

# Προτάσεις χωρικού και αρχιτεκτονικού σχεδιασμού για τη βιώσιμη ένταξη των έργων ανανεώσιμης ενέργειας στο ελληνικό τοπίο

**Ρωμανός Ιωαννίδης<sup>1</sup>, Νικόλαος Μαμάσης<sup>2</sup>, Κωνσταντίνος Μωραΐτης<sup>3</sup> και Δημήτρης Κουτσογιάννης<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Μεταδιδακτορικός Ερευνητής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

<sup>2</sup>Καθηγητής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

<sup>3</sup>Ομότιμος Καθηγητής, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΕΜΠ

## Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες τα έργα υποδομής επεκτείνονται όλο και περισσότερο προς τις ορεινές και τις νησιωτικές περιοχές, με χαρακτηριστικό το παράδειγμα των έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Η επέκταση αυτή προκαλεί κοινωνικές αντιδράσεις, οι οποίες, μεταξύ άλλων, αποδίδονται και στις επιπτώσεις των έργων αυτών στο τοπίο. Στην παρούσα εργασία, προτείνονται βελτιώσεις στον χωρικό και αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των έργων ΑΠΕ με στόχο (i) την απομείωση των επιπτώσεων τους στα φυσικά και τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των ελληνικών τοπίων και (ii) τη μείωση των σχετικών κοινωνικών εντάσεων αλλά και των επακόλουθων αναπτυξιακών δυσκολιών.

Ένας βασικός περιορισμός που δυσχεραίνει μέχρι στιγμής την πρόοδο στον τομέα της ένταξης των έργων στο τοπίο είναι η ελλιπής επιστημονική αξιολόγηση των επιπτώσεων των διαφορετικών τύπων τους. Η έλλειψη αυτή δημιουργεί αβεβαιότητα τόσο ως προς τις μεθόδους που πρέπει να εφαρμοστούν για την μετρίαση των επιπτώσεων όσο και ως προς το κατά πόσο οι αντιδράσεις των τοπικών κοινωνιών είναι δικαιολογημένες. Αναγνωρίζοντας αυτό το πρόβλημα, το πρώτο βήμα της εργασίας είναι η κατάταξη των τριών βασικών τύπων έργων ΑΠΕ που συναντώνται στην Ελλάδα ως προς τις τοπικές τους επιπτώσεις. Για το σκοπό αυτό, αναλύεται η διεθνής βιβλιογραφία καθώς και βάσεις δεδομένων από υλοποιημένα έργα, δίνοντας έμφαση σε τρεις παραμέτρους των έργων: την χρήση γης, την οπτική επιρροή και την κοινή γνώμη για τις επιπτώσεις τους.

Με βάση τα συμπεράσματα της αρχικής θεωρητικής ανάλυσης διαμορφώνονται δυο διαφορετικές μεθοδολογίες μετρίασης των επιπτώσεων των έργων. Η πρώτη αφορά τα έργα για τα οποία αναγνωρίστηκε ως σημαντική η παράμετρος της οπτικής όχλησης, δηλαδή κυρίως τα αιολικά αλλά και τα φωτοβολταϊκά έργα. Σε αυτά τα έργα δίνεται έμφαση στον χωρικό σχεδιασμό για την μείωση της ορατότητάς τους από περιοχές υψηλής τοπιακής αξίας, μέσω της αξιοποίησης μιας νέας μεθόδου αντίστροφης ανάλυσης ορατότητας. Για τα υδροηλεκτρικά έργα, τα οποία και επιδέχονται αρχιτεκτονική επεξεργασία, προτείνεται η εφαρμογή αρχιτεκτονικών μελετών, η οποία με βάση τη διεθνή εμπειρία βελτιώνει το τοπιακό αποτύπωμα τους, χωρίς να έχει απαραίτητα υψηλές τεχνικές και οικονομικές απαιτήσεις.

Αναφορά της εργασίας:

*Ελληνικά:*

Ιωαννίδης, Ρ., Μαμάσης, Ν., Μωραΐτης, Κ., Κουτσογιάννης, Δ., Προτάσεις χωρικού και αρχιτεκτονικού σχεδιασμού για τη βιώσιμη ένταξη των έργων ανανεώσιμης ενέργειας στο ελληνικό τοπίο. *Πρακτικά 10ου συνεδρίου του ΜΕ.Κ.Δ.Ε - Ε.Μ.Π «Έρευνα και δράσεις για την αναγέννηση των ορεινών και απομονωμένων περιοχών»*, 332–343., ΜΕ.Κ.Δ.Ε - Ε.Μ.Π: Μέτσοβο, 2022.

*Αγγλικά:*

Ioannidis, R.; Mamassis, N.; Moraitis, K.; Koutsoyiannis, D.; Proposals of spatial planning and architectural design for the sustainable integration of renewable energy works in the Greek landscape [Προτάσεις χωρικού και αρχιτεκτονικού σχεδιασμού για τη βιώσιμη ένταξη των έργων ανανεώσιμης ενέργειας στο ελληνικό τοπίο]. *In the Proceedings of the 10th Conference of MIRC - NTUA "Research and actions for the regeneration of mountainous and isolated areas"*; 332–343.; MIRC NTUA: Metsovo; 2022.

## 1 Εισαγωγή: Το πρόβλημα της ένταξης των έργων ΑΠΕ στο τοπίο

Η ομαλή ένταξη των έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στο τοπίο, συνεχίζει να αποτελεί μια σημαντική πρόκληση. Μέχρι σήμερα, η εμπειρία από την ανάπτυξη των έργων ΑΠΕ καταδεικνύει ότι η αδιαφορία για τις επιπτώσεις των έργων στα φυσικά και πολιτισμικά χαρακτηριστικά των τοπίων και η περιθωριοποίηση των κοινοτήτων που επηρεάζονται από αυτές τις επιπτώσεις, μπορεί να οδηγήσει σε έναν φαύλο κύκλο δημόσιας αναταραχής και αναπτυξιακής αβεβαιότητας.

Φυσικά, οι αντιδράσεις απέναντι στα έργα δεν αποδίδονται μόνο στην επίπτωση τους στο τοπίο. Με βάση όμως τη διεθνή βιβλιογραφία οι επιπτώσεις αυτές αποτελούν συνήθως το βασικό ή ένα από τα βασικά κίνητρα των αντιδράσεων. Αρκετές φορές βέβαια αυτό δεν αποτυπώνεται στην πράξη αφού, όπως αναφέρεται, στις σχετικές δικαστικές διαμάχες η αναφορά στην επίπτωση στο τοπίο συνήθως δεν προτιμάται καθώς αναζητούνται πιο ποσοτικοί δείκτες για τα νομικά επιχειρήματα (Lee, 2017), όπως οι πιο μετρήσιμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των έργων. Στην Ελλάδα βέβαια, εντοπίζονται ήδη και αρκετές περιπτώσεις στις οποίες το τοπίο εμφανίζεται και αυτό στις σχετικές δικογραφίες (Συμβούλιο της Επικρατείας, 2015, 2013α, 2013β, 2012α, 2012β, 2011).

Ενδεικτικά, παρουσιάζονται αρχικά κάποιες από τις περιπτώσεις Αιολικών έργων στην Ελλάδα, σε διάφορα στάδια εξέλιξης, για οποία εντοπίζονταν αντιδράσεις διαφόρων τύπων κατά την περίοδο 2017 και 2018 (Πίνακας 1) από τις τοπικές κοινωνίες. Βέβαια, η αντίδραση έναντι στα έργα ΑΠΕ με επιχειρήματα τις επιπτώσεις τους στο τοπίο δεν αφορά μόνο την Ελλάδα αλλά είναι ένα διεθνές φαινόμενο. Σχετικά προβλήματα έχουν παρουσιαστεί, για παράδειγμα, τις τελευταίες δεκαετίες στην Ευρώπη, σε χώρες όπως η Ολλανδία, η Σκωτία και πολλές άλλες (Pasqualetti, 2011; Wolsink, 2000). Αντίστοιχα, στις ΗΠΑ, οι νομικές αγωγές με επιχειρήματα σχετικά με το τοπίο είναι συνηθισμένες, τόσο κατά των αιολικών όσο και, σε μικρότερο βαθμό, κατά τον φωτοβολταϊκών έργων (Brown and Escobar, 2007; Lewis, 2014).

**Πίνακας 1.** Παραδείγματα αιολικών έργων έναντι στα οποία εμφανίζονταν αντιδράσεις κατά την περίοδο 2017 and 2018\*.

| Τοποθεσία                      | Ισχύς (MW) | Αριθμός ανεμογεννητριών | Τύπος αντίδρασης                              |
|--------------------------------|------------|-------------------------|---|
| Πάρος, Νάξος, Τήνος και Άνδρος | 218.5      | 95                      | Νομικές ενέργειες από την τοπική αυτοδιοίκηση |
| Σαμοθράκη                      | 110.7      | 39                      | Ψηφίσματα από ομάδες πολιτών και συλλόγους    |
| Βέρμιο                         | 465        | 174                     | Αρνητική απόφαση από την τοπική αυτοδιοίκηση  |
| Άγραφα                         | 86         | 40                      | Νομικές ενέργειες από πολίτες                 |
| Σητεία                         | 81         | 27                      | Αρνητική απόφαση από την τοπική αυτοδιοίκηση  |

|            |       |    |   |
|------------|-------|----|---|
| Κάρυστος   | 167.9 | 73 | Νομικές ενέργειες από την τοπική αυτοδιοίκηση |
| Μάνη       | 103.2 | 48 | Νομικές ενέργειες από πολίτες και συλλόγους   |
| Μονεμβασιά | 5.4   | 5  | Νομικές ενέργειες από την τοπική αυτοδιοίκηση |

\*Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από ειδησεογραφικά άρθρα σε εθνικά μέσα μαζικής ενημέρωσης.

Οι διαμάχες για την ένταξη των έργων υποδομής στο τοπίο φυσικά έχουν φυσικά και οικονομικές και αναπτυξιακές επιπτώσεις. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα, η συνολική προβλεπόμενη εγκατεστημένη ισχύς των έργων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 αθροίζει σε 1237.7 MW, ποσό το οποίο αντιστοιχούσε εκείνη την περίοδο περίπου στη μισή συνολική εγκατεστημένη ισχύ της χώρας, σε αιολικά έργα. Για τα αντίστοιχα φαινόμενα στις ΗΠΑ, σε μελέτη του Εμπορικού Επιμελητηρίου το 2010, υπολογίστηκε ότι η οικονομία των ΗΠΑ στερήθηκε βραχυπρόθεσμη οικονομική ανάπτυξη 1,1 τρισεκατομμυρίων δολαρίων, συναθροίζοντας βέβαια τις αντιδράσεις για έργα όλα τα έργα ενέργειας (το 45% από αυτά ήταν έργα ΑΠΕ) και χωρίς να διαχωρίζεται τι ποσοστό αντιστοιχούσε σε ζητήματα τοπίου (Pociask and Fuhr Jr, 2011).

Ωστόσο, οι προκλήσεις της ένταξης των έργων υποδομής στο τοπίο δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζονται αποκλειστικά υπό το πρίσμα των οικονομικών και αναπτυξιακών τους επιπτώσεων. Αντιθέτως είναι εμφανές ότι τα έργα ΑΠΕ προκαλούν και θα συνεχίσουν να προκαλούν σημαντικές και εκτεταμένες αλλαγές στα τοπία. Είναι η πρώτη φορά στην ανθρώπινη ιστορία που η παραγωγή ενέργειας έχει τόσο υψηλές απαιτήσεις σε χρήση γης (Apostol et al., 2016; Trainor et al., 2016) και που τα απαιτούμενα έργα δημιουργούν τόσο εκτενείς οπτικές επιπτώσεις (Möller, 2010; Scottish Natural Heritage [SNH], 2014). Η κλίμακα των οπτικών και κατ' επέκταση τοπιακών επιπτώσεων των έργων ΑΠΕ, αναδεικνύεται από τους υπολογισμούς των λεγόμενων Ζωνών Θεωρητικής Ορατότητας (ΖΘΟ), οι οποίοι αφορούν κυρίως τα έργα αιολικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα από μεγάλης κλίμακας αναλύσεις ΖΘΟ από τη διεθνή βιβλιογραφία, έδειξαν ότι ανεμογεννήτριες ήταν πλέον ορατές από περίπου το 17% της χερσαίας έκτασης της Ισπανίας (Rodrigues et al., 2010), 21% της Ολλανδίας (Statistics Netherlands [CBS] et al., 2014), 46% της Σκωτίας (Scottish Natural Heritage [SNH], 2014) and 96% της Περιφέρειας της Βόρειας Γιουτλάνδης, στη Δανία (Möller, 2010). Επιπλέον, η παγκόσμια προσπάθεια για αύξηση της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, αναπόφευκτα θα οδηγήσει στην συνέχιση της προβληματικής σχέσης μεταξύ παραγωγής ενέργειας και της διαφύλαξης της ποιότητας των τοπίων. Τα έργα θα τοποθετούνται όλο και πιο κοντά σε ευαίσθητες-τοπιακά τοποθεσίες, καθώς οι διαθέσιμες τοποθεσίες για έργα έχουν ήδη μειωθεί αισθητά (Deshaies and Herrero-Luque, 2015; Kaldellis et al., 2012).

## 2 Στόχοι και δομή της εργασίας

Στην παρούσα εργασία, αρχικά διερευνάται το κατά πόσο οι διαφορετικοί τύποι έργων ΑΠΕ έχουν πράγματι διαφορετικής κλίμακας επιπτώσεις στο τοπίο, τόσο χωρικά όσο και αντιληπτικά (Ioannidis and Koutsoyiannis, 2020). Με βάση την Ευρωπαϊκή επιτροπή το τοπίο ως «μια περιοχή, όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από τον

λαό, της οποίας ο χαρακτήρας είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης φυσικών ή/και ανθρώπινων παραγόντων». Συνεπώς, δεν θα αρκούσε μια αποκλειστικά χωρική ανάλυση των επιπτώσεων των έργων ΑΠΕ στο τοπίο αλλά απαιτείται και διερεύνηση του πώς οι χωρικές τροποποιήσεις του τοπίου από τα έργα υποδομής γίνονται αντιληπτές από τον άνθρωπο και την κοινωνία (Ioannidis, 2022).

Στη συνέχεια, αξιοποιώντας τα αποτελέσματα αυτής της αρχική και κυρίως θεωρητικής διερεύνησης, διαμορφώνονται προτάσεις αναβαθμίσεων του χωρικού (Ioannidis et al., 2022a) και του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού (Ioannidis et al., 2022b) των έργων ΑΠΕ (εν προκειμένω έργα αιολικής, ηλιακής και υδροηλεκτρικής ενέργειας), με στόχο τη βελτίωση της ένταξης τους στα τοπία.

Η προσπάθεια αυτή κρίνεται χρήσιμη τόσο (α) για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των έργων στην ποιότητα ζωής των τοπικών κοινωνιών στην εγγύτητα μεγάλων έργων υποδομής όσο και (β) για την αποτροπή συγκρούσεων των τοπικών κοινωνιών και φορέων με τους δημόσιους ή ιδιωτικούς φορείς που αναλαμβάνουν την υλοποίηση αυτών των έργων, και συνεπώς και για την επιτάχυνση της απρόσκοπτης ανάπτυξης των έργων.

Η εργασία δομείται σε τρία επίπεδα ανάλυσης σε βαθμιαία φθίνουσες χωρικές κλίμακες. Το πρώτο μέρος της εργασίας αφορά την συγκριτική αξιολόγηση των τυπικών επιπτώσεων των βασικών τύπων έργων υποδομής στο τοπίο. Η ανάλυση αυτή πραγματοποιείται σε παγκόσμια κλίμακα αξιοποιώντας την σχετική διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία καθώς και δεδομένα από είδη ολοκληρωμένα έργα, τα οποία συγκεντρώθηκαν από παγκόσμιους και εθνικούς επιστημονικούς οργανισμούς και φορείς. Το δεύτερο επίπεδο αφορά την βελτίωση των διαδικασιών χωρικού σχεδιασμού για την ένταξη των έργων υποδομής στο τοπίο. Η διερεύνηση αυτή αναφέρεται κυρίως στην εθνική κλίμακα ή την κλίμακα της διοικητικής περιφέρειας, κλίμακες στις οποίες γίνονται συνήθως οι πολυκριτηριακές αναλύσεις για την χωροθέτηση μεγάλων έργων υποδομής. Τέλος, το τρίτο και τελευταίο επίπεδο της έρευνας επικεντρώνεται στην διερεύνηση της εφαρμογής αρχιτεκτονικών μελετών ή μελετών αρχιτεκτονικής τοπίου (στα έργα στα οποία αυτή είναι δυνατή), υπό το πρίσμα της σχέσης κόστους-οφέλους της εφαρμογής τους. Η ανάλυση αυτή αφορά την κλίμακα της περιοχής της τοποθεσίας του έργου.

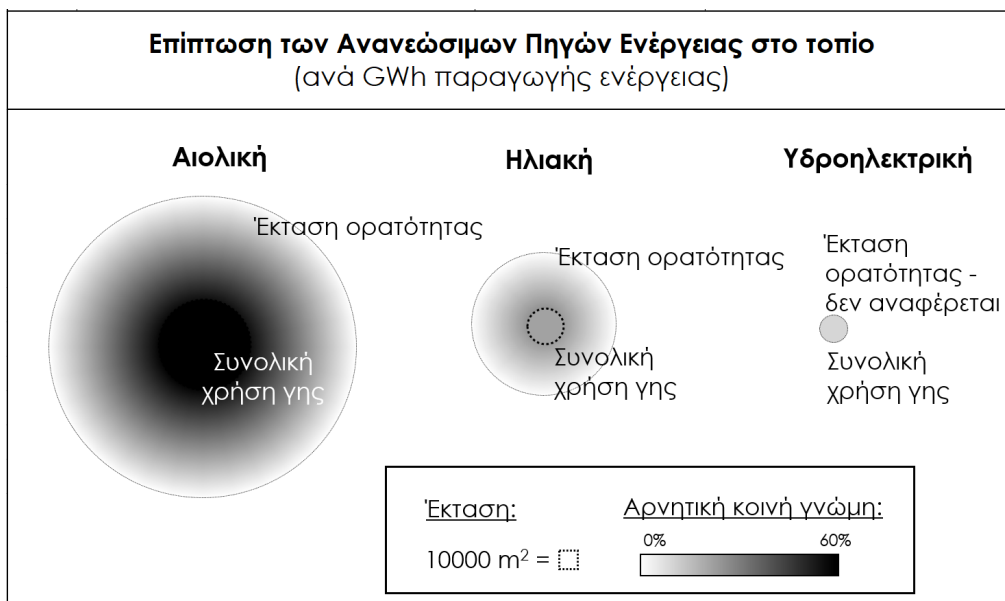
### **3 Μέθοδοι και αποτελέσματα**

#### **3.1 Μέρος I - Συγκριτική αξιολόγηση των βασικών τύπων έργων ΑΠΕ ως προς τις επιπτώσεις τους στο τοπίο**

Οι φορείς που συμμετέχουν στον σχεδιασμό, την αδειοποίηση και τις επενδύσεις σε έργα ΑΠΕ συχνά αμφιβάλλουν για το κατά πόσο οι αποκαλούμενες "επιπτώσεις στο τοπίο" είναι ένα αντικειμενικό ζήτημα ή εάν αποτελούν απλά μια πρόφαση των τοπικών κοινωνιών και άλλων ομάδων για να αντιταχθούν σε προτεινόμενα έργα. Συχνά λοιπόν, οι αντιδράσεις που επικαλούνται επιπτώσεις των έργων στο τοπίο αποδίδονται σε προκατειλημμένη αρνητική στάση αυτών που αντιδρούν απέναντι στα έργα. Η συμπεριφορά αυτή αποδίδεται στην διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία με τον όρο NIMBY (not in my back yard). Η άκριτη όμως αμφισβήτηση της αντικειμενικότητας των επιπτώσεων των έργων στο τοπίο, όταν δεν προκύπτει από

κάποια σχετική ανάλυση, δεν δικαιολογείται, ενώ παράλληλα συντελεί στην παραμέληση τους τους και δυσχεραίνει την ανάπτυξη βέλτιστων μεθόδων σχεδιασμού για τον μετριασμό τους. Για το λόγο αυτό, το πρώτο μέρος της εργασίας αφιερώνεται στη διερεύνηση του κατά πόσον η έκταση και η σοβαρότητα των επιπτώσεων των διαφόρων τύπων έργων ΑΠΕ στο τοπίο μπορεί να ποσοτικοποιηθεί αντικειμενικά και συνεπώς στο κατά πόσο μπορούν να συγκριθούν και να καταχτούν οι βασικοί τύποι έργων ως προς την δριμύτητα των επιπτώσεων τους στο τοπίο.

Για την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων των έργων στο τοπίο, επιλέχθηκε η διερεύνηση τριών διαφορετικών δεικτών των επιπτώσεων τους, οι οποίοι έχουν ήδη αναφερθεί εκτενώς στη διεθνή βιβλιογραφία, σχετικά με το τοπίο. Αυτοί είναι (i) η χρήση γης των έργων, (ii) η έκταση της ορατότητας των έργων, δηλαδή η έκταση της περιοχής από την οποία καθίστανται ορατά, και (iii) η κοινή γνώμη για τις επιπτώσεις τους. Από τη διερεύνηση αυτών των δεικτών, αποδείχθηκε ότι τα έργα αιολικής ενέργειας έχουν προκαλέσει μέχρι σήμερα κατά μέσο όρο, τις πιο έντονες επιπτώσεις στα τοπία, ανά μονάδα παραγωγής ενέργειας, ακολουθούμενα από τα ηλιακά φωτοβολταϊκά έργα και τα υδροηλεκτρικά φράγματα, κατά σειρά (βλ. Πίνακα 2 και Εικόνα 1) (Ioannidis & Koutsoyiannis, 2020).



**Εικόνα 1.** Γραφική απεικόνιση - οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων του Πίνακα 2.

Οι διάφοροι τύποι έργων ΑΠΕ παράγουν λοιπόν όντως διαφορετικού τύπου και έκτασης επιπτώσεις στο τοπίο και επομένως απαιτούν και ειδικές-στοχευμένες προσεγγίσεις μετριασμού σε κάθε περίπτωση. Από ποιοτική άποψη, η δριμύτητα των επιπτώσεων των έργων στο τοπίο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από (i) το εάν ο εξεταζόμενος τύπος έργου γίνεται αντιληπτός ως βιομηχανικό αντικείμενο ή και γενικότερα από το εάν εκλαμβάνεται αρνητικά από την κοινή γνώμη ως προς την επίπτωση του στο τοπίο (στα φυσικά, πολιτισμικά ή αισθητικά χαρακτηριστικά του τοπίου) και (ii) τις χωρικές απαιτήσεις του εξεταζόμενου τύπου έργου τόσο σε όρους

χρήσης γης όσο και σε όρους έκτασης της περιοχής που επηρεάζεται οπτικά από το έργο.

**Πίνακας 2.** Εκτιμήσεις της χρήσης γης, της έκτασης ορατότητας και της κοινής γνώμης σε σχέση με τις επιπτώσεις των έργων ΑΠΕ στο τοπίο.

| Τύπος τεχνολογίας ΑΠΕ                       | Συνολική χρήση γης (m <sup>2</sup> /GWh) | Έκταση ορατότητας (m <sup>2</sup> /GWh) | Δείκτης αρνητικής κοινής γνώμης από τη διεθνή βιβλιογραφία (%) |
|---|--|---|--|
| Αιολική (χερσαία έργα)                      | 176 000                                  | 2 014 800                               | 60%  |
| Ηλιακή (φωτοβολταϊκά έργα μεγάλης κλίμακας) | 28 000                                   | 451 500                                 | 22%  |
| Υδροηλεκτρική                               | 16 900                                   | N/A                                     | 15%  |

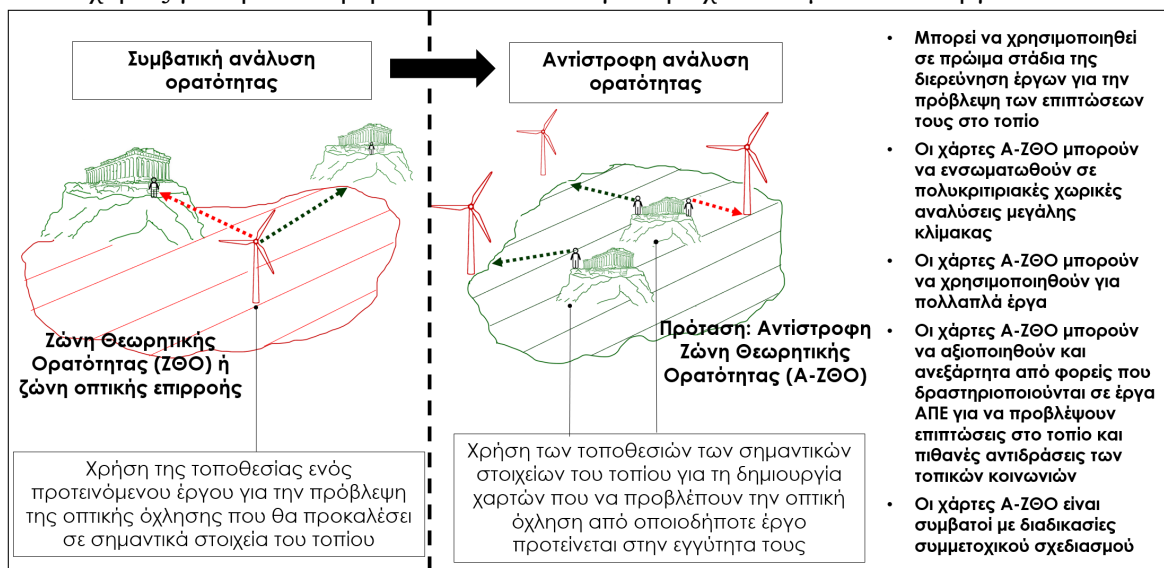
### 3.2 Μέρος II - Βελτίωση του χωρικού σχεδιασμού για την ένταξη των έργων ΑΠΕ στο τοπίο

Με βάση τα συμπεράσματα του Μέρους I, στο Μέρος II διερευνάται η αντιμετώπιση των επιπτώσεων των έργων εκείνων τα οποία κρίνονται ως ιδιαίτερα επιδραστικά στα τοπία, τόσο χωρικά όσο και σε σχέση την κοινή γνώμη σε σχέση με αυτά. Για αυτού του τύπου τα έργα, η θέαση τους εντός ενός τοπίου γίνεται αντιληπτή ως αρνητική επίπτωση, από σημαντικά ποσοστά του πληθυσμού. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου τύπου έργου είναι στην σημερινή εποχή τα αιολικά έργα, για τα οποία και η οπτική όχλησή αναφέρεται εκτεταμένα ως βασικό κίνητρο των αντιδράσεων των τοπικών κοινωνιών εναντίον τους. Η έντονη κριτική για την οπτική επιρροή των αιολικών έργων στα τοπία φαίνεται να προκύπτει από ένα συνδυασμό παραμέτρων με βασικούς άξονες: (i) ότι τα έργα αυτά έχουν σημαντικές χωρικές απαιτήσεις και επηρεάζουν μετρήσιμα την εικόνα των τοπίων εντός μιας χώρας, φτάνοντας ακόμα και με ήπια ενσωμάτωση να είναι ορατά από διηήφια ποσοστά της έκτασης μιας χώρας, της τάξης του 20% με 45% και (ii) ότι είναι έργα «μη-φιλικά στην αρχιτεκτονική ελεξεργασία» από την άποψη ότι η μορφή τους δεν μπορεί να τροποποιηθεί ούτως ώστε να προσαρμοστεί στα φυσικά και πολιτισμικά χαρακτηριστικά του τοπίου στο οποίο τοποθετούνται, όπως μπορεί να γίνει για παράδειγμα σε έργα όπως γέφυρες, φράγματα, κτιριακά έργα, κλπ.

Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των έργων που προκαλούν οπτική όχληση στο τοπίο, μέχρι σήμερα δίνεται έμφαση στη χρήση των λεγόμενων «αναλύσεων ορατότητας» κατά το στάδιο του χωρικού τους σχεδιασμού. Οι αναλύσεις αυτές υλοποιούνται με τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) και χρησιμοποιούνται για την χαρτογράφηση των περιοχών οπτικής επιρροής των έργων και τον εντοπισμό της πιθανής τους οπτικής επίπτωσης σε σημεία και περιοχές υψηλής τοπιακής αξίας. Ωστόσο, οι συμβατικές αναλύσεις ορατότητας έχουν ένα βασικό περιορισμό ως εργαλείο σχεδιασμού: ότι μπορούν να εφαρμοστούν μόνο στα τελευταία στάδια του σχεδιασμού όταν ουσιαστικά η χωροθέτηση του έργου έχει ολοκληρωθεί και η τοποθεσία του έχει οριστικοποιηθεί. Αυτό συμβαίνει διότι για την υλοποίηση τους απαιτείται να χρησιμοποιηθεί η τοποθεσία του προτεινόμενου έργου, αρά αυτή θα πρέπει να έχει ήδη καθοριστεί.

Για την αντιμετώπιση αυτής της βασικής αδυναμίας των συμβατικών αναλύσεων ορατότητας προτείνεται σαν λύση η αντιστροφή τους. Δηλαδή, η υλοποίηση τους με

σημείο αναφοράς όχι τις τοποθεσίες των έργων, πχ. των ανεμογεννητριών, αλλά τις τοποθεσίες των περιοχών που επιδιώκεται να προστατευτούν από την οπτική όχληση. Εάν οι αναλύσεις γίνονται από τη σκοπιά των προστατευόμενων περιοχών τότε οι υπολογισμοί μπορούν να γίνουν προληπτικά, αφού οι προστατευόμενες περιοχές είναι στατικές και σε συγκεκριμένες-γνωστές θέσεις. Έτσι, η αντίστροφη ανάλυση ορατότητας μπορεί να υλοποιηθεί μαζικά για το σύνολο των προστατευόμενων περιοχών μιας ολόκληρης περιφέρειας ή κράτους και να δημιουργήσει σταθερούς χάρτες για την οπτική προστασία των εν λόγω περιοχών από μελλοντικά έργα.



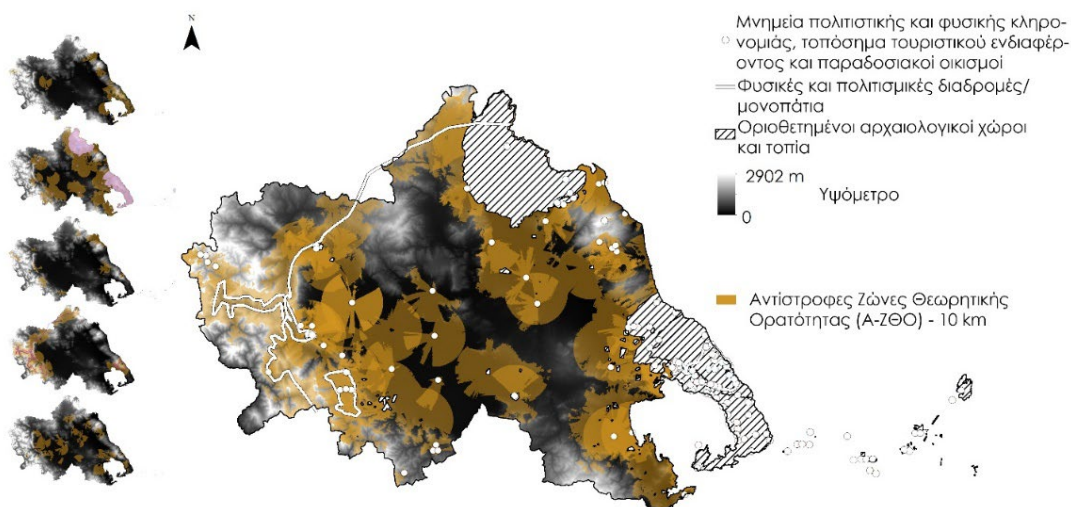
**Εικόνα 2.** Γραφική απεικόνιση των διαφορών των συμβατικών αναλύσεων ορατότητας με τις αντίστροφες αναλύσεις ορατότητας στο πλαίσιο της χωροθέτησης έργων υποδομής και παρουσίαση των βασικών πλεονεκτημάτων των αντίστροφων αναλύσεων ορατότητας.

Η μεθοδολογική αλλαγή από την συμβατική στην αντίστροφη ανάλυση ορατότητας, επιτρέπει λοιπόν τη δημιουργία σταθερών χαρτών προστασίας του τοπίου που θα περιβάλλουν τα επιλεγμένα σημαντικά στοιχεία του τοπίου (βλ. Εικόνα 2). Κάποια από τα πλεονεκτήματα αυτών των χαρτών είναι τα ακόλουθα: (i) επιτρέπουν την νωρίτερη πρόβλεψη των επιπτώσεων των προτεινόμενων έργων στο τοπίο, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πολύ αρχικά στάδια διερεύνησης ή σχεδιασμού των έργων, κάτι που δεν ήταν δυνατό με τις συμβατικές αναλύσεις ορατότητας (ii) μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική εξοικονόμηση χρόνου και προσπάθειας, καθώς οι αντίστροφες αναλύσεις ορατότητας χρειάζεται να υπολογιστούν μόνο μία φορά σε μια περιοχή, περιφέρεια ή χώρα, άρα μπορούν να αντικαταστήσουν την μέχρι-τώρα απαίτηση για μεμονωμένη ανάλυση ορατότητας για κάθε νέο έργο, (iii) έχουν καλύτερη συμβατότητα με τις διαδικασίες συμμετοχικού σχεδιασμού, καθώς μπορούν να επιτρέψουν την συμμετοχή των τοπικών κοινοτήτων στον καθορισμό των σημείων και περιοχών του τοπίου οι οποίες θα συμπεριληφθούν στους χάρτες (iv) οι χάρτες που προκύπτουν από αντίστροφες αναλύσεις ορατότητας αφορούν ακόμα και μεγάλες χωρικές κλίμακες (πχ. εθνική κλίμακα ή κλίμακα



διοικητικής περιφέρειας) και άρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολυκριτηριακές αναλύσεις – οι οποίες συνήθως διερευνούν πιθανές τοποθεσίες για νέα έργα συνήθως σε τέτοιες κλίμακες. Κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό στις συμβατικές αναλύσεις ορατότητας οι οποίες επικεντρώνονται αναγκαστικά σε κάποιο συγκεκριμένο έργο.

Στο πλαίσιο της εργασίας, η μέθοδος της αντίστροφης ανάλυσης ορατότητας εφαρμόστηκε ενδεικτικά για την Περιφέρεια της Θεσσαλίας, στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα διαμορφώθηκαν χάρτες Αντίστροφων Ζωνών Θεωρητικής Ορατότητας (Α-ΖΘΟ) (βλ. Εικόνα 3) οι οποίοι στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη των οπτικών επιπτώσεων σε προστατευόμενα τοπία της περιφέρειας από προτεινόμενα έργα αιολικής ενέργειας (Ioannidis et al, 2022a).

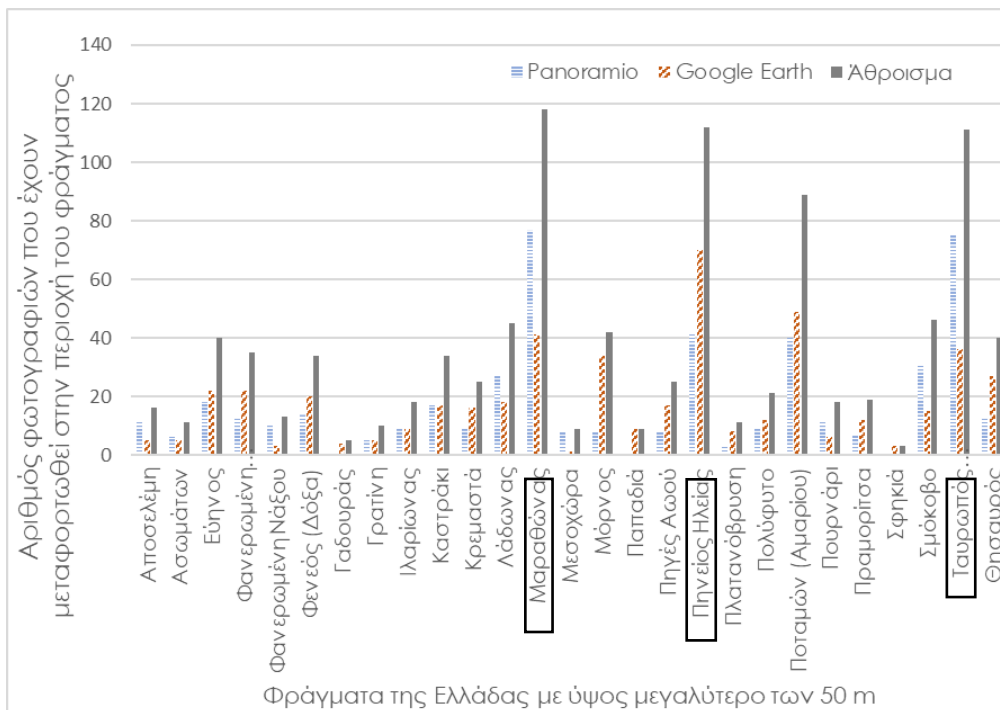


**Εικόνα 3.** Χάρτες Αντιστροφών Ζωνών Θεωρητικής Ορατότητας (Α-ΖΘΟ) για την προστασία σημείων και περιοχών σημαντικών για το τοπίο της Περιφέρειας Θεσσαλίας από την οπτική όχληση από αιολικά έργα. Οι επιμέρους αναλύσεις για τους διαφορετικούς τύπους σημείων και περιοχών παρουσιάζονται αριστερά και ο τελικός συγκεντρωτικός χάρτης Α-ΖΘΟ δεξιά. Ο συγκεκριμένος χάρτης αναφέρεται σε ανάλυση που έγινε με όριο θεωρητικής ορατότητας των παρατηρητών ίσο με 10 km.

### 3.3 Μέρος III - Διερεύνηση του οφέλους των αρχιτεκτονικών μελετών και των δυνατοτήτων επέκτασης της εφαρμογής τους

Στο μέρος III διερευνήθηκε η συνεισφορά των αρχιτεκτονικών μελετών των έργων υποδομής στο μετριασμό των επιπτώσεών τους στο τοπίο αλλά και οι οικονομικές και τεχνικές απαιτήσεις της εφαρμογής τους. Για το σκοπό αυτό, επικεντρωθήκαμε στα υδροηλεκτρικά έργα και στα φράγματα γενικότερα, ως παραδειγματική διερεύνηση. Σε αντίθεση με τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά έργα, τα υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν διεθνώς μια πληθώρα παραδειγμάτων εφαρμογής αρχιτεκτονικών μελετών και μελετών τοπίου διαφορετικού τύπου και έκτασης. Διαμορφώσαμε λοιπόν μια παγκόσμια τυπολογία πρακτικών αρχιτεκτονικού σχεδιασμού που αφορά γενικότερα τα φράγματα, συγκεντρώνοντας μια λίστα από 56 φράγματα, διεθνώς (Ioannidis et al, 2022b). Στη συνέχεια, διερευνήσαμε τις εφαρμογές αυτής της τυπολογίας από άποψη κόστους-οφέλους,

δίνοντας έμφαση αφενός στην συνεισφορά των μελετών στην βελτίωση της κοινής γνώμης για τα έργα και αφετέρου στο κόστος και τις τεχνικές απαιτήσεις για την εφαρμογή τέτοιων μελετών. Η έρευνα έδειξε ότι εφαρμογή αρχιτεκτονικών μελετών και μελετών αρχιτεκτονική τοπίου:



**Εικόνα 4.** Αριθμός μεταφορτωμένων φωτογραφιών στην εγγύτητα φραγμάτων, όπως μετρήθηκε από τις βάσεις δεδομένων γεωαναφερμένων φωτογραφιών Panoramilio (δεδομένα 2016) και Google Earth (δεδομένα 2019). Τα ονόματα των φραγμάτων τα οποία βρέθηκαν να περιλαμβάνουν στοιχεία αρχιτεκτονικού σχεδιασμού ή τοπιακού ενδιαφέροντος παρουσιάζονται μέσα σε μαύρο περίγραμμα.

(α) Μπορεί να βελτιώσει μετρήσιμα την κοινή γνώμη της κοινωνίας για τα έργα υποδομής στα οποία εφαρμόζονται αυτές οι μελέτες (Ioannidis et al, 2022b). Αυτό παρατηρήθηκε τόσο μέσω της ανάλυσης της διεθνούς βιβλιογραφίας, κατά την οποία εντοπίστηκαν δεκάδες θετικές αναφορές για την κοινωνική αποδοχή των φραγμάτων στα οποία είχαν εφαρμοστεί αρχιτεκτονικές μελέτες όσο και μέσω μιας επιπλέον στοχευμένης σύγκρισης που πραγματοποιήθηκε για τα ελληνικά φράγματα (βλ. Εικόνα 4). Η σύγκριση αυτή έδειξε αρκετά μεγαλύτερο ενδιαφέρον των χρηστών πλατφορμών γεωαναφερμένων φωτογραφιών για τα φράγματα με αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις ή τοπιακές διαμορφώσεις..

(β) Δεν υφίστανται ανυπέρβλητοι τεχνικοί ή οικονομικοί περιορισμοί που να αποκλείουν την ευρύτερη εφαρμογή αυτών των μελετών στα φράγματα. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι το ενώ γενικά το κόστος της εφαρμογής αρχιτεκτονικών μελετών κυμαίνεται σημαντικά παράλληλα υπάρχουν αρκετά παραδείγματα εφαρμογών με χαμηλό κόστος. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν να

αποτελέσουν υπόδειγμα για αντίστοιχες μελλοντικές μελέτες και συνεπώς, με τις κατάλληλες σχεδιαστικές επιλογές να εξασφαλιστεί χαμηλό κόστος της τάξης του 1% του προϋπολογισμού του έργου (Ioannidis et al, 2022b). Περαιτέρω η πληθώρα περιπτώσεων αρχιτεκτονικής επεξεργασίας φραγμάτων η οποία εξετάστηκε δεν κατέδειξε κάποια σημαντική τεχνική δυσκολία στην εφαρμογή των μελετών.

Υποστηρίζεται λοιπόν, ότι οι αρχιτεκτονικές μελέτες θα μπορούσαν να εφαρμόζονται πιο συχνά στα υδροηλεκτρικά έργα, τα οποία είναι και τα μόνα από τα έργα ΑΠΕ τα οποία έχουν αυτή τη δυνατότητα.

## **4 Συμπεράσματα**

### **4.1 Μέρος I – Η διαφοροποίηση των επιπτώσεων των έργων ΑΠΕ**

Στο μέρος I, πραγματοποιήθηκε συγκριτική αξιολόγηση των βασικών τύπων έργων ΑΠΕ ως προς τις επιπτώσεις τους στο τοπίο μέσω του εντοπισμού και της ανάλυσης τριών δεικτών οι οποίοι αξιολογήθηκαν ως χαρακτηριστικοί αυτών επιπτώσεων: της χρήσης γης των έργων, της έκτασης της ορατότητάς τους και της κοινής γνώμης για τις επιπτώσεις των έργων στο τοπίο. Αναλύοντας παγκόσμια δεδομένα και τη διεθνή βιβλιογραφία για τους παραπάνω δείκτες κατέστη δυνατό να ποσοτικοποιηθούν και να συγκριθούν οι τυπικές επιπτώσεις των υδροηλεκτρικών, των αιολικών και των φωτοβολταϊκών έργων. Τα ποσοτικά αποτελέσματα έδειξαν ότι τα αιολικά έργα παράγουν τις πιο έντονες τροποποιήσεις στα τοπία ακολουθούμενα από τα φωτοβολταϊκά και τα υδροηλεκτρικά έργα, κατά σειρά. Σε ποιοτικό επίπεδο, συμπεραίνεται ότι η κοινή γνώμη είναι πιο αρνητική για τους τύπους έργων που απαιτούν την εκτεταμένη εγκατάσταση αντικειμένων τα οποία εκλαμβάνονται ως «βιομηχανικής φύσεως» στα τοπία, όπως οι ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά πάνελ (Ioannidis & Koutsoyiannis, 2020).

### **4.2 Μέρος II – Χωρικός σχεδιασμός: Η βελτίωση των αναλύσεων ορατότητας**

Η αντιστροφή των συμβατικών αναλύσεων ορατότητας προτάθηκε και αναλύθηκε ως μια μεθοδολογική τροποποίηση η οποία μπορεί να οδηγήσει στην βελτίωση και επιτάχυνση του χωρικού σχεδιασμού για την ένταξη των έργων ΑΠΕ στο τοπίο. Συγκεκριμένα, η έρευνα κατέδειξε τόσο μέσα από θεωρητικές προσεγγίσεις όσο και από πρακτική εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου ότι η αντιστροφή των αναλύσεων ορατότητας (i) επιτρέπει την πρόβλεψη των επιπτώσεων των έργων στο τοπίο από πρώιμα στάδια σχεδιασμού διευκολύνοντας την επιλογή θέσεων νέων έργων με μειωμένες επιπτώσεις στο τοπίο, (ii) επιτρέπει τη δημιουργία χαρτών οι οποίοι μπορούν να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο πολυκριτηριακών αναλύσεων μεγάλης χωρικής κλίμακας, κάτι το οποίο μέχρι σήμερα δεν ήταν δυνατό, (iii) μπορεί να καταργήσει την απαίτηση για μεμονωμένη ανάλυση ορατότητας σε κάθε έργο ΑΠΕ, μειώνοντας έτσι τον φόρτο των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (iv) αυξάνει τη συμβατότητα των αναλύσεων ορατότητας με συμμετοχικές διαδικασίες σχεδιασμού, οι οποίες προτείνονται στην διεθνή βιβλιογραφία ως ιδιαίτερα σημαντικές στην προσπάθεια αντιμετώπισης των αντιδράσεων των τοπικών κοινωνιών απέναντι σε έργα υποδομής (Ioannidis et al., 2022a).

### **4.3 Μέρος III – Αρχιτεκτονικός και τοπικός σχεδιασμός: Οι προοπτικές**

Μεταξύ των βασικών έργων ΑΠΕ, τα υδροηλεκτρικά έργα είναι ο μόνος τύπος έργου που επιδέχεται αρχιτεκτονικής επεξεργασίας. Διερευνήθηκαν λοιπόν οι διεθνείς πρακτικές αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και σχεδιασμού τοπίου στα υδροηλεκτρικά έργα και τα φράγματα γενικότερα, ούτως ώστε να αξιολογηθεί η χρησιμότητα και η προοπτική επέκτασης της εφαρμογής αρχιτεκτονικών μελετών και μελετών τοπίου. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης, κατέδειξαν ότι η εφαρμογή αρχιτεκτονικών μελετών μπορεί να βελτιώσει μετρήσιμα την κοινή γνώμη και την αποδοχή των έργων και ότι για την εφαρμογή των μελετών δεν απαιτούνται απαραίτητα σημαντικοί πόροι ή απαιτητικές επιπρόσθετες τεχνικές αναλύσεις. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι μπορεί να υποστηριχθεί η απαίτηση εφαρμογής αρχιτεκτονικών μελετών σε μελλοντικά υδροηλεκτρικά έργα, για την βελτίωση της ένταξής τους στο τοπίο (Ioannidis et al., 2022b).

### **Βιβλιογραφία**

- Συμβούλιο της Επικρατείας, 2015. Α528/2015; 2013a. Α1421/2013; 2013b. Α2816/2013; 2012a. Α2916/2012; 2012b. Ν171/2012; 2011. Ν68/2011.
- Apostol, D., Palmer, J., Pasqualetti, M., Sardon, R., Sullivan, R., 2016. *The Renewable Energy Landscape: Preserving Scenic Values in our Sustainable Future*. Routledge.
- Brown, B.T., Escobar, B.A., 2007. Wind power: generating electricity and lawsuits. *Energy LJ* 28, 489.
- Deshais, M., Herrero-Luque, D., 2015. Wind Energy and Natural Parks in European Countries (Spain, France and Germany), in: *Renewable Energies and European Landscapes*. Springer, pp. 217–233.
- Ioannidis, R., 2022. *Spatial planning and architectural design for the integration of civil infrastructure into landscapes: Inferences from renewable energy works and dams* (PhD Thesis). National Technical University of Athens, Athens, Greece.
- Ioannidis, R., Koutsoyiannis, D., 2020. A review of land use, visibility and public perception of renewable energy in the context of landscape impact. *Applied Energy* 276, 115367.
- Ioannidis, R., Mamassis, N., Efstratiadis, A., Koutsoyiannis, D., 2022a. Reversing visibility analysis: Towards an accelerated a priori assessment of landscape impacts of renewable energy projects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 161, 112389.
- Ioannidis, Romanos, Koutsoyiannis, D., Sargentis, G.-F., 2022b. Landscape design in infrastructure projects—is it an extravagance? A cost-benefit investigation of practices in dams. *Landscape Research*.
- Kaldellis, J.K., Kapsali, M., Katsanou, E., 2012. Renewable energy applications in Greece—What is the public attitude? *Energy Policy* 42, 37–48.
- Lee, M., 2017. Knowledge and landscape in wind energy planning. *Legal Studies* 37, 3–24.
- Lewis, D.A., 2014. Identifying and avoiding conflicts between historic preservation and the development of renewable energy. *NYU Envtl. LJ* 22, 274.
- Möller, B., 2010. Spatial analyses of emerging and fading wind energy landscapes in Denmark. *Land Use Policy* 27, 233–241.
- Pasqualetti, M., 2011. Social barriers to renewable energy landscapes. *Geographical Review* 101, 201–223.

- Pociask, S., Fuhr Jr, J.P., 2011. Progress denied: A study on the potential economic impact of permitting challenges facing proposed energy projects (Report commissioned by the US Chamber of Commerce in Conjunction with its Project No Project Initiative No. 10). TeleNomic Research, LLC.
- Rodrigues, M., Montañés, C., Fueyo, N., 2010. A method for the assessment of the visual impact caused by the large-scale deployment of renewable-energy facilities. *Environmental Impact Assessment Review* 30, 240–246.
- Scottish Natural Heritage [SNH], 2014. Natural Heritage Indicator - N3 Visual influence of built development. Natural Scotland - Scottish Government.
- Statistics Netherlands [CBS], Netherlands Environmental Assessment Agency [PBL], National Institute for Public Health and the Environment [RIVM], Wageningen University and Research [WUR], 2014. Visual disturbance of landscape amenity by wind turbines.
- Trainor, A.M., McDonald, R.I., Fargione, J., 2016. Energy Sprawl Is the Largest Driver of Land Use Change in United States. *PLOS ONE* 11, e0162269.
- Wolsink, M., 2000. Wind power and the NIMBY-myth: institutional capacity and the limited significance of public support. *Renewable energy* 21, 49–64.