Venkata Mohan	Indian Institute of Chemical Technology	5	199	39.8	69
Kotamraju Amulya	Indian Institute of Chemical Technology	4	231	57.75	11
Xavier Gabarrell i Durany	Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals	4	103	25.75	40
Willi Haas	Universitat fur Bodenkultur Wien	4	243	60.75	14

TP = Total number of publications, TC = Total number of citations, TC/TP = Total citations per document, h-index = h-index calculated from Scopus.

Πίνακας 2. Τα κυριότερα περιοδικά που προέρχεται η βιβλιογραφία η οποία σχετίζεται με Κυκλικότητα και Κλιματική Αλλαγή (Πηγή: Romero-Perdomo et al., 2022).

Rank	Journal	Publisher	TP	IF	Best quartile
1	Journal Of Cleaner Production	Elsevier	80	9.29	Q1
2	Sustainability	Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)	45	3.25	Q1
3	Resources Conservation and Recycling	Elsevier	33	10.2	Q1
4	IOP Conference Series Earth and Environmental Science	IOP Science	25	-	-
5	Science of the Total Environment	Elsevier	22	7.96	Q1
6	Energies	MDPI	21	3	Q2
7	Waste Management	Elsevier	16	7.14	Q1
8	Bioresource Technology	Elsevier	15	9.64	Q1
9	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Elsevier	14	14.98	Q1
10	Waste Management and Research	SAGE Publishing	10	3.54	Q2

TP = Total number of publications, IF (2021) = Impact Factor (2021 Journal Citation Reports®), Best quartile = Journals in the 25% top journals of a category are Q1.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα μεθοδολογικά στάδια της παρούσας εργασίας περιλαμβάνουν αρχικά την αναζήτηση επιστημονικών δημοσιεύσεων και την συλλογή των προκαταρκτικών στατιστικών στοιχείων που εμπεριέχονται σε αυτές, η οποία έλαβε χώρα την περίοδο Οκτωβρίου 2022- Μαρτίου 2023.

Ειδικότερα, για την ανάλυση και επεξεργασία των βιβλιογραφικών δεδομένων λήφθηκαν υπόψιν 4 διαδικτυακές βάσεις δεδομένων. Αρχικά, αναζητήθηκε η σχετική βιβλιογραφία χρησιμοποιώντας ως λέξεις-κλειδιά την «Κυκλική Οικονομία» (“Circular Economy”) και τις «Λύσεις Βασισμένες στη Φύση» (“Nature-based Solutions”) στις ιστοσελίδες των βάσεων δεδομένων Web of Science, ScienceDirect και Scopus. Έπειτα, συλλέχθηκαν ορισμένες βιβλιογραφικές πηγές από την ιστοσελίδα “Circular City” (https://circular-city.eu/?page_id=147), η οποία γενικά συσχετίζεται με την ανάπτυξη συστημάτων που συμβάλλουν στην κυκλική μετάβαση των πόλεων και χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν αναζητήσεις χρησιμοποιώντας τους όρους “Circularity” σε συνδυασμό με “Nature-based Solutions” και “Nature based Solutions”. Επιπλέον, οι αναζητήσεις στο Web of Science πραγματοποιήθηκαν βάσει του θέματος (topic) των δημοσιεύσεων προκειμένου να αναδειχθούν τα επιμέρους ερευνητικά αντικείμενα ενώ δόθηκε έμφαση στην παρουσία των όρων αναζήτησης σε περίληψη, τίτλο και στις επιμέρους λέξεις-κλειδιά της κάθε δημοσίευσης.

Το προκαταρκτικό στάδιο της μεθοδολογίας αναφέρεται ουσιαστικά στην διαδικασία αξιολόγησης του βιβλιογραφικού όγκου. Παράλληλα, αξίζει να επισημανθεί ότι η αναζήτηση των βιβλιογραφικών πηγών πραγματοποιήθηκε με αγγλικές λέξεις-κλειδιά επομένως δεν λήφθηκαν υπόψιν δημοσιεύσεις που έχουν συγγραφεί αποκλειστικά σε διαφορετικές γλώσσες. Η αρχική λίστα βάσει των λέξεων-κλειδιών περιελάμβανε 267 δημοσιεύσεις και για την διαμόρφωση της, αφαιρέθηκε ένα σύνολο βιβλιογραφικών πηγών από το δείγμα που είτε αντιστοιχούσαν σε κεφάλαια βιβλίων ή δεν συσχετιζόνταν ιδιαίτερα με την Κυκλική Οικονομία και τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση.

Ακολούθως, εφαρμόστηκε η αξιολόγηση του βιβλιογραφικού δείγματος που αντλήθηκε από τις βάσεις δεδομένων εφαρμόζοντας ένα σύνολο 9 κριτηρίων (**C1-C9**) μέσω των οποίων εκτιμήθηκε ο δείκτης FSI (Final Selection Index) με σκοπό την κατάταξη του συνόλου της βιβλιογραφίας βάσει της επίδοσης του κάθε άρθρου στον εν λόγω δείκτη. Μέσω των κριτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν για την εν λόγω αξιολόγηση διερευνώνται οι επιδόσεις του βιβλιογραφικού υλικού για ένα σύνολο δεικτών (**Πίνακας 3**) και παραμέτρων ενώ εκτιμάται κατά κύριο λόγο η σχετικότητα της κάθε δημοσίευσης με τα αντικείμενα της Κυκλικής Οικονομίας και των συστημάτων NBS.

Steps	Description		Measurement scale	Clarifications
Databases selection	The most scientifically reliable and utilized from scholars.		Scopus	Scopus is a citation database.
			Scholar Google	Google Scholar is a Web search engine for scholarly literature.
			Science Direct	Science Direct is a web search platform for scholarly literature.
Selection Criteria (C _i)	C ₁ :	<i>Title of the paper</i>	1-10 (1 low relative – 10 high relative)	The content of paper's title should be relative to CE.
	C ₂ :	<i>Year of the paper</i>	1-4 1 for 2011-2013 2 for 2014-2016 3 for 2017-2019 4 for 2020-2023	The publication year of the paper is crucial.
	C ₃ :	<i>Scientific field of the journal</i>	1-10 (1 low relative – 10 high relative)	Engineering/Natural science and management/economic.
	C ₄ :	<i>Abstract of the paper</i>	1-10 (1 low relative – 10 high relative)	Abstract relative to CE & NBS.
	C ₅ :	<i>Keywords of the paper</i>	1-10 (1 low relative – 10 high relative)	Keywords relative to CE & NBS. CE= circular economy CW = constructed wetlands
	C ₆ :	<i>Citations of the paper</i>	1-4 (1 under 30, 2 for 31-60, 3 for 61-100, 4 over 101)	How many (other) papers have cited this paper.
	C ₇ :	<i>Content of the paper</i>	1-10 (1 low relative – 10 high relative)	The relevance of paper with CE.
	C ₈ :	<i>Impact factor (IF) of the journal</i>	0-4 (0 without IF, 1 for 1-3, 2 for 3-5, 4 for > 5 IF)	The impact factor of the Journal in which the selected paper has been published.
	C ₉ :	<i>Scimago Journal classification</i>	1-4 (1 for Q ₄ , 2 for Q ₃ 3 for Q ₂ 4 for Q ₁)	Q ₁ implies the top 25% of the Journals, and Q ₄ the lowest 25% of the journals. Q ₂ and Q ₃ implies 50% and 75% correspondingly.
Final selection index (FSI)	$FSI = \sum_{i=1}^9 \frac{C_i}{n}$		0 ≤ FSI ≤ 7,3	Selected papers with higher score.

Πίνακας 3. Συνοπτική περιγραφή των 9 κριτηρίων αξιολόγησης και του δείκτη τελικής επιλογής (FSI).

Πιο συγκεκριμένα, στο κριτήριο **C1** εξετάζεται ο βαθμός σχετικότητας του τίτλου της δημοσίευσης και οι τιμές της βαθμολογίας του κυμαίνονται από 1 έως 10.

Αντίστοιχα εύρη τιμών χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του βαθμού σχετικότητας στα κριτήρια επιλογής **C3** (θεματολογία του επιστημονικού περιοδικού), **C4** (περίληψη της δημοσίευσης), **C5** (λέξεις-κλειδιά της δημοσίευσης) και **C7** (περιεχόμενο της δημοσίευσης). Επιπλέον, το κριτήριο **C2** αφορά το έτος δημοσίευσης και το κριτήριο **C6** συνδέεται με τον αριθμό των αναφορών της βιβλιογραφικής πηγής ενώ η αντίστοιχη κλίμακα τιμών κυμαίνεται από 1 έως 4. Εκτός των άλλων, λαμβάνονται υπόψιν οι επιδόσεις σε βιβλιομετρικούς δείκτες στα κριτήρια **C8** (IF) και **C9** (δείκτης κατάταξης Scimago) για τα οποία υπολογίζονται οι τελικές βαθμολογίες βάσει των αποτελεσμάτων αξιολόγησης της κάθε βιβλιογραφικής πηγής στους συγκεκριμένους δείκτες. Όσον αφορά τις αξιολογήσεις της βιβλιογραφίας για τα δύο τελευταία κριτήρια, στο **C8** οι τιμές κυμαίνονται από 0-4 ενώ αντίστοιχα το **C9** υπολογίζεται σε αριθμητική κλίμακα 1-4.

Έπειτα από την ολοκλήρωση αξιολόγησης της ακαδημαϊκής βιβλιογραφίας, πραγματοποιείται ο υπολογισμός του δείκτη τελικής επιλογής (Final Selection Index), ο οποίος αντιστοιχεί επί της ουσίας στην μέση τιμή των 9 επιμέρους κριτηρίων και μέσω αυτού επιλέγονται ή απορρίπτονται οι δημοσιεύσεις που είχαν συλλεχθεί στο δείγμα. Στον **Πίνακα 3** απεικονίζονται αναλυτικά τα κριτήρια και ο τρόπος υπολογισμού του τελικού δείκτη. Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε παραπάνω λήφθηκαν υπόψιν οι σχετικές δημοσιεύσεις της βάσης δεδομένων Web of Science που αποτελεί γενικά ένα αξιόπιστο εργαλείο αναζήτησης βιβλιογραφίας. Η μεθοδολογική προσέγγιση που εφαρμόστηκε για την αξιολόγηση της ακαδημαϊκής βιβλιογραφίας περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, ορισμένα σημαντικά και ενδιαφέροντα σημεία. Ειδικότερα, επισημαίνεται ότι ο προσδιορισμός των τιμών βάσει των κριτηρίων σχετικότητας (**C1, C4, C5 & C7**) πραγματοποιήθηκε γενικά με γνώμονα την νοηματική σύνδεση της βιβλιογραφικής πηγής τόσο με την Κυκλική Οικονομία όσο και με τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση ενώ στις αντίστοιχες εκτιμήσεις υπεισέρχεται και ο υποκειμενικός παράγοντας. Επίσης, όσον αφορά το κριτήριο **C1** που αναφέρεται στην σχετικότητα του τίτλου δημοσίευσης, η επίδοση της κάθε δημοσίευσης προσδιορίστηκε κυρίως με βάση την ύπαρξη ή απουσία συγκεκριμένων όρων (“rooftops”, “constructed wetlands”, “reuse”, “vertical green systems” κ.τ.λ.) ενώ κατ’ αντίστοιχο τρόπο υπολογίστηκαν και οι τιμές του κριτηρίου **C5**. Παράλληλα, εκτιμήθηκαν οι επιδόσεις για το κριτήριο **C3** το οποίο αναφέρεται στην σχετικότητα του ακαδημαϊκού περιοδικού (βλ. **Πίνακα 4**) και ουσιαστικά λήφθηκε υπόψιν ο τίτλος αυτού σε συνδυασμό με την συνάφεια του ερευνητικού κλάδου (Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Γεωγραφία, Μηχανική κ.λπ.) που εμπίπτει. Επιπλέον, όπως αναφέρεται στον **Πίνακα 3** για το κριτήριο **C2**, η χρονολογία που δημοσιεύθηκε η βιβλιογραφική πηγή θεωρείται μείζονος σημασίας καθότι οι πιο πρόσφατες πηγές του δείγματος ενσωματώνουν τις πλέον επίκαιρες γνώσεις και εξελίξεις σε θέματα που άπτονται της Κυκλικότητας και των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση. Εκτός των άλλων, αξίζει να σημειωθεί ότι σε όσες δημοσιεύσεις του αρχικού δείγματος παρατηρήθηκε μη διαθεσιμότητα ορισμένων στοιχείων ή τιμών που απαιτούνταν για την εκτίμηση της

επίδοσης των βιβλιογραφικών πηγών, συμπληρώθηκε η τιμή 0 στο αντίστοιχο κριτήριο. Οι τιμές των αποτελεσμάτων αξιολόγησης μέσω του δείκτη τελικής επιλογής αντιστοιχούν σε εύρος $2,7 \leq FSI \leq 7,3$ ενώ προκειμένου να διαμορφωθεί το τελικό δείγμα υπολογίστηκε η διάμεσος και τελικά λήφθηκαν υπόψιν οι βιβλιογραφικές πηγές που η τιμή επίδοσης τους υπερέβαινε την διάμεσο, ήτοι >5 .

Στον **Πίνακα 4** παρουσιάζονται αναλυτικά τα 10 άρθρα της βιβλιογραφίας που χαρακτηρίζονται από τον υψηλότερο αριθμό βιβλιογραφικών αναφορών. Όπως διαπιστώνεται, η πρώτη βιβλιογραφική πηγή της κατάταξης που δημοσιεύθηκε από τους D' Amato et al. (2017), έλαβε χώρα στο Πανεπιστήμιο του Ελσίνκι (Φινλανδία) και όπως προαναφέρθηκε, στα πλαίσια αυτής είχε πραγματοποιηθεί βιβλιομετρική ανάλυση για κυκλικότητα (CE), πράσινη οικονομία (GE) και βιο-οικονομία (BE). Επίσης, με βάση τον Πίνακα 3 παρατηρείται ότι οι 2 από τις 10 βιβλιογραφικές πηγές που κατατάσσονται στην λίστα των δημοσιεύσεων με τον υψηλότερο αριθμό αναφορών προέρχονται από την Ολλανδία. Παράλληλα, αξίζει να σημειωθεί ότι μέσω της χρήσης των υπολογιστικών φύλλων της Google σχεδιάστηκαν τα δύο παρακάτω στατιστικά διαγράμματα, στα οποία αναπαρίστανται η χρονολογία συναρτήσεως του συνολικού αριθμού δημοσιεύσεων και ο τομέας που εντάσσεται το καθένα από τα 267 αποτελέσματα. Επί της ουσίας, στο παρόν κεφάλαιο επιδιώκεται η διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου πλαισίου για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων στα αντικείμενα της Κυκλικής Οικονομίας και των Λύσεων Βασισμένων στην Φύση. Ειδικότερα, όσον αφορά την διαδικασία, αρχικά έλαβε χώρα η διερεύνηση της σύνδεσης (affiliation) των συγγραφέων με τα επιμέρους ακαδημαϊκά ιδρύματα αποσκοπώντας στην ανάδειξη των ιδρυμάτων που έχουν συνεισφέρει σημαντικά στις έρευνες οι οποίες συσχετίζονται με την Κυκλική Οικονομία και τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι προκειμένου να διερευνηθούν οι κυρίαρχοι τομείς στους οποίους έχουν ενσωματωθεί τα ερευνητικά αντικείμενα της Κυκλικής Οικονομίας και των Λύσεων Βασισμένων στη φύση, εξετάζονται τα επιστημονικά περιοδικά που φέρουν τον υψηλότερο αριθμό άρθρων της συναφούς ακαδημαϊκής βιβλιογραφίας. Γενικότερα, παρατηρώντας τον **Πίνακα 4** του βιβλιογραφικού δείγματος διαπιστώνεται ότι η Ευρώπη χαρακτηρίζεται από υψηλό ερευνητικό ενδιαφέρον σε θέματα κυκλικότητας και Λύσεων Βασισμένων στη Φύση καθώς οι επικεφαλής συγγραφείς στις 9 από τις 10 δημοσιεύσεις που καταγράφηκαν συνδέονται με Ευρωπαϊκά ερευνητικά ιδρύματα ή οργανισμούς. Επιπλέον, τα περισσότερα περιοδικά με τα οποία συνδέονται οι εν λόγω 10 δημοσιεύσεις χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές του συντελεστή απήχησης (IF). Αξίζει να σημειωθεί ότι όσον αφορά το "Journal of Cleaner Production" που απαντά σε 2 από τις 10 δημοσιεύσεις ο IF φέρει τιμή 11,1 ενώ υψηλές τιμές (>5) παρατηρούνται στα περισσότερα από τα περιοδικά που καταγράφονται στον Πίνακα 4.

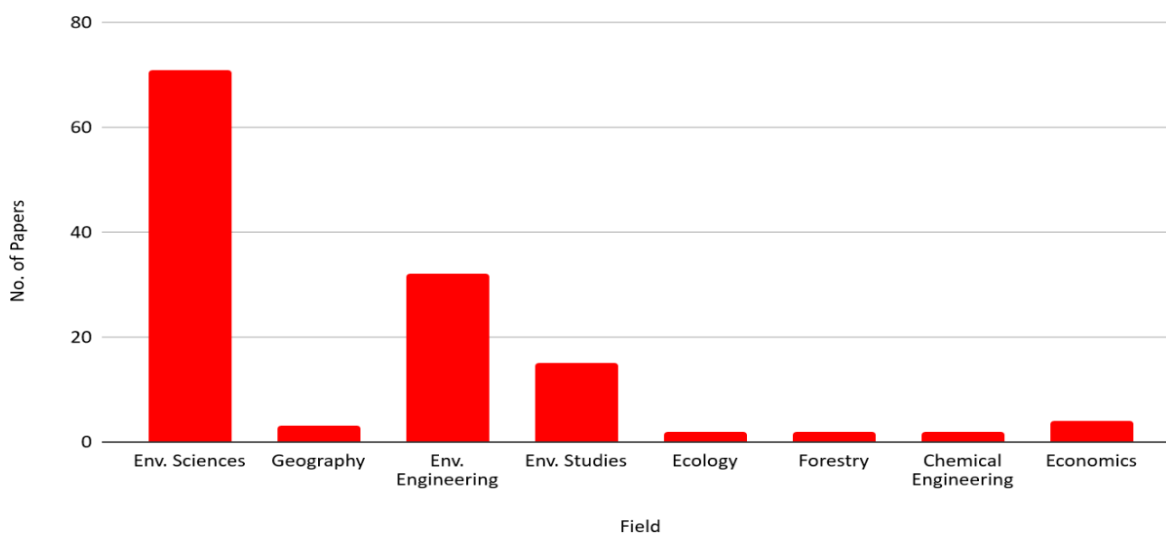
Πίνακας 4. Οι 10 δημοσιεύσεις με τον υψηλότερο αριθμό βιβλιογραφικών αναφορών για τους όρους “Circular Economy” και “Nature-based Solutions” στο αρχικό βιβλιογραφικό υλικό που αντλήθηκε από τις βάσεις δεδομένων Scopus, Web of Science και ScienceDirect (Πηγή: ResearchGate, ενημερώθηκε στις 29/3/2024).

Article Title	First Author	Corresponding Author	Citations	Country	First Affiliation	Journal
Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues	Dalia D'Amato	Dalia D'Amato	813	Finland	University of Helsinki	Journal of Cleaner Production
Challenges toward carbon neutrality in China: Strategies and countermeasures	Xin Zhao	Malin Song	726	China	Anhui University of Finance and Economics	Resources, Conservation and Recycling Advances
Green economy and related concepts: An overview	Eleonore Loiseau	Riina Antikainen	652	France	IRSTEA, France	Science of the Total Environment
Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges	Nicolas Faivre	Nicolas Faivre	541	Belgium	European Commission	Environmental Research
A typology of circular economy discourses: Navigating the diverse visions of a contested paradigm	Martin Calistro Friant	Martin Calistro Friant	349	The Netherlands	University of Utrecht	Resources, Conservation and Recycling
A typology of circular start-ups: An Analysis of 128 circular business	Marvin Henry	Marvin Henry	278	The Netherlands	University of Utrecht	Journal of Cleaner Production
The Role of Constructed Wetlands as Green Infrastructure for Sustainable Urban Water Management	Alexandros Stefanakis	Alexandros Stefanakis	237	Greece	Technical University of Crete	Sustainability
Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges	Javier Babi Almenar	Javier Babi Almenar	218	Luxembourg	Luxembourg Institute of Science and Technology	Land Use Policy
A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits	Fulvio Boano	Fulvio Boano	205	Italy	Polytechnic University of Turin	Science of the Total Environment
Circular, Green, and Bio Economy: How Do Companies in Land-Use Intensive Sectors Align with Sustainability Concepts?	Dalia D'Amato	Dalia D'Amato	135	Finland	University of Helsinki	Ecological Economics
Urban agriculture, a tool towards more resilient urban communities?	António José Dinis Ferreira	António José Dinis Ferreira	123	Portugal	Polytechnic Institute of Coimbra	Current Opinion in Environmental Sustainability

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

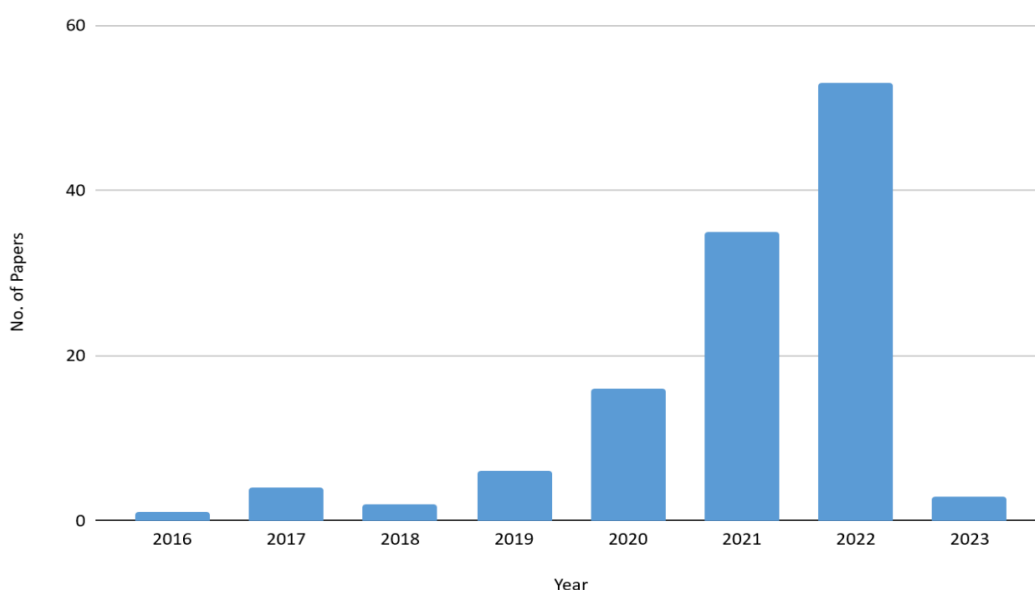
Τα αποτελέσματα της εν λόγω εργασίας συγκαταλέγονται σε δύο επιμέρους στάδια έρευνας. Το πρώτο μέρος πραγματεύεται στατιστικές παραμέτρους του δείγματος όπως ο αριθμός των δημοσιεύσεων και συγγραφέων ανά χώρα, τα οποία συνοψίζονται σε γεωγραφικούς χάρτες ή το ποσοστό των δημοσιεύσεων ανά επιστημονικό περιοδικό ενώ το δεύτερο επικεντρώνεται αποκλειστικά στην διενέργεια βιβλιομετρικής ανάλυσης.

Όπως προαναφέρθηκε, το πρώτο στάδιο προηγείται της βιβλιομετρικής ανάλυσης και παρουσιάζονται σε αυτό τα σημαντικότερα αποτελέσματα των βιβλιογραφικών στοιχείων βάσει των 120 δημοσιεύσεων του τελικού δείγματος που επιλέχθηκαν καθώς η τιμή επίδοσης τους υπερέβαινε την διάμεσο του δείκτη τελικής επιλογής (FSI). Οι δημοσιεύσεις που περιλαμβάνονταν στην αρχική λίστα αποτελούσαν κατά κύριο λόγο ερευνητικά άρθρα (research articles), άρθρα κριτικής (review articles) και δευτερευόντως σχόλια, συζητήσεις, γραπτές επικοινωνίες, πρακτικά συνεδρίων ή επιστημονικές τοποθετήσεις για ένα συγκεκριμένο θέμα. Το εν λόγω κεφάλαιο της εργασίας ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των συλλεγμένων αποτελεσμάτων από την βιβλιομετρική ανάλυση. Αξίζει να σημειωθεί, όπως παρουσιάζεται στο **Σχήμα 6**, ότι οι 71 δημοσιεύσεις ($\approx 59,1\%$ του αρχικού δείγματος) συνδέονται ουσιαστικά με τις περιβαλλοντικές επιστήμες, γεγονός το οποίο ενδεχομένως οφείλεται στη διεπιστημονικότητα του εν λόγω ερευνητικού κλάδου.



Σχήμα 6. Γραφική αναπαράσταση του αριθμού των δημοσιεύσεων του τελικού δείγματος συναρτήσει των ερευνητικών αντικειμένων.

Επιπλέον, όπως διαπιστώνεται με βάση τα δεδομένα που διερευνήθηκαν, οι περιβαλλοντικές επιστήμες αποτελούν τον κυρίαρχο ερευνητικό τομέα από τον οποίο προέρχεται η δημοσιευμένη βιβλιογραφία ενώ δευτερευόντως έπονται οι βιβλιογραφικές πηγές που συνδέονται με θέματα της Μηχανικής, της Κοινωνιολογίας, των Οικονομικών Επιστημών ή λοιπών ερευνητικών αντικειμένων. Όπως αποτυπώνεται στο **Σχήμα 7**, ο αριθμός των συναφών δημοσιεύσεων που συσχετίζονται με τα ερευνητικά θέματα της Κυκλικής Οικονομίας και των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση χαρακτηρίζεται από αξιόλογη αύξηση κατά την περίοδο 2021-22.



Σχήμα 7. Γραφική αναπαράσταση του ετήσιου αριθμού των δημοσιεύσεων του τελικού δείγματος που σχετίζονται με την Κυκλική Οικονομία και τα NBS.

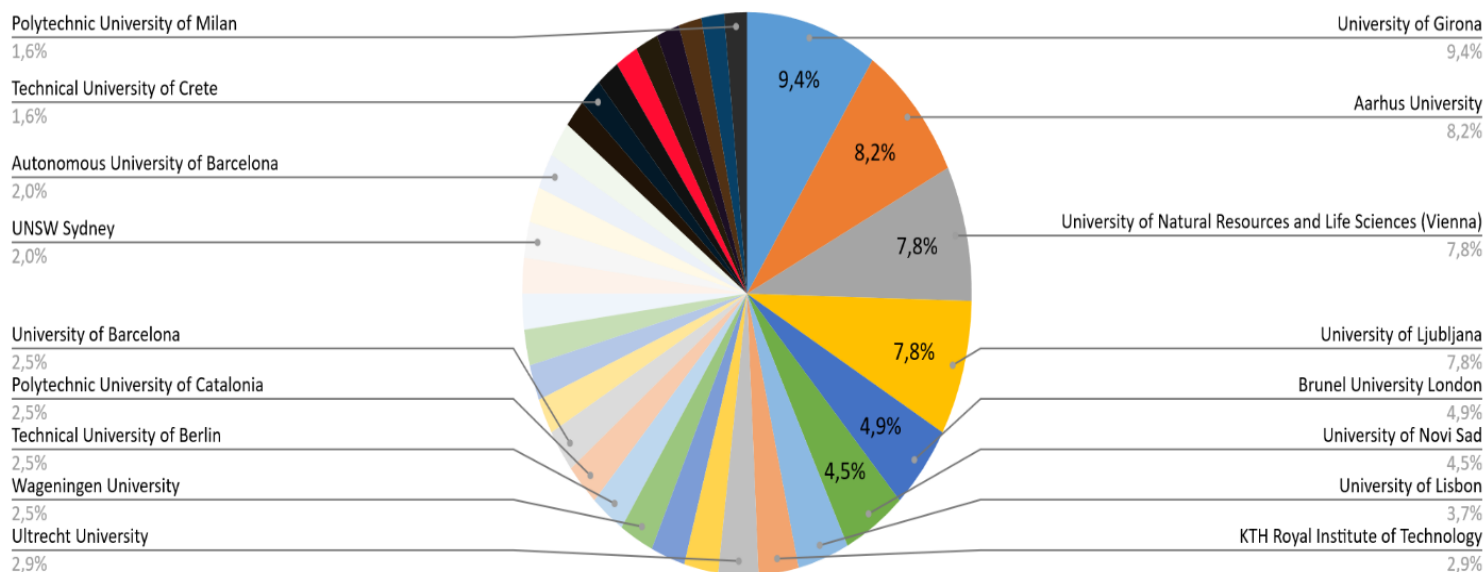
Η μεταβολή του αριθμού των σχετικών ερευνητικών δημοσιεύσεων που παρατηρείται το 2022 (53 δημοσιεύσεις) για την οποία σημειώθηκε αύξηση κατά 51,4% περίπου, αποτελεί την δεύτερη σημαντικότερη μεταβολή στο σχήμα. Παράλληλα, για τα έτη 2020-21 οι αντίστοιχες συναφείς δημοσιεύσεις διπλασιάστηκαν γεγονός που υποδηλώνει επί της ουσίας ότι εντείνεται συνεχώς το ενδιαφέρον για τα εν λόγω ερευνητικά θέματα. Εκτός των άλλων, επισημαίνεται ότι κατά την καταγραφή των ερευνητικών θεμάτων που συνδέεται η κάθε βιβλιογραφική πηγή του δείγματος παρατηρήθηκε σε διάφορες περιπτώσεις συσχέτιση αυτής με 2 ή παραπάνω ερευνητικά αντικείμενα. Επιπλέον μεταξύ των κυρίαρχων θεμάτων που χαρακτηρίζονται από αξιόλογο ερευνητικό ενδιαφέρον συμπεριλαμβάνονται λύσεις όπως οι τεχνητοί υγρότοποι που αναπτύσσονται με στόχο την αντιμετώπιση των διάφορων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Γενικότερα, το δείγμα που προέκυψε

βάσει της παραπάνω προσέγγισης και αξιοποιήθηκε για την μετέπειτα ανάλυση αποτελείται συνολικά από 120 δημοσιεύσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι πηγές του τελικού δείγματος συνδέονται με 53 διαφορετικές χώρες και 197 ακαδημαϊκά ιδρύματα ανά τον κόσμο. Επιπλέον, οι εν λόγω βιβλιογραφικές πηγές δημοσιεύθηκαν κατά τη περίοδο 2016-2023 σε συνολικά 38 επιστημονικά περιοδικά. Δεδομένου ότι το τελικό δείγμα προέρχεται από διαφορετικές βάσεις δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Zotero στο οποίο προστέθηκαν οι 120 επιλεγμένες δημοσιεύσεις και ακολούθως πραγματοποιήθηκε εξαγωγή του υλικού σε ένα αρχείο RIS το οποίο παρέχει τη δυνατότητα διενέργειας της βιβλιομετρικής ανάλυσης μέσω του VOSViewer.

4.1. Αποτελέσματα ανάλυσης επιμέρους παραμέτρων του δείγματος

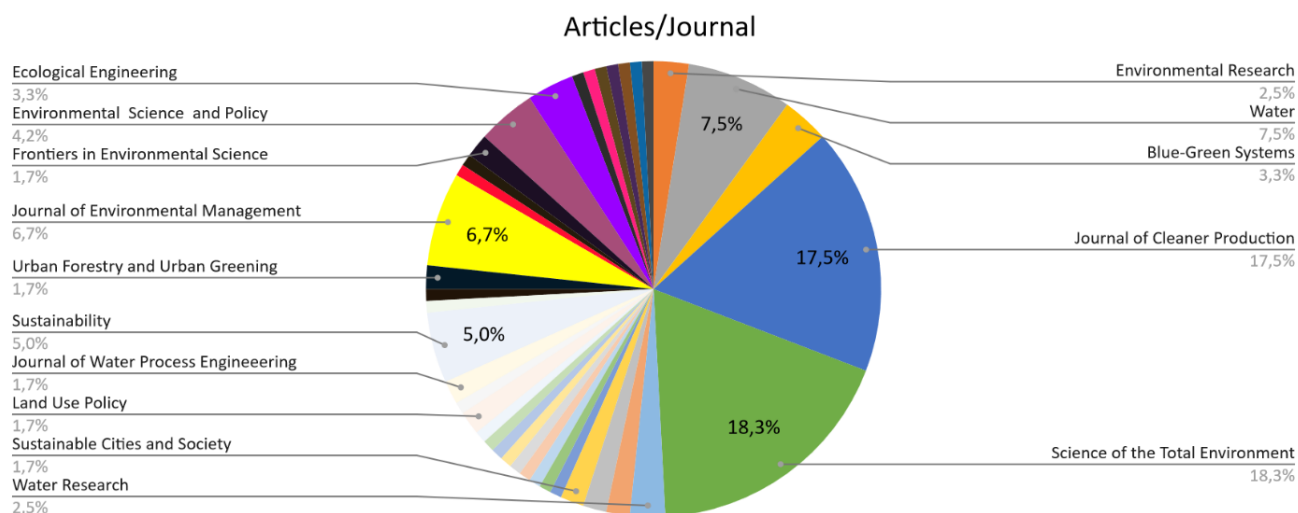
Στα γραφήματα πίτας (Σχήμα 8) που δημιουργήθηκαν μέσω των υπολογιστικών φύλλων Google Sheets, αναπαρίστανται τα αποτελέσματα για τις 2 βιβλιογραφικές παραμέτρους, οι οποίες αφορούν τις συνδέσεις μεταξύ των ερευνητών και των αντίστοιχων ακαδημαϊκών ιδρυμάτων καθώς και τον αριθμό των δημοσιεύσεων του δείγματος ανά περιοδικό. Στο παρακάτω γράφημα πίτας παρουσιάζονται τα ιδρύματα στα οποία σημειώθηκαν τα υψηλότερα ποσοστά συνδέσεων ενώ για την εκτίμηση της εν λόγω παραμέτρου λαμβάνονται υπόψιν συνολικά 33 Πανεπιστημιακά ιδρύματα που αναφέρονταν σε τουλάχιστον 4 συνδέσεις (affiliations) των δημοσιεύσεων του τελικού δείγματος. Ειδικότερα, όπως παρατηρείται στο Σχήμα 8, η πρώτη θέση καταλαμβάνεται από το Πανεπιστήμιο της Ζιρόνα στην Ισπανία με 23 δημοσιεύσεις (9,4% των συνολικών συνδέσεων του δείγματος) ενώ ακολουθούν το Πανεπιστήμιο του Άαρχους στην Δανία με 20 δημοσιεύσεις (8,2%) και έπονται το Πανεπιστήμιο της Λιουμπλιάνας στην Σλοβενία καθώς και το Πανεπιστήμιο των Φυσικών Πόρων και Επιστημών Ζωής στην Βιέννη της Αυστρίας (με ποσοστό 7,8% το καθένα). Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι το 87,9% (29/33) των Πανεπιστημιακών ιδρυμάτων που συμπεριλαμβάνονται στο παρακάτω γράφημα πίτας εδρεύουν στην ευρωπαϊκή ήπειρο. Σημειωτέον ότι μεταξύ των ευρωπαϊκών ακαδημαϊκών ιδρυμάτων απαντώνται το Πολυτεχνείο Κρήτης και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο καταγράφοντας ποσοστά 1,6% και 2,0% αντίστοιχα.

Affiliations/University



Σχήμα 8. Γράφημα στο οποίο απεικονίζονται τα σχετιζόμενα ακαδημαϊκά ιδρύματα.

Όσον αφορά τα ποσοστιαία αποτελέσματα της παραμέτρου που αφορούν ουσιαστικά τον αριθμό των δημοσιεύσεων ανά επιστημονικό περιοδικό, επισημαίνεται ότι στα περιοδικά “Science of the Total Environment” και “Journal of Cleaner Production” έχει δημοσιευθεί παραπάνω από το 35% των άρθρων του τελικού δείγματος. Παράλληλα, διαπιστώνεται σημαντική ποσοστιαία διαφοροποίηση συγκριτικά με τα υπόλοιπα επιστημονικά περιοδικά του τελικού δείγματος ενώ τα εν λόγω περιοδικά χαρακτηρίζονται και από υψηλές τιμές (>10) του συντελεστή απήχησης (IF) γεγονός το οποίο γενικά προσδίδει κύρος στα δημοσιευμένα επιστημονικά άρθρα που εμπεριέχουν. Ειδικότερα, σύμφωνα με τη βάση δεδομένων ScienceDirect, το διεπιστημονικό περιοδικό “Journal of Cleaner Production” πραγματεύεται θέματα που άπτονται της Περιβαλλοντικής Επιστήμης ενώ συγχρόνως αποσκοπεί ουσιαστικά στην βιώσιμη ανάπτυξη των κοινωνιών μέσω του περιορισμού παραγωγής αποβλήτων και στη βελτιωμένη αποδοτικότητα ως προς την χρήση της ενέργειας, του νερού, των φυσικών πόρων καθώς και του ανθρώπινου κεφαλαίου. Αντίστοιχα, όσον αφορά το περιοδικό “Science of the Total Environment”, αναφέρεται ότι αποτελεί ένα διεθνές περιοδικό που συνδέεται με το περιβάλλον ενώ στα ερευνητικά θέματα που πραγματεύεται το συγκεκριμένο περιοδικό ακολουθείται γενικά πολύπλευρη επιστημονική προσέγγιση. Χαρακτηριστικά, η βιόσφαιρα, η ανθρωπόσφαιρα, η λιθόσφαιρα, η ατμόσφαιρα και η υδρόσφαιρα αποτελούν τους 5 πυλώνες διερεύνησης του εν λόγω περιοδικού. Γενικότερα, η θεματολογία του μεγαλύτερου ποσοστού του τελικού δείγματος που συνδέεται με αντικείμενα έρευνας της Οικολογίας ή των Περιβαλλοντικών Επιστημών.

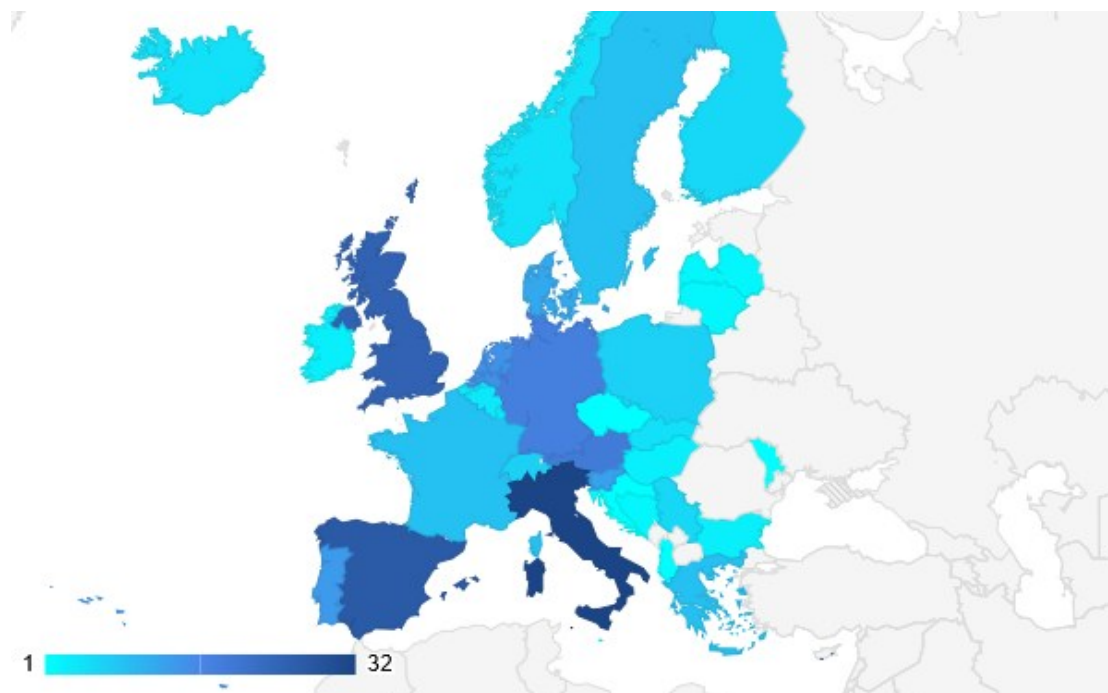


Σχήμα 9. Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται το ποσοστό των δημοσιεύσεων ανά επιστημονικό περιοδικό.

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, εκτιμήθηκαν 2 παράμετροι με βάση τις συνδέσεις που αναγράφονται στην κάθε δημοσίευση και επί της ουσίας στην πρώτη παράμετρο λήφθηκε υπόψη ο αριθμός των συγγραφέων ανά χώρα ενώ στη δεύτερη, αντίστοιχα, ο αριθμός των άρθρων που συσχετίζονται με την εκάστοτε χώρα. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα, διαφαίνεται ότι η ευρωπαϊκή ήπειρος αποτελεί με διαφορά το επίκεντρο της επιστημονικής έρευνας αναφορικά με την Κυκλική Οικονομία και τις Λύσεις Βασισμένες στη φύση.

Κατά συνέπεια τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω της πλατφόρμας Google Sheets αναπαρίστανται σε Ευρωπαϊκούς χάρτες. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι μέσω της παρουσίασης των συγκεκριμένων αποτελεσμάτων στους χάρτες, επιδιώκεται η κατανόηση της συνεισφοράς της κάθε χώρας ως μεμονωμένης οντότητας στην έρευνα αναφορικά με την Κυκλική Οικονομία και τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση. Αντίστοιχα, διερευνήθηκε γεωγραφικά και ο αριθμός των ερευνητών επιχειρώντας την ανάδειξη των χωρών οι οποίες περιλαμβάνουν τους περισσότερους ερευνητές της συναφούς βιβλιογραφίας. Η χρωματική διακύμανση των τιμών στον χάρτη της **Εικόνας 10** αντιστοιχεί στο εύρος από 0 έως 32 και παρατηρούνται με γκρι οι χώρες για τις οποίες δεν καταγράφηκαν δημοσιεύσεις στο βιβλιογραφικό δείγμα. Παράλληλα, οι χώρες του χάρτη που καταλαμβάνονται από πιο ανοικτές αποχρώσεις του μπλε αντιστοιχούν σε χαμηλότερο αριθμό ερευνητικών δημοσιεύσεων. Αντίθετα, οι περισσότεροι σκουρόχρωμες περιοχές αντιστοιχούν σε χώρες με υψηλότερο αριθμό ερευνητικών δημοσιεύσεων και η πιο έντονη απόχρωση του χάρτη σημειώνεται για την τιμή 32. Πιο συγκεκριμένα αποτυπώνεται ενδεικτικά ο αριθμός των άρθρων ανά χώρα και αξίζει να σημειωθεί ότι 3 χώρες που έχουν

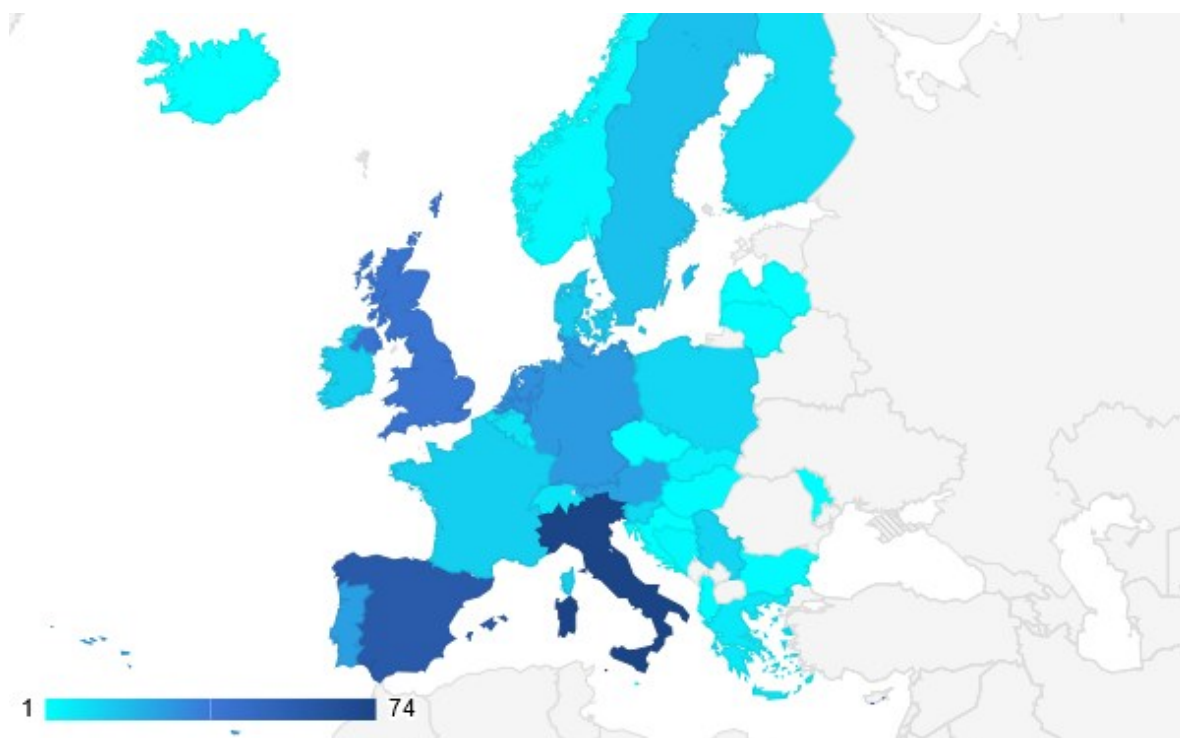
επισημανθεί στον παρακάτω χάρτη κατατάσσονται στις υψηλότερες θέσεις τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Ειδικότερα, με βάση τα ευρήματα της έρευνας παρατηρείται ότι σχεδόν τα 3/10 του δείγματος (32 δημοσιεύσεις) συνδέονται με την Ιταλία. Επίσης, προκύπτει ότι περίπου τα 2/10 του δείγματος συνδέονται με την Ισπανία (27 δημοσιεύσεις) ή το Ηνωμένο Βασίλειο (25 δημοσιεύσεις). Όσον αφορά την Ελλάδα, στο δείγμα εμπεριέχονταν 9 άρθρα γεγονός που κατατάσσει τη χώρα στο επίπεδο του ευρωπαϊκού μέσου όρου για την εν λόγω παράμετρο (περίπου 9 άρθρα/χώρα).



Εικόνα 10. Ευρωπαϊκός χάρτης στον οποίο απεικονίζεται το εύρος του αριθμού των άρθρων (0≤ Articles ≤32)

Όσον αφορά τον χάρτη της **Εικόνας 11** που παρουσιάζεται παρακάτω, απεικονίζεται το εύρος του αριθμού των άρθρων στις Ευρωπαϊκές χώρες ενώ, όμοια με τον παραπάνω χάρτη, οι υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε εντονότερες αποχρώσεις. Βάσει των αποτελεσμάτων που αναπαρίστανται στον ακόλουθο Ευρωπαϊκό χάρτη και λαμβάνοντας υπόψιν τις συνδέσεις σημαντικού μέρους των συγγραφέων με την Ιταλία καθίσταται σαφές ότι στην εν λόγω χώρα έχει πραγματοποιηθεί αξιοσημείωτη έρευνα στα θέματα της Κυκλικής Οικονομίας και των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση. Ειδικότερα, η Ιταλία συνδέεται συνολικά με 74 συγγραφείς και καταλαμβάνει ουσιαστικά την πρώτη θέση για την συγκεκριμένη παράμετρο. Αξίζει να επισημανθεί ότι ομοίως με τον προηγούμενο χάρτη, στην σειρά κατάταξης ακολουθούν αντίστοιχα η Ισπανία (58 ερευνητές) και το Ηνωμένο Βασίλειο (40 ερευνητές), γεγονός που αποτελεί μία επιπλέον ένδειξη για το σημαντικό ερευνητικό έργο που πραγματοποιείται στις παραπάνω Ευρωπαϊκές χώρες. Όσον αφορά την Ελλάδα, καταγράφηκαν συνολικά 7 συγγραφείς, ωστόσο ο

αριθμός των συγγραφέων είναι αξιοσημείωτα χαμηλότερος από τον γενικότερο ευρωπαϊκό μέσο όρο του βιβλιογραφικού δείγματος (περίπου 14 συγγραφείς/άρθρο). Παρ' όλα αυτά, λαμβάνοντας υπόψιν το γεγονός ότι σε 120 δημοσιεύσεις έχουν συμμετάσχει περισσότεροι από 440 συγγραφείς από την ευρωπαϊκή ήπειρο, διαπιστώνεται πως η Ευρώπη διαδραματίζει καταλυτικό ρόλο στην εξέλιξη της έρευνας αναφορικά με την Κυκλική Οικονομία και τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση.

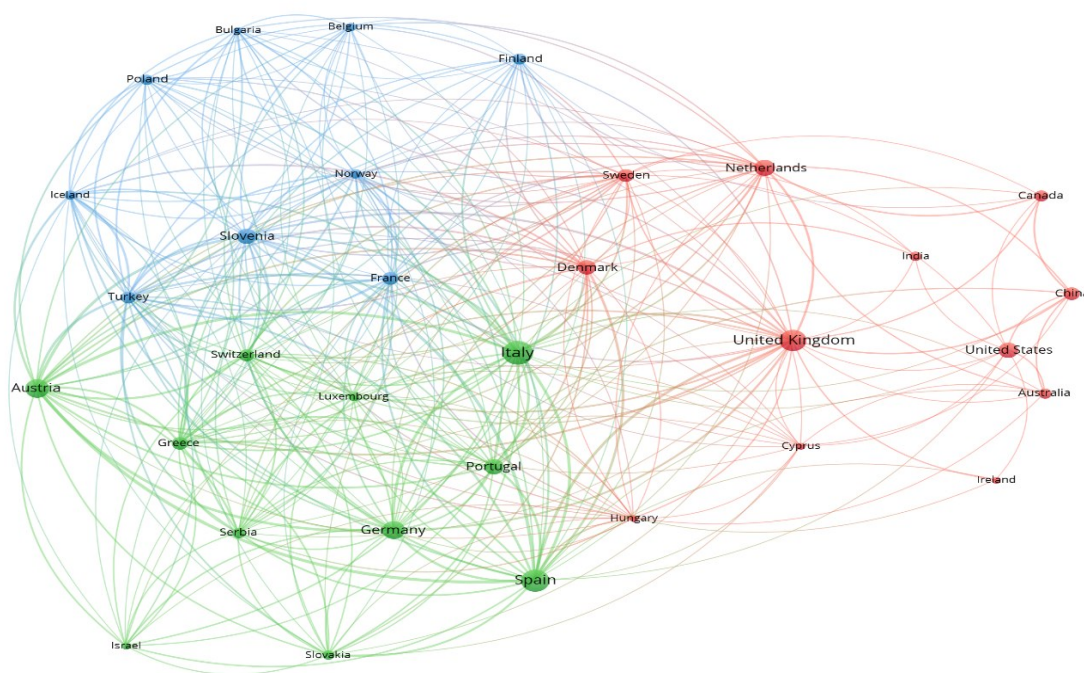


Εικόνα 11. Ευρωπαϊκός χάρτης στον οποίο απεικονίζεται το εύρος του αριθμού των συγγραφέων ($0 \leq \text{Authors} \leq 74$).

4.2. Απεικόνιση της βιβλιομετρικής ανάλυσης

Στα πλαίσια της βιβλιομετρικής ανάλυσης μέσω του λογισμικού VOSViewer, πραγματοποιήθηκε σε πρώτη φάση η ανάλυση συν-εμφάνισης (co-occurrence) των λέξεων κλειδιών, στην θέση των οποίων πληκτρολογήθηκαν αρχικά τα ονόματα των χωρών που συνδέονται οι συγγραφείς. Ακολούθως, έλαβε χώρα η διερεύνηση των συνεργασιών μεταξύ των ερευνητών για την συγγραφή των δημοσιεύσεων και στο τέλος δόθηκε έμφαση αποκλειστικά στις λέξεις-κλειδιά της βιβλιογραφίας (Jan van Eck & Waltman, 2023). Επί της ουσίας, στα πλαίσια της εν λόγω έρευνας η ανάλυση διαχωρίζεται σε 3 σκέλη, τα οποία είναι: α) διεθνής συνεργασία μεταξύ των χωρών θεωρώντας ότι ο ελάχιστος αριθμός δημοσιεύσεων ισούται τουλάχιστον με 3, β) επιστημονική συνεργασία μεταξύ 2 ερευνητών για την συγγραφή βιβλιογραφίας (εφαρμόζοντας όμοιες ρυθμίσεις με το πρώτο σκέλος) και γ) συχνότητα της συν-

εμφάνισης των λέξεων-κλειδιών (στην προκειμένη περίπτωση καταχωρήθηκε το 4 ως τιμή του ελάχιστου αριθμού δημοσιεύσεων). Αξίζει να υπογραμμιστεί ότι ο περιορισμός στις 4 δημοσιεύσεις όσον αφορά το τρίτο σκέλος έγκειται στο γεγονός ότι συμπληρώνοντας την τιμή 3 δημιουργούνται το φαινόμενο της αλληλεπικάλυψης μεταξύ των κόμβων (nodes) το οποίο αλλοιώνει οπτικά την εικόνα του δικτύου. Εκτός των άλλων, στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα επιμέρους βιβλιομετρικά δίκτυα σε συνδυασμό με τους αντίστοιχους πίνακες που καταγράφονται ενδελεχώς τα αριθμητικά δεδομένα των παραμέτρων οι οποίες λήφθηκαν υπόψιν για την καθεμία ανάλυση.



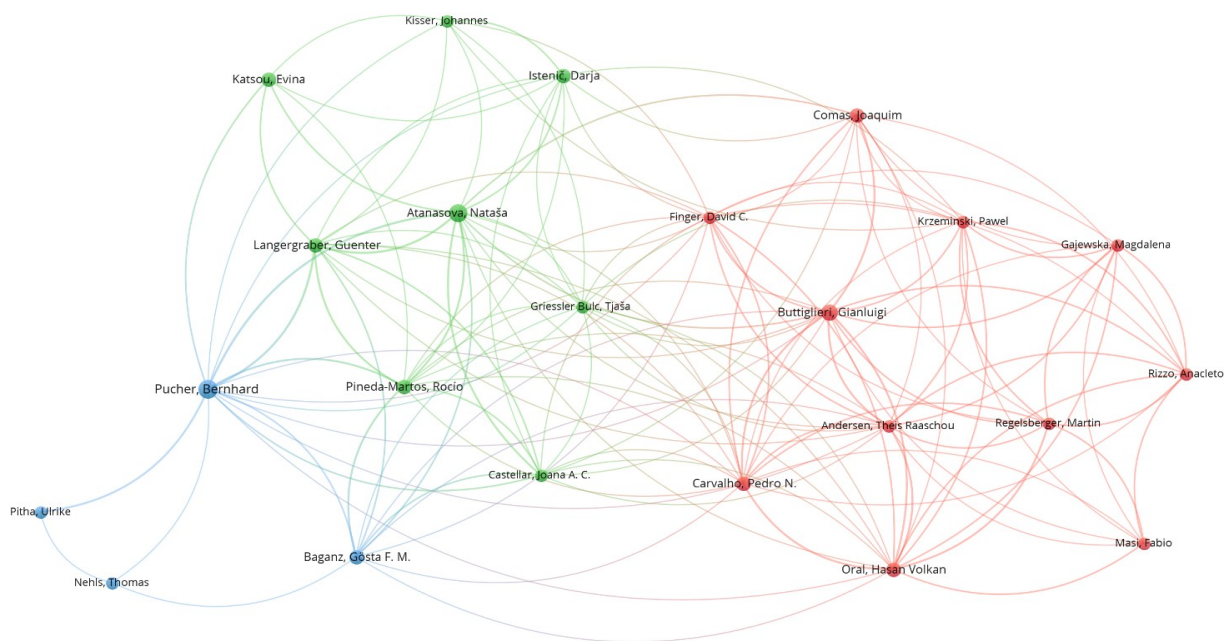
Εικόνα 12. Βιβλιομετρικό δίκτυο στο οποίο αναπαρίστανται οι σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφορετικών χωρών στις δημοσιεύσεις του τελικού δείγματος.

Στην **Εικόνα 12** απεικονίζεται το δίκτυο που προέκυψε από την πρώτη βιβλιομετρική ανάλυση που εκπονήθηκε και περιλαμβάνει συνολικά 321 συνδέσμους (links) και 32 χώρες οι οποίες συγκαταλέγονται σε 3 επιμέρους συστάδες (clusters) διαφορετικού χρώματος. Πιο συγκεκριμένα, στην κόκκινη συστάδα περιλαμβάνονται 12 χώρες, στη πράσινη 11 και στην μπλε 9. Παράλληλα, αξίζει να σημειωθεί ότι η συνολική ισχύς των συνδέσμων (total link strength), μέσω της οποίας υπολογίζεται αθροιστικά ο αριθμός των περιπτώσεων που οι επιμέρους λέξεις-κλειδιά (εν προκειμένω χώρες) συν-εμφανίζονται, αντιστοιχεί στην τιμή 765. Γενικότερα, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Ιταλία σε αυτήν την ανάλυση αποτελούν τις δύο χώρες με τους περισσότερους συνδέσμους (28) ενώ ακολουθεί η Σουηδία και η Ισπανία διαθέτοντας 27 συνδέσμους η καθεμία (**Πίνακα 5**).

Πίνακας 5. Παράμετροι που συνδέονται με το 1^ο σκέλος της βιβλιομετρικής ανάλυσης.

Country	Occurrences (Articles)	Links	Total Link Strength
Australia	6	7	10
Austria	17	24	98
Belgium	4	18	24
Bulgaria	3	21	34
Canada	7	7	12
China	9	8	16
Cyprus	3	16	16
Denmark	12	22	50
Finland	7	21	35
France	9	25	56
Germany	18	24	72
Greece	9	25	60
Hungary	3	21	28
Iceland	5	24	52
India	5	4	5
Ireland	3	4	5
Israel	3	16	29
Italy	32	28	100
Luxembourg	4	24	38
Netherlands	14	25	44
Norway	5	24	51
Poland	6	20	36
Portugal	14	24	55
Serbia	6	23	49
Slovenia	4	25	30
Slovakia	13	20	83
Spain	26	27	109
Sweden	9	27	46
Switzerland	8	25	68
Turkey	8	25	84
United Kingdom	24	28	69
United States	13	10	12

Σύμφωνα με δημοσίευση των Biswal et al. (2022), το Ηνωμένο Βασίλειο και η Ιταλία συμπεριλαμβάνονται στις χώρες του κόσμου με τον υψηλότερο αριθμό ερευνών που πραγματεύονται την χρήση των NBS για περιβαλλοντική αποκατάσταση. Ωστόσο, όσον αφορά την συνολική ισχύ των συνδέσμων η Ισπανία καταλαμβάνει την πρώτη θέση (109), ενώ ακολουθείται από την Ιταλία (100) και την Αυστρία (98). Αξίζει να σημειωθεί ότι από τις 32 χώρες που έχουν συμπεριληφθεί στην παρούσα ανάλυση, οι 24 βρίσκονται γεωγραφικά εντός της ευρωπαϊκής ηπείρου, οι 6 (συμπεριλαμβανομένης της Κύπρου) στην Ασία-Ωκεανία ή την Μέση Ανατολή, και οι 2 (Καναδάς-Η.Π.Α.) στην Β. Αμερική. Όσον αφορά την Ελλάδα, στο βιβλιομετρικό δίκτυο παρατηρείται συσχέτιση της με 25 χώρες ενώ διαφαίνεται ότι υπάρχει ισχυρή σύνδεση της με την Αυστρία (παρατηρείται συν-εμφάνιση σε 5 δημοσιεύσεις).



Εικόνα 13. Βιβλιομετρικό δίκτυο στο οποίο απεικονίζονται οι επιμέρους συνεργασίες μεταξύ των ερευνητών.

Λαμβάνοντας υπόψιν την επιστημονική συνεργασία μεταξύ των ερευνητών, μέσω της δεύτερης βιβλιομετρικής ανάλυσης επιδιώκεται η ανάδειξη των συγγραφέων με τις περισσότερες συνεργασίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αυτήν την ανάλυση η έννοια της συν-συγγραφής αναφέρεται επί της ουσίας στον αριθμό των περιπτώσεων που τα ονόματα 2 ερευνητών εμφανίζονται συγχρόνως σε μία δημοσίευση. Κατ' αυτόν τον τρόπο στην προκειμένη περίπτωση υπολογίζεται η συνολική ισχύς των συνδέσμων ενώ παράλληλα διερευνάται και ο αριθμός των δημοσιεύσεων ανά συγγραφέα. Στο βιβλιομετρικό δίκτυο (**Εικόνα 13**) περιλαμβάνονται αποκλειστικά ερευνητές που έχουν συγγράψει τουλάχιστον 3 δημοσιεύσεις. Ειδικότερα, απεικονίζονται 3 συστάδες, εκ των οποίων η κόκκινη περιλαμβάνει 11 συγγραφείς, η πράσινη 8 και η μπλε 4. Επιπλέον, το δίκτυο εμπεριέχει 131 συνδέσμους ενώ για την συνολική ισχύ τους αναγράφεται η τιμή 214. Όσον αφορά τον αριθμό συνεργασιών μεταξύ των συγγραφέων, η υψηλότερη επίδοση σημειώνεται για τον ερευνητή David C. Finger (18 σύνδεσμοι) ενώ ακολουθούν οι Buttiglieri και Pedro Carvalho με 17 συνδέσμους ο καθένας. Εντούτοις, ο Buttiglieri (31) κατατάσσεται πρώτος για την παράμετρο της συνολικής ισχύος των συνδέσμων ενώ ακολουθούν οι Oral (30) και Atanasova (30).

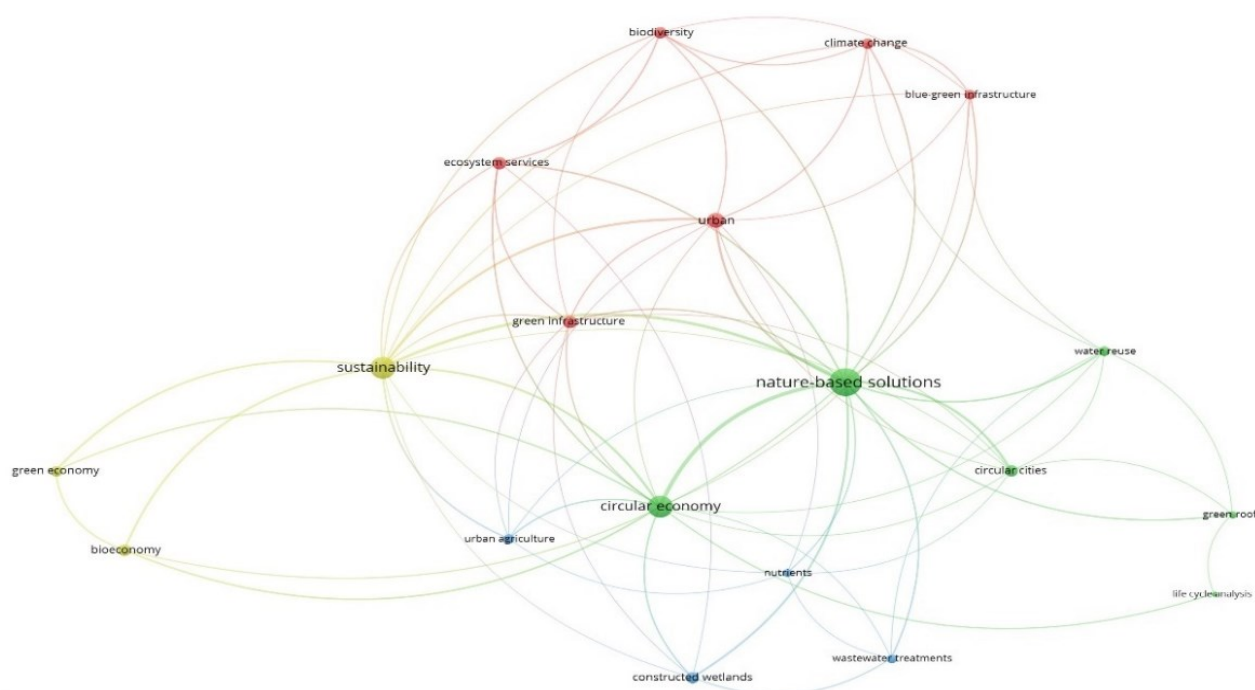
Πίνακας 6. Παράμετροι που συνδέονται με το 2^ο σκέλος της βιβλιομετρικής ανάλυσης.

Author	Country/ies of affiliation	Links	Total Link Strength	Documents
Andersen	Denmark	17	27	3
Atanasova	Slovenia	15	30	6
Baganz	Germany	12	18	4
Buttiglieri	Spain	17	31	5
Carvalho	Denmark	17	25	4
Castellar	Spain	13	19	3
Comas	Spain	12	16	4
Finger	Austria & Iceland	18	22	4
Gajewska	Poland	10	16	3
Griessler Bulc	Netherlands & Slovenia	14	14	3
Istemic	Slovenia	11	13	3
Katsou	United Kingdom	6	9	4
Kisser	Austria	8	9	3
Kzerminski	Norway	13	19	3
Langergraber	Austria	14	25	4
Masi	Italy	8	11	3
Nehls	Germany	3	3	3
Oral	Turkey	17	30	4
Pineda-Martos	Spain	13	22	4
Pitha	Austria	2	4	3
Pucher	Austria	16	29	7
Regelsberger	Austria	10	19	3
Rizzo	Italy	10	17	3

Τα αποτελέσματα της παραμέτρου αυτής υποδηλώνουν ότι αρκετές από τις διμερείς συνεργασίες που εμπλέκονται οι εν λόγω ερευνητές εμφανίζονται σε τουλάχιστον 2 δημοσιεύσεις του δείγματος. Γενικότερα, οι ερευνητές με τις υψηλότερες επιδόσεις ως προς την συνολική ισχύ των συνδέσμων χαρακτηρίζονται από περισσότερες επαναλαμβανόμενες συνεργασίες στο δείγμα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, συγκρίνοντας, για παράδειγμα, τους ερευνητές με τις υψηλότερες επιδόσεις για τις 2 παραμέτρους της ανάλυσης (αριθμός των συνδέσμων και συνολική ισχύς των συνδέσμων), διαπιστώνεται ότι ο David C. Finger συνεργάζεται με 18 ερευνητές στο δίκτυο και μόλις το 22% (ήτοι 4 από τις 18) επαναλαμβάνονται. Αξίζει να αναφερθεί ότι η Griessler Bulc έχει πραγματοποιήσει αποκλειστικά μη επαναλαμβανόμενες επιστημονικές συνεργασίες με 14 από τους 23 συγγραφείς στο βιβλιομετρικό δίκτυο. Αντίθετα, ο Buttiglieri συνδέεται με λιγότερους ερευνητές (17) του δικτύου, ωστόσο παρατηρείται ότι περισσότερο από το 50% των συνεργασιών (ήτοι 9 από τις 17) εμφανίζονται τουλάχιστον 2 φορές στο δείγμα. Στον **Πίνακα 6** παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα που αξιοποιήθηκαν για την διαμόρφωση του παραπάνω βιβλιομετρικού δικτύου, οι χώρες (όπως αναφέρονται στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία) με τις οποίες συνδέονται οι ερευνητές μέσω των αντίστοιχων ιδρυμάτων καθώς και τα συνολικά άρθρα του δείγματος που ο καθένας από αυτούς έχει συγγράψει. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης συνεργασιών αναφορικά με τον αριθμό των άρθρων, ο

Bernhard Pucher κατατάσσεται στην πρώτη θέση με 7 δημοσιεύσεις και ακολουθούν οι Atanasova (6 άρθρα) και Buttiglieri (5 άρθρα). Με βάση τα αποτελέσματα που αναγράφονται στον **Πίνακα 6** προκύπτει ότι κατά μέσο όρο ένας ερευνητής στο βιβλιομετρικό δίκτυο συνδέεται με 12 άτομα ή συν-συγγραφείς και συμμετέχει στη συγγραφή 4 δημοσιεύσεων που σχετίζονται με την κυκλικότητα και τα NBS.

Η τελευταία βιβλιομετρική ανάλυση, όπως προαναφέρθηκε, περιλαμβάνει την ανάλυση των επικρατέστερων λέξεων-κλειδιών των δημοσιεύσεων που συμπεριλήφθηκαν στο τελικό δείγμα (**Εικόνα 14**). Σε αυτήν την περίπτωση το βιβλιομετρικό δίκτυο που προέκυψε αποτελούνταν από 4 συστάδες και συνολικά 19 διαφορετικές λέξεις-κλειδιά. Ειδικότερα, αξίζει να σημειωθεί ότι ο διαχωρισμός σε συστάδες βάσει χρώματος διαμορφώθηκε ως εξής: κόκκινη συστάδα (6 λέξεις-κλειδιά), πράσινη συστάδα (6 λέξεις-κλειδιά), μπλε συστάδα (3 λέξεις-κλειδιά) και κίτρινη συστάδα (3 λέξεις-κλειδιά).



Εικόνα 14. Βιβλιομετρικό δίκτυο συχνότητας συν-εμφάνισης των λέξεων-κλειδιών.

Σύμφωνα με δημοσίευση των Atanasova et al. (2021) παρατηρείται ότι οι Λύσεις Βασισμένες στη Φύση συνδέονται με την Κυκλική Οικονομία στα πλαίσια των προκλήσεων κυκλικότητας που αναφέρονται για το αστικό περιβάλλον. Ειδικότερα, οι εν λόγω προκλήσεις περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την επεξεργασία, ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων και υδάτων, την παραγωγή βιομάζας, την ενεργειακή αποτελεσματικότητα και την ανάκτηση θρεπτικών συστατικών. Όσον αφορά την αρχή της επαναχρησιμοποίησης, οι εφαρμογές που προσφέρουν οι Λύσεις Βασισμένες στη Φύση παρέχουν την δυνατότητα επίλυσης θεμάτων διαχείρισης περιβαλλοντικών πόρων στους

αστικούς χώρους. Αξιοσημείωτο παράδειγμα εφαρμογής NBS που διασφαλίζεται η ανάκτηση των φυσικών πόρων αποτελούν οι πράσινοι τοίχοι μέσω των οποίων επιτυγχάνεται μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και πραγματοποιείται επεξεργασία των λυμάτων για μη πόσιμη χρήση του νερού (Atanasova et al., 2021). Εκτός των άλλων τα συστήματα αυτά υπηρετούν την Κυκλική Οικονομία μέσω της επαναχρησιμοποίησης υλικών όπως θρυμματισμένα πλακάκια ή ίνες υφάσματος στα πλαίσια του σχεδιασμού τους (Galvão et al., 2022). Παράλληλα, η λύση της αστικής γεωργίας, η οποία ενσωματώνει την παραγωγή βρώσιμων προϊόντων στις πόλεις περιορίζοντας τις ροές των αποβλήτων, συντελεί στην διατήρηση των θρεπτικών συστατικών μέσω της ανάκτησης θρεπτικών από τα λύματα και συμβάλλει στην ελάττωση των εκπομπών CO₂ που απαιτούνται για τις μεταφορές τροφίμων από τις αγροτικές περιοχές (Langergraber et al., 2020). Συνεπώς καθίσταται σαφές ότι τα συστήματα αστικής γεωργίας καθώς και οι πράσινοι τοίχοι συνεπικουρούν στην πραγμάτωση των στόχων που έχουν τεθεί στα πλαίσια της Κυκλικής Οικονομίας για μείωση της παραγωγής αποβλήτων και ανακύκλωση, η οποία επιτυγχάνεται μέσω της ανάκτησης θρεπτικών συστατικών. Αριθμητικά, ο όρος “nature-based-solutions” εμφανίζεται σε πάνω από 60 δημοσιεύσεις του τελικού δείγματος ενώ ακολουθούν η «Κυκλική Οικονομία» (circular economy) και η «βιωσιμότητα» (sustainability), οι οποίες αναφέρονται ως λέξεις-κλειδιά σε 37 και 25 άρθρα αντίστοιχα (Πίνακας 7).

Πίνακας 7. Παράμετροι που συνδέονται με το 3^ο σκέλος της βιβλιομετρικής ανάλυσης.

Keyword	Occurrences (Articles)	Links	Total Link Strength
biodiversity	5	7	14
bioeconomy	6	4	14
blue-green infrastructure	4	7	10
circular cities	8	8	14
circular economy	37	14	50
climate change	4	6	12
constructed wetlands	9	6	13
ecosystem services	11	6	15
green economy	5	3	11
green infrastructure	7	9	15
green roofs	4	4	6
life cycle analysis	4	2	3
nature-based solutions	61	16	79
nutrients	5	6	7
sustainability	25	14	49
urban	10	10	24
urban agriculture	7	6	10
wastewater treatments	4	5	8
water reuse	7	7	10

Εκτός των άλλων, ο όρος “nature-based solutions” συνδέεται με 16 από τις συνολικά 18 λέξεις-κλειδιά του δικτύου ενώ η δεύτερη θέση καταλαμβάνεται από την Κυκλική Οικονομία και την βιωσιμότητα, οι οποίες φέρουν 14 συνδέσμους η καθεμία. Επιπλέον, οι «Λύσεις Βασισμένες στην Φύση» (“nature-based solutions”) χαρακτηρίζονται από την υψηλότερη επίδοση ως προς την συνολική ισχύ των συνδέσμων (79) ενώ έπονται η «Κυκλική Οικονομία» (50) και η «βιωσιμότητα» (49). Επίσης, ορισμένες από τις λέξεις-κλειδιά που καταγράφονται στον **Πίνακα 7** αποτελούν παραδείγματα των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση («τεχνητοί υγρότοποι» ή “constructed wetlands”, «αστική γεωργία» ή “urban agriculture” καθώς και «πράσινες οροφές» ή “green roofs”). Αξίζει να επισημανθεί ότι με βάση το δίκτυο, ο όρος «Κυκλική Οικονομία» συνδέεται ισχυρότερα με την «βιωσιμότητα» και την «βιο-οικονομία» συγκριτικά με την «πράσινη οικονομία». Συγχρόνως παρατηρείται ότι η υψηλότερη τιμή της ισχύος των συνδέσμων για την «βιωσιμότητα» καταγράφεται με τις «Λύσεις Βασισμένες στη Φύση». Παράλληλα, όσον αφορά τα NBS, οι «τεχνητοί υγρότοποι» θεωρούνται η πρακτική με την υψηλότερη συνολική ισχύ συνδέσμων (13). Οι επιμέρους παράμετροι που λήφθηκαν υπόψιν για την διαμόρφωση του εν λόγω βιβλιομετρικού δικτύου παρατίθενται αναλυτικά παρακάτω (**βλ. Πίνακα 7**). Γενικότερα, οι τεχνητοί υγρότοποι θεωρούνται μία ιδιαιτέρως διερευνημένη τεχνολογία, η οποία προωθεί την μετάβαση στην Κυκλική Οικονομία μέσω της δυνητικής επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων για άρδευση σε αστικές περιοχές ενώ με την χρήση τους επιδιώκεται η βελτίωση της ποιότητας νερού και η αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης καθώς ένας κεντρικός στόχος των συστημάτων αυτών είναι η απομάκρυνση των ρύπων από τα όμβρια ύδατα (Stefanakis, 2019). Αξίζει να αναφερθεί ότι βάσει των αποτελεσμάτων μίας έρευνας στα πλαίσια της οποίας εφαρμόστηκε ένα υβριδικό σύστημα με τεχνητούς υγροτόπους σε ποτάμι που είχε υποστεί ρύπανση, επιτεύχθηκε απομάκρυνση των TSS (ολικά αιωρούμενων στερεών) κατά 86,0%, του ολικού N κατά 71,5% και του ολικού P κατά 66,7% αντίστοιχα (Krauze & Wagner, 2019). Γενικότερα, παρατηρώντας το παρακάτω δίκτυο διαφαίνεται ότι η Κυκλική Οικονομία (CE) και οι Λύσεις Βασισμένες στη φύση (NBS) χαρακτηρίζονται από την ισχυρότερη συσχέτιση συγκριτικά με τις υπόλοιπες λέξεις-κλειδιά του βιβλιογραφικού δείγματος καθώς συν-εμφανίζονται σε 19 από τις 120 δημοσιεύσεις του τελικού δείγματος.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όσον αφορά τα αποτελέσματα ανάλυσης των συσχετίσεων μεταξύ διαφορετικών χωρών, παρατηρείται επί της ουσίας ότι για τους τομείς της Κυκλικής Οικονομίας και των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση, έχουν πραγματοποιηθεί περισσότερες διεθνείς συνεργασίες σε ευρωπαϊκές χώρες συγκριτικά με τις υπόλοιπες χώρες. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι από το 2015 έως σήμερα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει ένα σχέδιο δράσης για την Κυκλική Οικονομία, το οποίο έχει συμβάλει στην επακόλουθη αύξηση της ερευνητικής δραστηριότητας στην Ευρώπη όπως υποστηρίζεται και από την έρευνα των D' Amato et al. (2017). Αξίζει να επισημανθεί ότι προτού εξαπλωθεί η πανδημία COVID-19, η Ευρωπαϊκή Ένωση είχε ανακοινώσει την Πράσινη Συμφωνία ("European Green Deal") που τέθηκε ως στόχος η απανθρακοποίηση της Ευρώπης έως το 2050 αναγνωρίζοντας παράλληλα την μετάβαση από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης σε συνδυασμό με την προώθηση αλλαγών στις πολιτικές της (Galanakis et al., 2022).

Ο όρος "NBS" επινοήθηκε αρχικά την δεκαετία 2000-2010 με σκοπό την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, ωστόσο η υλοποίηση αυτών των λύσεων στερούνταν πολιτικής υποστήριξης (Adem Esmail et al., 2022). Η διάδοση του σημαντικού ρόλου των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση για την βιώσιμη ανάπτυξη πραγματοποιήθηκε με την συνδρομή της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επί της ουσίας, όπως επισημαίνεται από τους Romero-Duque et al. (2020), ο όρος "NBS" προσδιορίστηκε εννοιολογικά από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2013 ενώ το επόμενο έτος αναδείχθηκαν σε έκθεση αυτής με τίτλο "In depth report: E-consultation on Nature-based Solutions" από μία ομάδα ειδικών στην οποία πραγματοποιήθηκε διαβούλευση με τα ενδιαφερόμενα μέρη (stakeholders). Πιο συγκεκριμένα, μεταξύ των απαιτήσεων που τέθηκαν στα πλαίσια της εν λόγω έκθεσης περιλαμβάνονταν η διασαφήνιση του όρου "NBS" (Davies et al., 2021).

Παράλληλα, όπως αναφέρεται από τους Davies et al. (2021), το 2015 δημοσιεύθηκε μία τελική έκθεση από την ίδια ομάδα ειδικών που έφερε τον τίτλο "Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-based Solutions & Re-Naturing Cities", η οποία θεωρείται πλέον ως ένα από τα σημαντικότερα έγγραφα που κατευθύνουν την ερευνητική δραστηριότητα αναφορικά με τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση. Επιπλέον, σε μία σχετικά πρόσφατη δημοσίευση των Atanasova et al. (2021) όπου επιδιώχθηκε η διαμόρφωση ενός προτεινόμενου πλαισίου ενσωμάτωσης των NBS στην κυκλικότητα διευκρινίζεται ότι δεν έχει προσδιοριστεί πλήρως η θέση των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση όσον αφορά την Κυκλική Οικονομία. Ωστόσο, εξαιτίας της απουσίας ενός κοινού κανονιστικού πλαισίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση για την επαναχρησιμοποίηση υδάτων (λ.χ. γκρι

νερού), επισημαίνεται ότι δύναται να περιοριστεί η εφαρμογή των λύσεων βασισμένων στη φύση (Nika et al., 2020).

Όπως υποστηρίζουν οι Katsou et al. (2020), στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης λαμβάνονται υπόψιν κριτήρια αναφορικά με την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων αποκλειστικά για την γεωργία δίχως ωστόσο να έχουν θεσπιστεί αντίστοιχοι κανονισμοί για τις αστικές περιοχές. Εντούτοις, όσον αφορά το αστικό περιβάλλον, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει διαμορφώσει ένα πρόγραμμα («Βιώσιμες πόλεις και κοινότητες»), το οποίο επικεντρώνεται στα διάφορα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή των NBS (Xie et al., 2022). Κατ' αυτόν τον τρόπο, διαπιστώνεται ότι η Ευρωπαϊκή έρευνα σε αυτά τα 2 ερευνητικά αντικείμενα θεωρείται σημαντικός παράγοντας για την ουσιαστική ενσωμάτωση των "NBS" στα πλαίσια της κυκλικότητας. Η επιτυχής αξιοποίηση των πράσινων τεχνολογιών συμβάλλει στην διευκόλυνση για τη μετάβαση προς μία Κυκλική Οικονομία ελαττώνοντας την παραγωγή αποβλήτων καθώς και την αλόγιστη χρήση φυσικών πόρων (Razzaghi Asl, 2022). Σημειωτέον ότι σε ορισμένες πόλεις, η πρακτική εφαρμογή των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση επιβάλλεται από την νομοθεσία για τους ιδιοκτήτες ακίνητης περιουσίας (λ.χ. Τορόντο) ενώ αντίστοιχα εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφέρεται ότι στο Άμστερνταμ η υλοποίηση των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση προωθείται μέσω κρατικών επιδοτήσεων (Sner et al., 2020).

Συν τοις άλλοις, αξίζει να σημειωθεί ότι ομοίως με τα αποτελέσματα της έρευνας των Romero-Perdomo et al. (2022), στην παρούσα εργασία η Ιταλία αποτελεί την χώρα με τον υψηλότερο αριθμό δημοσιεύσεων. Το αποτέλεσμα αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο γεγονός ότι σε διάφορες πόλεις της Ιταλίας έχουν αναπτυχθεί πρωτοβουλίες αναφορικά με τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση όπως ο χαρακτηρισμός ορισμένων πρώην βιομηχανικών περιοχών ως πράσινων στο Τορίνο. Επιπλέον, στην πόλη του Τορίνο έχει διοργανωθεί ένα ζωντανό εργαστήριο ("Productive Green Infrastructure for post-industrial urban regeneration") που αποσκοπεί στην βιώσιμη ανάπτυξη της πόλης και αυτό επιχειρείται μέσω χρηματοδότησης από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Giachino et al., 2022). Σύμφωνα με τους Ferla et al. (2020), η πόλη του Μιλάνου έχει ανακοινώσει ορισμένα σχέδια βιώσιμης και πράσινης ανάπτυξης στα οποία περιλαμβάνονται λύσεις όπως πράσινες οροφές ("green roofs") ή πράσινες προσόψεις ("green facades"). Μέσω των εν λόγω σχεδίων επιδιώκεται η διαμόρφωση 20 αστικών πάρκων σε συνδυασμό με την θέσπιση κανόνων για την προώθηση των "NBS" καθώς και η υλοποίηση ενός προγράμματος αστικής αναδάσωσης το οποίο εισήγαγε η πόλη το 2018 με στόχο την φύτευση 3 εκατ. δένδρων έως το 2030.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει αφοσιωθεί στην δυναμική προώθηση του ενδιαφέροντος όσον αφορά τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση ενώ παράλληλα η ενσωμάτωση τους με σκοπό την αντιμετώπιση κοινωνικών ζητημάτων καθώς και η

επίτευξη οικονομικής και περιβαλλοντικής ανάπτυξης υποστηρίζεται από πολίτες σε όλη την Ευρώπη (Faivre et al., 2017).

Όπως προαναφέρθηκε, η Ιταλία και η Ισπανία αποτελούν τις χώρες με τις υψηλότερες συχνότητες εμφάνισης στο δείγμα και αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοχή της Μεσογείου χαρακτηρίζεται από προκλήσεις διαθεσιμότητας και ποιότητας υδάτων που σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής απαιτούν βιώσιμες λύσεις (García-Herrero et al., 2022). Η νομοθεσία της Ισπανίας σχετικά με την επανάχρηση του νερού θεωρείται μοναδική στην Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς εμπεριέχει τις περισσότερες προσδιορισμένες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης των υδάτων (Estelrich et al., 2021). Πέραν αυτού, λαμβάνοντας υπόψη τις διεθνείς συνεργασίες μεταξύ των συγγραφέων στο δεύτερο σκέλος της βιβλιομετρικής ανάλυσης διαφαίνεται ότι εμπλέκονται σχεδόν εξ' ολοκλήρου ερευνητές οι οποίοι συνδέονται με ιδρύματα που εδρεύουν σε ανεπτυγμένα ευρωπαϊκά κράτη.

Δεδομένου ότι οι ανεπτυγμένες χώρες της Ευρώπης αξιοποιούν τα NBS (ενσωματώνοντας φυτικούς οργανισμούς) ως εργαλεία αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς χαρακτηρίζονται γενικά από υψηλά επίπεδα εκπομπών CO₂ ενώ διατρέχουν οικονομικούς και περιβαλλοντικούς κινδύνους λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Tyllianakis et al., 2022). Επίσης, όπως αναφέρουν οι Tyllianakis et al. (2022), στις χώρες όπου αυξάνεται συνεχώς η έκλυση CO₂ στην ατμόσφαιρα εντείνεται παράλληλα η αναγκαιότητα εφαρμογής των NBS. Κατ' αυτόν τον τρόπο στις εν λόγω χώρες κλιμακώνεται το ενδιαφέρον για προώθηση της έρευνας με σκοπό την αντιμετώπιση των προκλήσεων που υφίστανται.

Ανάμεσα στις ευρωπαϊκές πόλεις που έχει προωθηθεί η εκτενής ενσωμάτωση των NBS μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων στρατηγικών-πολιτικών περιλαμβάνεται και το Λονδίνο (Bayulken et al., 2021). Παράλληλα στην εν λόγω πόλη έχουν αναπτυχθεί πρωτοβουλίες με στόχο την ενίσχυση των συνεργασιών και της συμμετοχής των ομάδων ενδιαφερομένων σε θέματα που άπτονται της Κυκλικής Οικονομίας παρέχοντας συγχρόνως την δυνατότητα για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις να επωφεληθούν από τις δράσεις κυκλικότητας (Henry et al., 2020). Επομένως με βάση την βιβλιογραφία παρατηρείται ότι το Λονδίνο χαρακτηρίζεται από αξιοσημείωτη πρόοδο στα αντικείμενα της Κυκλικής Οικονομίας και των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση, γεγονός που διαφαίνεται και από τις πολυάριθμες διεθνείς συνεργασίες των ερευνητών οι οποίοι συνδέονται με το Ηνωμένο Βασίλειο (βλ. Πίνακα 5).

Εκτός των άλλων, επισημαίνεται στην βιβλιογραφία ότι αναμένεται αύξηση των ευρωπαϊκών επενδύσεων λόγω της επιτακτικής ανάγκης για βελτίωση των γνώσεων όσον αφορά τα NBS στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Davies et al., 2021). Επιπλέον, σε δημοσίευση των Romero-Perdomo et al. (2022) υπογραμμίζεται

ότι η Ευρώπη αποτελεί την ήπειρο που προηγείται παγκοσμίως στην έρευνα αναφορικά με τους όρους “climate change” και “circular economy”. Συνεπώς το πόρισμα της παραπάνω έρευνας επαληθεύει τα αποτελέσματα της ανάλυσης που σημειώθηκαν στο Κεφάλαιο 4 καθώς παρατηρείται ότι οι περισσότερες χώρες που βρίσκονται εκτός Ευρώπης χαρακτηρίζονται από χαμηλότερο αριθμό δημοσιεύσεων συγκριτικά με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο του δείγματος.

Σημειωτέον ότι, όσον αφορά τις επιδόσεις στο δεύτερο σκέλος της βιβλιομετρικής ανάλυσης και όπως παρατηρείται στον **Πίνακα 6**, οι υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε συγγραφείς που συνδέονται με την Αυστρία. Σύμφωνα με την έρευνα των Atanasova et al. (2021), στην Βιέννη έχει κατασκευαστεί ένα ξενοδοχείο (“Boutiquehotel Stadthalle”) το οποίο αποτελεί αξιόλογο παράδειγμα περιβαλλοντικής προστασίας και ενεργειακής αποδοτικότητας σε αστικό κέντρο καθώς εξοικονομούνται συνολικά 21 kg CO₂/δωμάτιο ενώ παράλληλα το 100% των οργανικών αποβλήτων που παράγονται στην ξενοδοχειακή μονάδα επαναχρησιμοποιούνται μέσω της κομποστοποίησης. Στο εν λόγω ξενοδοχείο έχουν ενσωματωθεί λύσεις Βασισμένες στη Φύση όπως πράσινοι τοίχοι (“green walls”) που καλύπτονται από κισσό ή πράσινες οροφές στις οποίες έχει φυτευτεί λεβάντα και ουσιαστικά μέσω των συστημάτων αυτών ενισχύεται η βιοποικιλότητα σε ζωικούς οργανισμούς (όπως μέλισσες) ενώ παρέχονται διάφορες οικοσυστημικές υπηρεσίες (Atanasova et al., 2021). Ένα ακόμη παράδειγμα που σχετίζεται με NBS το οποίο αναφέρεται στην βιβλιογραφία αποτελεί η εγκατάσταση «ζωντανών τοίχων» (“living walls”) εντός μίας ξενοδοχειακής μονάδας στην Ισπανία όπου επιδιώκεται η επεξεργασία 1 m³ γκρι νερού ενώ σύμφωνα με σχετική ανάλυση ποιότητας υδάτων, καταγράφηκαν υψηλά ποσοστά απομάκρυνσης μικρορύπων (Boano et al., 2020). Ως αποτέλεσμα διαπιστώνεται ότι τα “NBS” διαδραματίζουν κομβικό ρόλο στην αντιμετώπιση των διάφορων προκλήσεων της Κυκλικής Οικονομίας εντός του αστικού περιβάλλοντος καθώς παρέχουν τη δυνατότητα σχεδιασμού με γνώμονα την διαμόρφωση βιώσιμων και ανθεκτικών πόλεων (Duffaut et al., 2022).

Στα αποτελέσματα του τρίτου σκέλους της βιβλιομετρικής ανάλυσης παρατηρήθηκε ότι οι όροι «Κυκλική Οικονομία» και «Λύσεις Βασισμένες στη Φύση» θεωρούνται οι 2 πιο αλληλένδετες λέξεις-κλειδιά και τα σημεία συσχέτισης τους έχουν επισημανθεί σε δημοσιεύσεις του τελικού βιβλιογραφικού δείγματος. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι η κατασκευή των NBS συνήθως αποσκοπεί στην πραγματοποίηση μίας λειτουργίας τους δίχως να λαμβάνονται σημαντικά υπόψιν το ενεργειακό δυναμικό τους ή η «επωφελής συμβίωση» τους με διαφορετικά συστήματα (Langergraber et al., 2020). Επίσης, η μετάβαση σε συστήματα Κυκλικής Οικονομίας προϋποθέτει την βελτίωση των γνώσεων σχετικά με τις επιπτώσεις των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση (Katsou et al., 2020). Παράλληλα, όπως αναφέρεται από τους Nika et al. (2020), η Κυκλική Οικονομία αποβλέπει στην μείωση της πίεσης που ασκείται στο περιβάλλον λόγω κοινωνικών ή οικονομικών δραστηριοτήτων ενώ

οι Λύσεις Βασισμένες στη Φύση συμβάλλουν στην ενίσχυση του περιβαλλοντικού-οικολογικού χαρακτήρα των κοινωνιών και καλύπτουν τις ανθρώπινες ανάγκες για φυσικούς πόρους. Επί της ουσίας προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της κυκλικότητας απαιτείται η συνδυαστική λειτουργία των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση με ένα σύνολο συστημάτων. Παραδείγματος χάριν, για την κυκλική χρήση του νερού μέσω των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση προβλέπεται η εφαρμογή αυτών σε συνδυασμό με κατάλληλα συστήματα που αφορούν την συλλογή (λ.χ. υπόγειοι διάτρητοι σωλήνες), την αποθήκευση για μελλοντική επανάχρηση (λ.χ. δεξαμενές) και τη μεταφορά (λ.χ. δίκτυο σωληνώσεων) των υγρών αποβλήτων στην τοποθεσία επαναχρησιμοποίησης (Tsatsou et al., 2023).

Παράλληλα, μέσω των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση μπορεί να πραγματοποιηθεί η βελτίωση της ποιότητας των υδάτων εφαρμόζοντας τις σχετικές διεργασίες εξαγνισμού με στόχο την επίτευξη υψηλών επίπεδων ανάκτησης νερού και θρεπτικών (Tsatsou et al., 2023). Ειδικότερα, οι τεχνητοί υγρότοποι χαρακτηρίζονται ως η πιο κατάλληλη τεχνολογία για τον παραπάνω στόχο λόγω των φυσικών, βιοχημικών και χημικών διεργασιών μετατροπής ή/και απομάκρυνσης ρύπων (Stefanakis, 2019). Αξίζει να αναφερθεί ότι η εν λόγω τεχνολογία ενδέχεται να συμβάλει στην εισαγωγή ενός νέου επιχειρηματικού μοντέλου ανάπτυξης εφόσον έχει διαμορφωθεί το κατάλληλο πλαίσιο πολιτικής με βάση την Κυκλική Οικονομία (García-Herrero et al., 2022). Όπως αναφέρεται από τους Francocci et al. (2020) το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Ιταλίας στοχεύοντας στην βιώσιμη ανάπτυξη εξέδωσε επίσημη απόφαση στα πλαίσια της οποίας η ανάκτηση αγροτικής γης συνδέεται σημαντικά με την τεχνολογία φυτοεξυγίανσης μέσω της οποίας επιδιώκεται η αποκατάσταση ρυπασμένων περιοχών. Επιπρόσθετα, τονίζεται ότι στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης περιοχών, ο σχεδιασμός (ανάπτυξη) των “NBS” θα πρέπει να αποσκοπεί στην αναγνώριση της οικονομικής αξίας που προκύπτει μέσω της αποκατάστασης εδαφών και συμπεραίνεται ότι η Ιταλία χαρακτηρίζεται από σημαντικό ερευνητικό ενδιαφέρον αναφορικά με τον σχεδιασμό των “NBS” (Francocci et al., 2020).

Επιπλέον σύμφωνα με την έρευνα των Biswal et al. (2022), η Ιταλία συγκαταλέγεται στις 5 χώρες παγκοσμίως όπου πραγματοποιούνται οι πιο εντατικές έρευνες αναφορικά με τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση. Αντίστοιχα, στην Βαρκελώνη της Ισπανίας έχει συσταθεί ειδική διεύθυνση για την αστική οικολογία (urban ecology) που αποσκοπεί στην ανάπτυξη σχεδίου αντιμετώπισης όσον αφορά το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής ενώ αναφέρεται ότι στα πλαίσια αυτού, το πρασίνισμα της πόλης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο (Xie et al., 2022). Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 7, η συχνότερη εμφάνιση των τεχνητών υγροτόπων στο βιβλιογραφικό δείγμα συγκριτικά με τις πράσινες οροφές οφείλεται ενδεχομένως στο γεγονός ότι οι τελευταίες δεν θα πρέπει να προωθούνται ως βιώσιμες λύσεις για την αντιμετώπιση οικολογικών προβλημάτων στο αστικό περιβάλλον (Tams et al.,

2022). Επί της ουσίας, όπως υποστηρίζουν οι Tams et al. (2022) απαιτείται περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας των πράσινων οροφών προκειμένου να καταστούν περισσότερο παραγωγικές ως συστήματα επιτυγχάνοντας συγχρόνως χαμηλότερα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας ή φυσικών πόρων.

Εκτός των άλλων, ο όρος “urban” αποτελεί την 5^η κατά σειρά λέξη-κλειδί με τους περισσότερους συνδέσμους στο αντίστοιχο βιβλιομετρικό δίκτυο και το αποτέλεσμα αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στο γεγονός ότι στα πλαίσια της αστικής ανάπτυξης και αναβίωσης, τα “NBS” θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ήδη από τα πρώτα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού των πόλεων (Krauze & Wagner, 2019). Ειδικότερα όπως αναφέρουν οι Krauze & Wagner (2019), τα NBS διαδραματίζουν αποκαταστατικό ρόλο σε περιοχές ευρείας έκτασης, ο οποίος διαμορφώνεται μέσω της ανάπτυξης του περιβάλλοντος και της ενσωμάτωσης των υπηρεσιών που παρέχονται από αυτό σε πόλεις που χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα οικονομικών επενδύσεων.

Σημειωτέον ότι οι Λύσεις Βασισμένες στη Φύση ενισχύουν την συνεισφορά της Κυκλικής Οικονομίας όσον αφορά την προσαρμογή των κοινωνιών στο σύγχρονο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής καθώς ενσωματώνουν φυσικά οικοσυστήματα σε περιβάλλοντα όπως τα αστικά κέντρα υποστηρίζοντας κατ’ αυτόν τον τρόπο τους 3 πυλώνες βιωσιμότητας (Romero-Perdomo et al., 2022). Επομένως, παρατηρώντας την περιγραφή της κυκλικότητας στα πλαίσια της βιομηχανικής ανάπτυξης (βλ. Κεφάλαιο 2) διαπιστώνεται ότι ο ρόλος των NBS εναρμονίζεται με το κυκλικό μοντέλο παραγωγής γεγονός που καταδεικνύει την ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των όρων “circular economy” και “nature-based solutions” στο βιβλιομετρικό δίκτυο. Επιπλέον, η ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της Κυκλικής Οικονομίας και της βιωσιμότητας που παρατηρήθηκε στα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας οφείλεται στο γεγονός ότι στην ακαδημαϊκή κοινότητα η προσέγγιση της Κυκλικής Οικονομίας θεωρείται υψίστης σημασίας για την βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού περιβάλλοντος (Nesticò et al., 2022). Γενικότερα, σύμφωνα με τους Adem Esmail et al. (2022) οι Λύσεις Βασισμένες στη Φύση έχουν αναδειχθεί ως δυνητικά σημαντική συνιστώσα για τη μετάβαση σε βιώσιμες κοινωνίες και επομένως ο κοινός στόχος της αειφορίας που επισημαίνεται στην σχετική βιβλιογραφία καθιστά τους όρους “CE” και “NBS” ισχυρά αλληλένδετους.

Επί της ουσίας η Κυκλική Οικονομία ως σύστημα μπορεί να υποστηριχθεί από την εφαρμογή NBS όπως οι τεχνητοί υγρότοποι ενώ αντίστοιχα η κυκλική μετάβαση ευνοεί την ενσωμάτωση των NBS για την αντιμετώπιση οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών προκλήσεων. Παρ’ όλα αυτά, στο βιβλιογραφικό δείγμα διαφαίνεται ότι η συσχέτιση μεταξύ της Κυκλικής Οικονομίας και των NBS δεν έχει ακόμη πλαισιωθεί νομοθετικά και επομένως οι προσεγγίσεις στο συγκεκριμένο θέμα πραγματοποιούνται κυρίως σε ερευνητικό επίπεδο. Ειδικότερα, περιορίζεται η

υλοποίηση των NBS λόγω απουσίας νομοθεσίας με καθολική ισχύ για τις εν λόγω λύσεις και έλλειψης επαρκών χρηματοδοτήσεων μέσω των οποίων θα επιτευχθεί η συμμετοχή των ομάδων ενδιαφερομένων μερών (Katsou et al., 2020). Βάσει των αποτελεσμάτων μίας Ευρωπαϊκής έρευνας που έλαβε χώρα το 2015 είχε παρατηρηθεί ότι το 50% των ερωτώμενων θεωρούσαν την έλλειψη οικονομικών πόρων ως πρόβλημα για την εφαρμογή των NBS (Faivre et al., 2017). Επίσης, όπως αναφέρεται στην έρευνα των Carvalho et al. (2022), δεν έχουν πραγματοποιηθεί σε επαρκή βαθμό ολιστικές αξιολογήσεις επίδοσης των NBS για την αποτίμηση των οικονομικών ή λοιπών οφελών που παρέχουν.

Όσον αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση, προτείνεται η διαμόρφωση μίας συντονισμένης πολιτικής που θα ενεργοποιήσει τους μηχανισμούς για οικονομικά αποτελεσματική χρήση των NBS με σκοπό την διαμόρφωση βιώσιμων, ανταγωνιστικών και κυκλικών οικονομικών μοντέλων ανάπτυξης (Pearlmutter et al., 2020). Παράλληλα, σε έρευνα των Tsatsou et al. (2023) επισημαίνεται ότι η κοινωνική αποδοχή της χρήσης των NBS για επαναχρησιμοποίηση του νερού ή των υγρών αποβλήτων αποτελεί σημαντική πρόκληση που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη. Ως λύση για την παραπάνω πρόκληση έχει προταθεί σε έρευνα των Langergraber et al., 2020 η διαμόρφωση στρατηγικών που θα αποσκοπούν στην ενημέρωση των πολιτών μέσω έγκυρων πηγών πληροφόρησης προκειμένου να ενισχυθεί η κοινωνική συμμετοχή. Με βάση την βιβλιογραφία παρατηρείται ότι η συσχέτιση μεταξύ Κυκλικής Οικονομίας και NBS επικεντρώνεται κυρίως στην συνεισφορά των λύσεων αυτών σε θέματα επαναχρησιμοποίησης του νερού (Reuse) ή ανάκτησης των φυσικών πόρων (Recycle) δίχως ωστόσο να έχει προσδιοριστεί ο ρόλος τους στο σενάριο ενδεχόμενης υιοθέτησης του κυκλικού μοντέλου ανάπτυξης. Συνεπώς παρότι τα NBS θεωρούνται προσεγγίσεις οι οποίες διευκολύνουν την μετάβαση στην κυκλικότητα, δεν έχει καθοριστεί το καθεστώς και οι συνθήκες λειτουργίας τους υπό το πρίσμα της Κυκλικής Οικονομίας.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συγκεφαλαιώνοντας, στην παρούσα διπλωματική εργασία επιδιώχθηκε η παρουσίαση των σημαντικότερων σημείων μέσω των οποίων συνδέονται η Κυκλική Οικονομία και οι Λύσεις Βασισμένες στη Φύση σε συνδυασμό με την καταγραφή ορισμένων ερευνητικών και μεθοδολογικών κενών που επισημαίνονται στη βιβλιογραφία τα οποία χρήζουν μελλοντικής επιστημονικής διερεύνησης. Ειδικότερα ως κενό θα μπορούσε να θεωρηθεί το γεγονός ότι στην επιστημονική βιβλιογραφία που διερευνήθηκε δεν έχει διαμορφωθεί ένας κοινώς αποδεκτός ορισμός για τα NBS. Επιπλέον, οι επιμέρους ορισμοί των NBS που αναφέρονται στην βιβλιογραφία χαρακτηρίζονται από έλλειψη σαφήνειας καθώς δεν έχουν διευκρινιστεί επαρκώς τα κριτήρια που πρέπει να πληροί μία λύση προκειμένου να χαρακτηρίζεται ως “NBS”. Παράλληλα, όπως αναφέρουν Carvalho et al. (2022), σε αντίθεση με τις εφαρμογές

των NBS σε μικροκλίμακα (λ.χ. γειτονιά) όπου οι κάτοικοι επωφελούνται άμεσα, δεν έχουν καταδειχθεί τα οφέλη που παρέχονται από τις λύσεις αυτές στο επίπεδο της μακροκλίμακας (λ.χ. πόλη) και αυτό θεωρείται ένα σημείο που χρήζει περαιτέρω έρευνας. Εκτός των άλλων, δεν έχει προσδιοριστεί η διασυνδεσιμότητα (interconnectivity) των NBS που αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο οι λύσεις αυτές επιτυγχάνουν συνδυαστικά οφέλη σε διαφορετικούς τομείς (λ.χ. νερό και ενέργεια) μέσω της συμπληρωματικής εφαρμογής τους (Carvalho et al., 2022). Παράλληλα συνιστάται περαιτέρω επιστημονική έρευνα όσον αφορά τους μηχανισμούς με τους οποίους θα επιτευχθεί η ενσωμάτωση των NBS βάσει του κυκλικού μοντέλου ανάπτυξης σε νομοθετικά πλαίσια.

Στα πλαίσια της βιβλιομετρικής ανάλυσης επιδιώχθηκε η παρουσίαση των σημαντικότερων στοιχείων της διεθνούς βιβλιογραφίας όσον αφορά το θεωρητικό υπόβαθρο και τα πιο πρόσφατα επιστημονικά ευρήματα αναφορικά με τα εν λόγω αντικείμενα. Επιπλέον, παρουσιάστηκαν ορισμένες ερευνητικές προσεγγίσεις από την βιβλιογραφία που συσχετίζονταν είτε άμεσα είτε έμμεσα με την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία. Επί της ουσίας, με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας διαφαίνεται ότι ένα σημαντικό ποσοστό της επιστημονικής έρευνας αναφορικά με την Κυκλική Οικονομία και τις Λύσεις Βασισμένες στη Φύση πραγματοποιείται στην Ευρώπη, η οποία θεωρείται το επίκεντρο των εξελίξεων.

Γενικότερα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες όπου η διαμόρφωση περισσότερων πράσινων χώρων στο αστικό περιβάλλον αποτελεί επιτακτική ανάγκη. Εκτός των άλλων, βάσει των αποτελεσμάτων του τελικού δείγματος συμπεραίνεται ότι παρ' όλο που οι ερευνητές οι οποίοι συνδέονται με ακαδημαϊκά ιδρύματα της Ελλάδας έχουν συνεισφέρει σημαντικά στην εκπόνηση έρευνας, εντούτοις στην αριθμητική συμμετοχή καταγράφονται αρκετά λιγότεροι συγγραφείς συγκριτικά με τις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες. Συνεπώς, στην περίπτωση της Ελλάδας προτείνεται η περαιτέρω προώθηση της ερευνητικής δραστηριότητας καθώς και η σχετική ενημέρωση της κοινωνίας για τον σημαντικό ρόλο τόσο της Κυκλικής Οικονομίας στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων όσο και των πράσινων τεχνολογιών που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας.

Αξίζει να υπογραμμιστεί ότι οι Λύσεις Βασισμένες στη Φύση θα πρέπει να σχεδιάζονται και να εφαρμόζονται με γνώμονα τις τοπικές ανάγκες της κάθε περιοχής συμβάλλοντας σταδιακά στην μετάβαση από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης. Ανάμεσα στις τεχνολογίες που προαναφέρθηκαν, οι τεχνητοί υγρότοποι θεωρούνται οι πιο ενδεδειγμένες λύσεις για την απομάκρυνση ρύπων και την διαχείριση υδάτινων ροών. Επίσης, όπως προαναφέρθηκε η αξιολόγηση των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση (λ.χ. πράσινες οροφές) στα αστικά κέντρα θεωρείται

απαραίτητη διαδικασία προκειμένου να εκτιμηθεί ο βαθμός που αυτές συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων αειφορίας (Atanasova et al. 2021).

Γενικότερα, θα πρέπει να διαμορφωθούν οι αντίστοιχες προϋποθέσεις ή τα επιμέρους κριτήρια εφαρμογής των “NBS” στα πλαίσια της εκάστοτε νομοθεσίας. Όπως αναφέρουν οι D’Amato et al. (2017), προκειμένου να ενσωματωθούν οι στόχοι της βιωσιμότητας στη νομοθεσία η Κυκλική Οικονομία ενδείκνυται να συγκεραστεί με τις έννοιες της πράσινης οικονομίας και της βιο-οικονομίας. Σημειωτέον ότι η προώθηση της διεπιστημονικής συνεργασίας σε θέματα που άπτονται της Κυκλικής Οικονομίας και των NBS με γνώμονα τους 3 πυλώνες βιώσιμης ανάπτυξης θεωρείται καταλυτικής σημασίας προκειμένου να ακολουθηθεί μία ολιστική προσέγγιση για την επίλυση των επιμέρους προκλήσεων.

Επιπρόσθετα, συνιστάται η υιοθέτηση και εφαρμογή συστημάτων ή στρατηγικών κυκλικότητας (λ.χ. PSS) στις επιχειρήσεις προκειμένου να επιτευχθεί ο μετριασμός του φαινομένου της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Εν κατακλείδι, οι Λύσεις Βασισμένες στη Φύση συντελούν δυνητικά στην επίτευξη των στόχων της κυκλικότητας ωστόσο για την βέλτιστη ενσωμάτωση τους θα πρέπει να εκτιμώνται ολιστικά τα οφέλη και οι επιπτώσεις που απορρέουν από την εφαρμογή τους ενώ κρίνεται δόκιμο να πραγματοποιούνται διαβουλεύσεις με ενεργό συμμετοχή των ομάδων ενδιαφερομένων μερών.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adem Esmail, B., Cortinovis, C., Suleiman, L., Albert, C., Geneletti, D., & Mörtberg, U. (2022). Greening cities through urban planning: A literature review on the uptake of concepts and methods in Stockholm. In *Urban Forestry and Urban Greening* (Vol. 72). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127584>
- Atanasova, N., Castellar, J. A. C., Pineda-Martos, R., Nika, C. E., Katsou, E., Istenič, D., Pucher, B., Andreucci, M. B., & Langergraber, G. (2021). Nature-Based Solutions and Circularity in Cities. *Circular Economy and Sustainability*, 1(1), 319–332. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00024-1>
- Bayulken, B., Huisingh, D., & Fisher, P. M. J. (2021). How are nature based solutions helping in the greening of cities in the context of crises such as climate change and pandemics? A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125569>
- Biswal, B. K., Bolan, N., Zhu, Y. G., & Balasubramanian, R. (2022). Nature-based Systems (NbS) for mitigation of stormwater and air pollution in urban areas: A review. In *Resources, Conservation and Recycling* (Vol. 186). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106578>
- Boano, F., Caruso, A., Costamagna, E., Ridolfi, L., Fiore, S., Demichelis, F., Galvão, A., Pisoeiro, J., Rizzo, A., & Masi, F. (2020). A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits. In *Science of the Total Environment* (Vol. 711). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731>
- Bressanelli, G., Saccani, N., Pigosso, D. C. A., & Perona, M. (2020). Circular Economy in the WEEE industry: a systematic literature review and a research agenda. In *Sustainable Production and Consumption* (Vol. 23, pp. 174–188). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.05.007>
- Carvalho, P. N., Finger, D. C., Masi, F., Cipolletta, G., Oral, H. V., Tóth, A., Regelsberger, M., & Exposito, A. (2022). Nature-based solutions addressing the water-energy-food nexus: Review of theoretical concepts and urban case studies. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 338). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130652>
- Casey, L., Freeman, B., Francis, K., Brychkova, G., McKeown, P., Spillane, C., Bezrukov, A., Zaworotko, M., & Styles, D. (2022). Comparative environmental footprints of lettuce supplied by hydroponic controlled-environment agriculture and field-based supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 369. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133214>

- Chen, W., Liu, W., Geng, Y., Brown, M. T., Gao, C., & Wu, R. (2017). Recent progress on energy research: A bibliometric analysis. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 73, pp. 1051–1060). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.041>
- Dell’Ossel, N., Colares, G. S., de Oliveira, G. A., de Souza, M. P., Barbosa, C. V., & Machado, Ê. L. (2020). Bibliometric Analysis of Phosphorous Removal Through Constructed Wetlands. In *Water, Air, and Soil Pollution* (Vol. 231, Issue 3). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04513-1>
- Duffaut, C., Versini, P. A., & Frascaria-Lacoste, N. (2022). Are really Nature-Based Solutions sustainable solutions to design future cities in a context of global change? Discussion about the vulnerability of these new solutions and their probable unsustainable implementation. In *Science of the Total Environment* (Vol. 853). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158535>
- Estelrich, M., Vosse, J., Comas, J., Atanasova, N., Costa, J. C., Gattringer, H., & Buttiglieri, G. (2021). Feasibility of vertical ecosystem for sustainable water treatment and reuse in touristic resorts. *Journal of Environmental Management*, 294. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112968>
- Faivre, N., Fritz, M., Freitas, T., de Boissezon, B., & Vandewoestijne, S. (2017). Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environmental Research*, 159, 509–518. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.032>
- Ferla, G., Caputo, P., Colaninno, N., & Morello, E. (2020). Urban greenery management and energy planning: A GIS-based potential evaluation of pruning by-products for energy application for the city of Milan. *Renewable Energy*, 160, 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.06.105>
- Francocci, F., Trincardi, F., Barbanti, A., Zacchini, M., & Sprovieri, M. (2020). Linking Bioeconomy to Redevelopment in Contaminated Sites: Potentials and Enabling Factors. *Frontiers in Environmental Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00144>
- Galanakis, C. M., Brunori, G., Chiaramonti, D., Matthews, R., Panoutsou, C., & Fritsche, U. R. (2022). Bioeconomy and green recovery in a post-COVID-19 era. In *Science of the Total Environment* (Vol. 808). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152180>
- Galvão, A., Martins, D., Rodrigues, A., Manso, M., Ferreira, J., & Silva, C. M. (2022). Green walls with recycled filling media to treat greywater. *Science of the Total Environment*, 842. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156748>
- García-Herrero, L., Lavrić, S., Guerrieri, V., Toscano, A., Milani, M., Cirelli, G. L., & Vittuari, M. (2022). Cost-benefit of green infrastructures for water management: A sustainability assessment of full-scale constructed wetlands in Northern and

Southern Italy. *Ecological Engineering*, 185.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106797>

- Giachino, C., Bollani, L., Truant, E., & Bonadonna, A. (2022). Urban area and nature-based solution: Is this an attractive solution for Generation Z? *Land Use Policy*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105828>
- Hachoumi, I., Pucher, B., De Vito-Francesco, E., Prenner, F., Ertl, T., Langergraber, G., Fürhacker, M., & Allabashi, R. (2021). Impact of green roofs and vertical greenery systems on surface runoff quality. In *Water (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 19). MDPI. <https://doi.org/10.3390/w13192609>
- Henry, M., Bauwens, T., Hekkert, M., & Kirchherr, J. (2020). A typology of circular start-ups: Analysis of 128 circular business models. *Journal of Cleaner Production*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118528>
- Jan van Eck, N., & Waltman, L. (2023). *VOSviewer Manual*.
- Katsou, E., Nika, C. E., Buehler, D., Marić, B., Megyesi, B., Mino, E., Almenar, J. B., Bas, B., Bećirović, D., Bokal, S., Đolic, M., Elginöz, N., Kalnis, G., Mateo, M. C. G., Milousi, M., Mousavi, A., Rinčić, I., Rizzo, A., Rodriguez-Roda, I., ... Atanasova, N. (2020). Transformation tools enabling the implementation of nature-based solutions for creating a resourceful circular city. *Blue-Green Systems*, 2(1), 188–213. <https://doi.org/10.2166/bgs.2020.929>
- Krauze, K., & Wagner, I. (2019). From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions — Contextualizing nature-based solutions for sustainable city. In *Science of the Total Environment* (Vol. 655, pp. 697–706). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.187>
- Langergraber, G., Pucher, B., Simperler, L., Kisser, J., Katsou, E., Buehler, D., Mateo, M. C. G., & Atanasova, N. (2020). Implementing nature-based solutions for creating a resourceful circular city. *Blue-Green Systems*, 2(1), 173–185. <https://doi.org/10.2166/bgs.2020.933>
- MacArthur E. (2013). Towards the Circular Economy Vol. 1 Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Ellen MacArthur Foundation.
- Macarthur, E. (2015). Growth within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe. Ellen MacArthur Foundation.
- Nesticò, A., Passaro, R., Maselli, G., & Somma, P. (2022). Multi-criteria methods for the optimal localization of urban green areas. *Journal of Cleaner Production*, 374. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133690>
- Nika, C. E., Gusmaroli, L., Ghafourian, M., Atanasova, N., Buttiglieri, G., & Katsou, E. (2020). Nature-based solutions as enablers of circularity in water systems: A review on assessment methodologies, tools and indicators. In *Water Research* (Vol. 183). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115988>

- Nika, C. E., Vasilaki, V., Renfrew, D., Danishvar, M., Echchelh, A., & Katsou, E. (2022). Assessing circularity of multi-sectoral systems under the Water-Energy-Food-Ecosystems (WEFE) nexus. *Water Research*, 221. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118842>
- Oral, H. V., Carvalho, P., Gajewska, M., Ursino, N., Masi, F., van Hullebusch, E. D., Kazak, J. K., Exposito, A., Cipolletta, G., Andersen, T. R., Finger, D. C., Simperler, L., Regelsberger, M., Rous, V., Radinja, M., Buttiglieri, G., Krzeminski, P., Rizzo, A., Dehghanian, K., ... Zimmermann, M. (2020). A review of nature-based solutions for urban water management in European circular cities: A critical assessment based on case studies and literature. In *Blue-Green Systems* (Vol. 2, Issue 1, pp. 112–136). IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/bgs.2020.932>
- Pagoropoulos, A., Pigosso, D. C. A., & McAloone, T. C. (2017). The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review. *Procedia CIRP*, 64, 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.047>
- Pearlmutter, D., Theochari, D., Nehls, T., Pinho, P., Piro, P., Korolova, A., Papaefthimiou, S., Mateo, M. C. G., Calheiros, C., Zluwa, I., Pitha, U., Schosseler, P., Florentin, Y., Ouannou, S., Gal, E., Aicher, A., Arnold, K., Igondová, E., & Pucher, B. (2020). Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: Green building materials, systems and sites. *Blue-Green Systems*, 2(1), 46–72. <https://doi.org/10.2166/bgs.2019.928>
- Reuter, M. A. (2016). Digitalizing the Circular Economy: Circular Economy Engineering Defined by the Metallurgical Internet of Things. *Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science*, 47(6), 3194–3220. <https://doi.org/10.1007/s11663-016-0735-5>
- Romero-Perdomo, F., Carvajalino-Umaña, J. D., Moreno-Gallego, J. L., Ardila, N., & González-Curbelo, M. Á. (2022). Research Trends on Climate Change and Circular Economy from a Knowledge Mapping Perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/su14010521>
- Saavedra, Y. M. B., Iritani, D. R., Pavan, A. L. R., & Ometto, A. R. (2018). Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 170, pp. 1514–1522). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.260>
- Shashi, Centobelli, P., Cerchione, R., & Ertz, M. (2020). Managing supply chain resilience to pursue business and environmental strategies. *Business Strategy and the Environment*, 29(3), 1215–1246. <https://doi.org/10.1002/bse.2428>
- Snep, R. P. H., Voeten, J. G. W. F., Mol, G., & Van Hattum, T. (2020). Nature Based Solutions for Urban Resilience: A Distinction Between No-Tech, Low-Tech and High-Tech Solutions. *Frontiers in Environmental Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.599060>

- Stefanakis, A. I. (2019). The Role of Constructed Wetlands as Green Infrastructure for Sustainable Urban Water Management. *Sustainability (Switzerland)*, 11(24). <https://doi.org/10.3390/su11246981>
- Tams, L., Nehls, T., & Calheiros, C. S. C. (2022). Rethinking green roofs- natural and recycled materials improve their carbon footprint. *Building and Environment*, 219. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109122>
- Tsatsou, A., Frantzeskaki, N., & Malamis, S. (2023). Nature-based solutions for circular urban water systems: A scoping literature review and a proposal for urban design and planning. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 394). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136325>
- Tyllianakis, E., Martin-Ortega, J., & Banwart, S. A. (2022). An approach to assess the world's potential for disaster risk reduction through nature-based solutions. *Environmental Science and Policy*, 136, 599–608. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.07.021>
- Xie, L., Bulkeley, H., & Tozer, L. (2022). Mainstreaming sustainable innovation: unlocking the potential of nature-based solutions for climate change and biodiversity. *Environmental Science and Policy*, 132, 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.02.017>
- Zhong, L., Ding, J., Wu, T., Zhao, Y. lin, Pang, J. W., Jiang, J. P., Jiang, J. Q., Li, Y., Ren, N. Q., & Yang, S. S. (2023). Bibliometric overview of research progress, challenges, and prospects of rural domestic sewage: Treatment techniques, resource recovery, and ecological risk. In *Journal of Water Process Engineering* (Vol. 51). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.103389>

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1: Πίνακες παραμέτρων του βιβλιογραφικού δείγματος

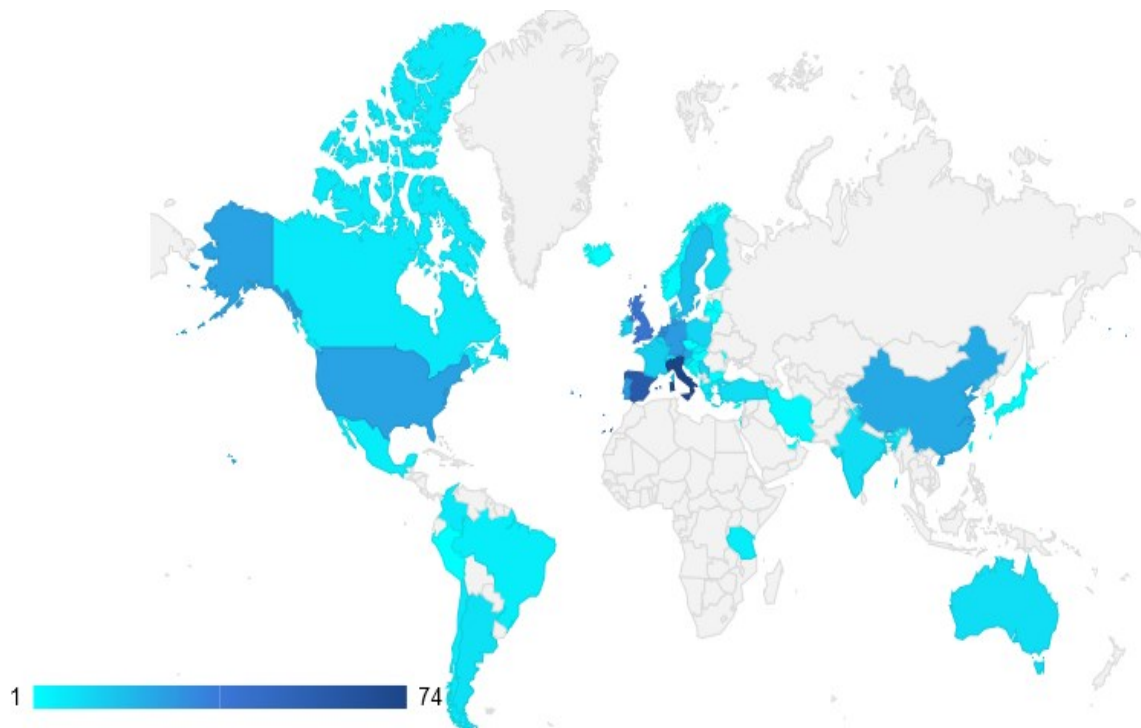
University Name	Affiliations
University of Girona	23
Aarhus University	20
University of Natural Resources and Life Sciences (Vienna)	19
University of Ljubljana	19
Brunel University London	12
University of Novi Sad	11
University of Lisbon	9
KTH Royal Institute of Technology	7
Utrecht University	7
Sapienza University of Rome	6
Zurich University of Applied Science	6
Wageningen University	6
Technical University of Berlin	6
Polytechnical University of Catalonia	6
University of Barcelona	6
University of Seville	5
Reykjavik University	5
Istanbul Aydin University	5
University of Negev	5
University of Bologna	5
UNSW Sydney	5
National Technical University of Athens	5
Autonomous University of Barcelona	5
University of Helsinki	5
Aachen University	4
Technical University of Crete	4
University of Porto	4
Johannes Kepler University	4
Michigan State University	4
Polytechnical Institute of Coimbra	4
University of Turin	4
Swiss Federal Institute of Technology Lausanne	4
Polytechnic University of Milan	4

Αριθμός των συνδέσεων (affiliations) ανά Πανεπιστήμιο στο βιβλιογραφικό δείγμα

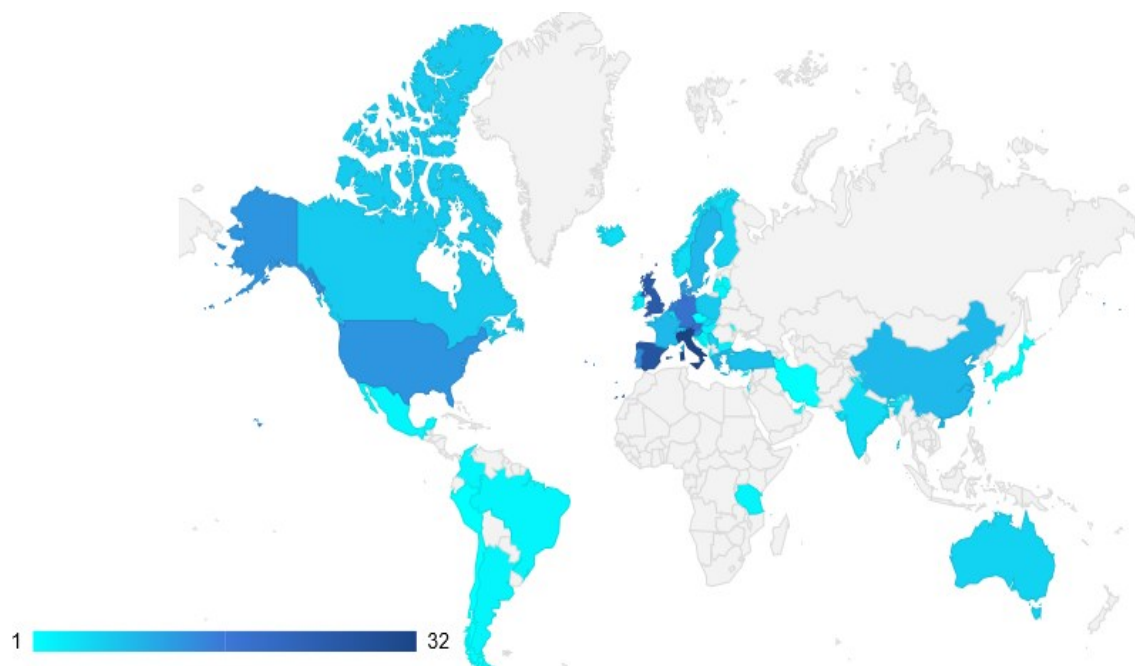
Country	Articles	Authors
Albania	1	2
Argentina	2	9
Austria	19	26
Australia	6	10
Belgium	4	9
Bosnia and Herzegovina	2	3
Brazil	2	6
Bulgaria	3	2
Canada	7	7
Chile	1	7
China	9	24
Colombia	2	7
Colombia	1	1
Cyprus	3	2
Czech Republic	1	1
Denmark	12	15
Finland	6	10
France	9	14
Germany	18	28
Greece	9	7
Hungary	3	2
Iceland	5	1
India	5	10
Iran	1	3
Ireland	3	14
Israel	2	4
Italy	32	74
Japan	1	1
Latvia	2	1
Lithuania	2	2
Luxembourg	4	6
Malta	1	1
Mexico	2	6
Moldova	1	1
Norway	5	3
Peru	1	1
Poland	7	12
Portugal	14	27
Serbia	6	12
Singapore	1	2
Slovenia	13	11
Slovakia	5	5
South Korea	2	2
Spain	27	58
Sweden	9	18
Switzerland	7	8
Taiwan	2	2
Tanzania	2	6
Netherlands	15	31
Turkey	8	10
United Arab Emirates	1	2
United Kingdom	25	40
United States	13	26

Αριθμός άρθρων και συγγραφέων ανά χώρα στο βιβλιογραφικό δείγμα

Παράρτημα 2: Παγκόσμιοι χάρτες από τις αναλύσεις στο Google Sheets

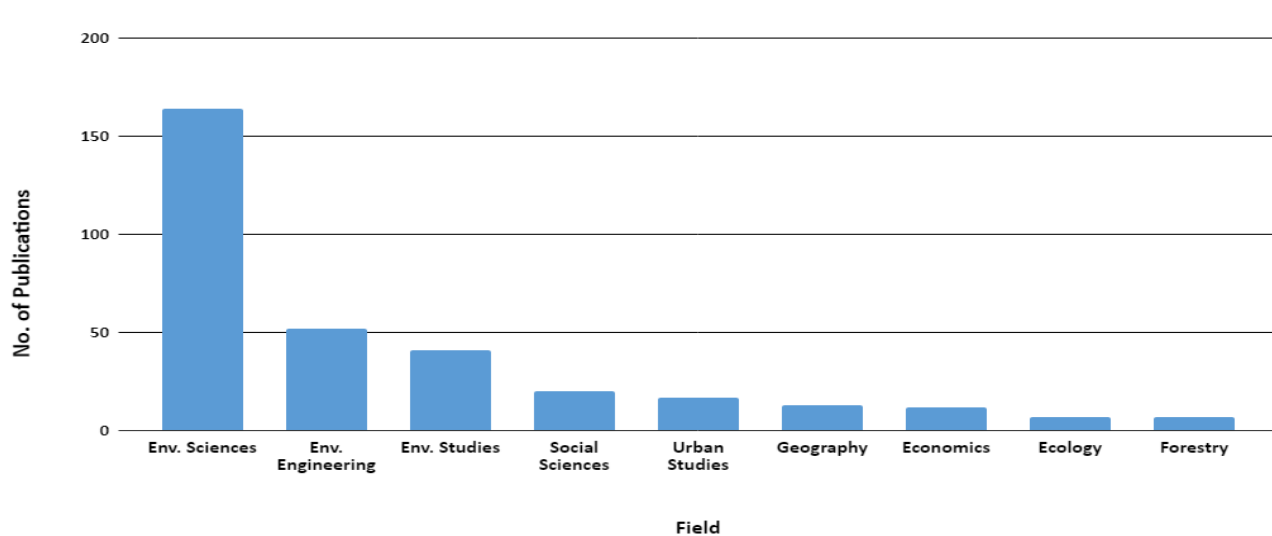


Παγκόσμιος χάρτης στον οποίο απεικονίζεται το εύρος του αριθμού των συγγραφέων ($0 \leq \text{Authors} \leq 74$)

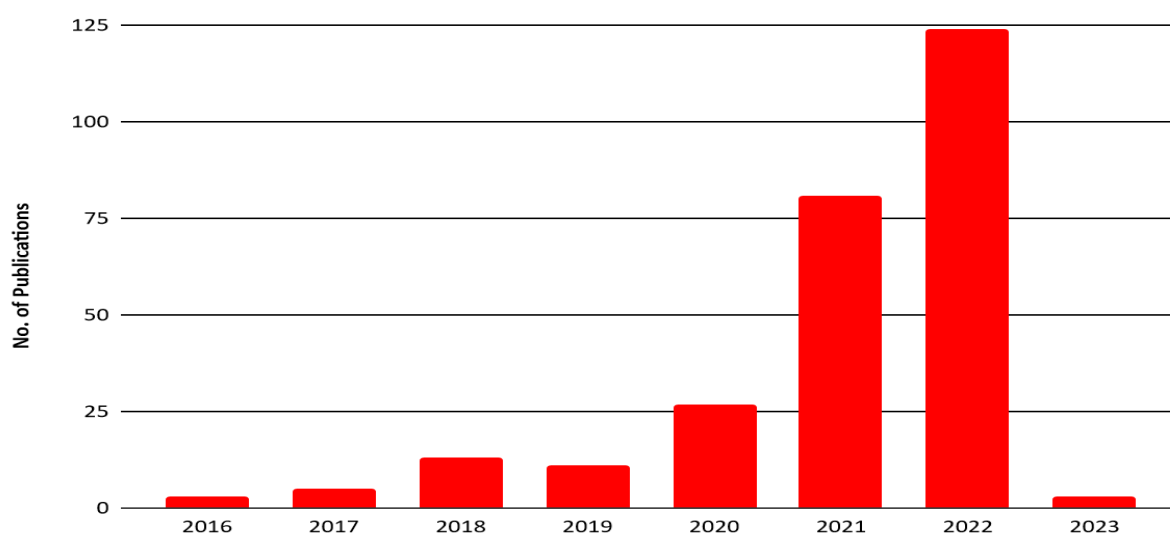


Παγκόσμιος χάρτης στον οποίο απεικονίζεται το εύρος του αριθμού των επιστημονικών δημοσιεύσεων ($0 \leq \text{Articles} \leq 32$)

Παράρτημα 3: Γραφήματα από την ανάλυση του αρχικού δείγματος



Γράφημα που απεικονίζεται ο αριθμός των δημοσιεύσεων του αρχικού δείγματος (n=267) ανά ερευνητικό αντικείμενο.



Γράφημα που απεικονίζεται ο ετήσιος αριθμός των δημοσιεύσεων του αρχικού δείγματος (n=267) που συσχετίζονται με την Κυκλική Οικονομία και τα NBS.