μ/π[14]

# Παραγωγή ηλεκτρισμού: συμβατικοί πόροι vs ανανεώσιμες πηγές ενέργειας


14.1 Εισαγωγή

14.2 Ανάλυση

14.3 Κυρίως σενάριο

14.4 Δραστηριότητες

14.5 Παραρτήματα

14.6 Ενδεικτική βιβλιογραφία

Οδηγός διδασκαλίας

Σύνοψη

Εκπαιδευτικοί στόχοι

Θεματολογία συζήτησης 15

Βιβλιογραφία

**Συγγραφέας κεφαλαίου**

**Δίας Χαραλαμπόπουλος, Καθηγητής, Τμήμα Περιβάλλοντος**

## 14.1 [ Εισαγωγή ]

Το θέμα που διατρέχει η παρούσα Μελέτη Περίπτωσης εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο του ενεργειακού σχεδιασμού μιάς περιοχής. Συγκεκριμένα αντιμετωπίζει το πρόβλημα επιλογής της κατάλληλης ενεργειακής τεχνολογίας ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές/ηλεκτρικές ανάγκες, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και μια σειρά από άλλες, σημαντικές διαστάσεις όπως είναι η περιβαλλοντική, η γεωπολιτική, η οικονομική και η κοινωνική διάσταση.

Το πρόβλημα επιλογής ενεργειακής τεχνολογίας μπορεί να αφορά μια συγκεκριμένη περιοχή, όμως τόσο η κλιματική αλλαγή και οι δεσμεύσεις της χώρας για μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (Πρωτόκολλο του Κυότο), όσο και η ανάγκη εξασφάλισης της ενεργειακής προμήθειας, κυρίως πετρέλαιο και φυσικό αέριο, από χώρες με προβληματικό πολιτικό ορίζοντα, του προσδίνουν μια δυναμική η οποία υπερβαίνει τον απλό, τοπικό χαρακτήρα μιάς επένδυσης.

Όπως σε όλα τα μεγάλα τεχνικά έργα, π.χ. δρόμοι, γέφυρες, αεροδρόμια, επεκτάσεις πόλεων, οι διαστάσεις του προβλήματος είναι πολλαπλές καθώς δεν πρόκειται για την αναζήτηση μιάς, έστω της βέλτιστης, λύσης, αλλά για την αναζήτηση επιλογών, κριτηρίων και αξιολόγησης ανάμεσα σε πολλές υποψήφιες προτάσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις η προσέγγιση γίνεται κυρίως μέσα από μια πολυκριτηριακή ανάλυση και αντίστοιχη λήψη αποφάσεων. Η όλη διαδικασία αξιολόγησης θα πρέπει να έχει διαφάνεια και συνέπεια ώστε να προσδίδει στο τελικό αποτέλεσμα της απόφασης τον νομιμοποιητικό χαρακτήρα που απαιτείται για την ομαλή εξέλιξη της υλοποίησης της επένδυσης.

Οι στόχοι της παρούσας Μελέτης Περίπτωσης, που είναι ένα Παράδειγμα Διαδικασίας, είναι :

- Η αναζήτηση λύσεων για την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης και η ανάδειξη των προβλημάτων που υπεισέρχονται,
- Η σύγκριση ανάμεσα σε δύο προτεινόμενες λύσεις, η πρώτη με εγκατάσταση μονάδας φυσικού αερίου, και η δεύτερη με εγκατάσταση αιολικού πάρκου,
- Η ανάλυση των επενδύσεων στις επί μέρους διαστάσεις : ενεργειακή, οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική και η λήψη της τελικής απόφασης

Καθώς πρόκειται για μια Μελέτη Περίπτωσης με πολλά στοιχεία κοντά στην πραγματικότητα (π.χ. νησιά του Αιγαίου με αυτόνομα ηλεκτρικά δίκτυα), θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί υλικό από διάφορους οργανισμούς όπως ΔΕΗ, ΥΠΕΚΑ, ΥΑΑΥΜΔ, ΚΑΠΕ, ΡΑΕ, ΔΕΠΑ, ΔΕΣΦΑ, αλλά και από το διαδίκτυο αναφορικά με τεχνολογίες, κόστη, παραδείγματα εγκαταστάσεων, περιβαλλοντικών και κοινωνικών προβλημάτων. Η Μελέτη Περίπτωσης θα χρησιμοποιηθεί κυρίως εντός του Πανεπιστημίου Αιγαίου για την διδασκαλία των φοιτητών και την εξάσκηση τους σε πραγματικά προβλήματα που άπτονται του κύκλου ενέργεια-οικονομία-περιβάλλον-κοινωνία.

Σημασία δίνεται στον τρόπο λήψης απόφασης με πολλαπλές ομάδες ενδιαφερομένων και ληπτών απόφασης, καθώς και στην απόκτηση νέων γνώσεων όπως και στην συναρμογή αυτών. Παραδείγματος χάριν η επιλογή μιάς ενεργειακής τεχνολογίας εξαρτάται από το καύσιμο – φυσικό αέριο ή αιολική ενέργεια – αλλά και από το πολιτικό καθεστώς των χωρών τροφοδοσίας με φυσικό αέριο.

## 14.2 [ Ανάλυση ]

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μια περιοχή της Ελλάδος με αυτόνομο ηλεκτρικό δίκτυο (μη συνδεδεμένο με το διασυνδεδεμένο ηπειρωτικό δίκτυο) προβλέπεται να έχει πρόβλημα επάρκειας ηλεκτρισμού και θα πρέπει να εκκινήσει η αναζήτηση λύσεων για την προμήθεια νέου σταθμού ηλεκτροπαραγωγής. Οι εναλλακτικές που εξετάζονται είναι : σταθμός φυσικού αερίου ή κάποιο αιολικό πάρκο για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΖΗΤΗΣΗ

Η ενεργειακή ζήτηση εξαρτάται κυρίως από το επίπεδο ζωής, το ακαθάριστο προϊόν, την τιμή του καυσίμου και άλλους δευτερογενείς παράγοντες. Κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών με την συνεχή αύξηση του επιπέδου ζωής, παρουσιάστηκε μια σταθερή, ετήσια αύξηση της ζήτησης ηλεκτρισμού της τάξεως του 4% και θεωρείται ότι αυτή θα διατηρηθεί και στο αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα.

Μια ενεργειακή επένδυση απαιτεί περίπου μια δεκαετία από την στιγμή της σύλληψης της ιδέας, μέχρι την τελική υλοποίηση, καθώς περιλαμβάνει διάφορα στάδια όπως ο αρχικός σχεδιασμός, η αδειοδότηση, η κατασκευή και η έναρξη λειτουργίας. Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει επιλογή της τεχνολογίας, οικονομικοτεχνική αποτίμηση, και τελική υποβολή του ολοκληρωμένου φακέλλου μαζί με την μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το στάδιο της αδειοδότησης περιλαμβάνει την έγκριση από τους διάφορους εντεταλμένους φορείς (Υπουργεία, Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, Τοπική Αυτοδιοίκηση), ανάρτηση της πρότασης, και κοινωνική διαβούλευση για την διατύπωση αντιρρήσεων, επιφυλάξεων, αρνήσεων.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ο σχεδιασμός του όλου έργου περιλαμβάνει την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης, της περιόδου κατασκευής και την λειτουργία. Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα μια σειρά από διαστάσεις διερευνώνται κάθε φορά ώστε να γίνει η αξιολόγηση. Παρά τις μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις δύο επιλογές, δηλ. σταθμός φυσικού αερίου ή αιολικό πάρκο, οι παράγοντες που υπεισέρχονται στην εξέταση είναι περίπου οι ίδιοι. Σημειώνεται ότι για την περίπτωση μεγάλων αιολικών πάρκων η μεταφορά των ανεμογεννητριών απαιτεί διάνοιξη ή διαπλάτυνση των δρόμων πρόσβασης, λιμενικές εγκαταστάσεις για την εκφόρτωση, καθώς και διάνοιξη νέου οδικού δικτύου.

| | ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ | Α. ΣΤΑΘΜΟΣ & ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ / ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ | Β. ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ | Γ. ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ | Δ. ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ΓΕΩΛΟΓΙΑ | | | | |
| 2 | ΧΛΩΡΙΔΑ | | | | |
| 3 | ΠΑΝΙΔΑ | | | | |
| 4 | ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ | | | | |
| 5 | ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ | | | | |
| 6 | ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ | | | | |
| 7 | ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ | | | | |
| 8 | ΘΟΡΥΒΟΣ | | | | |
| 9 | ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ | | | | |
| 10 | ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ | | | | |
| 11 | ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ | | | | |

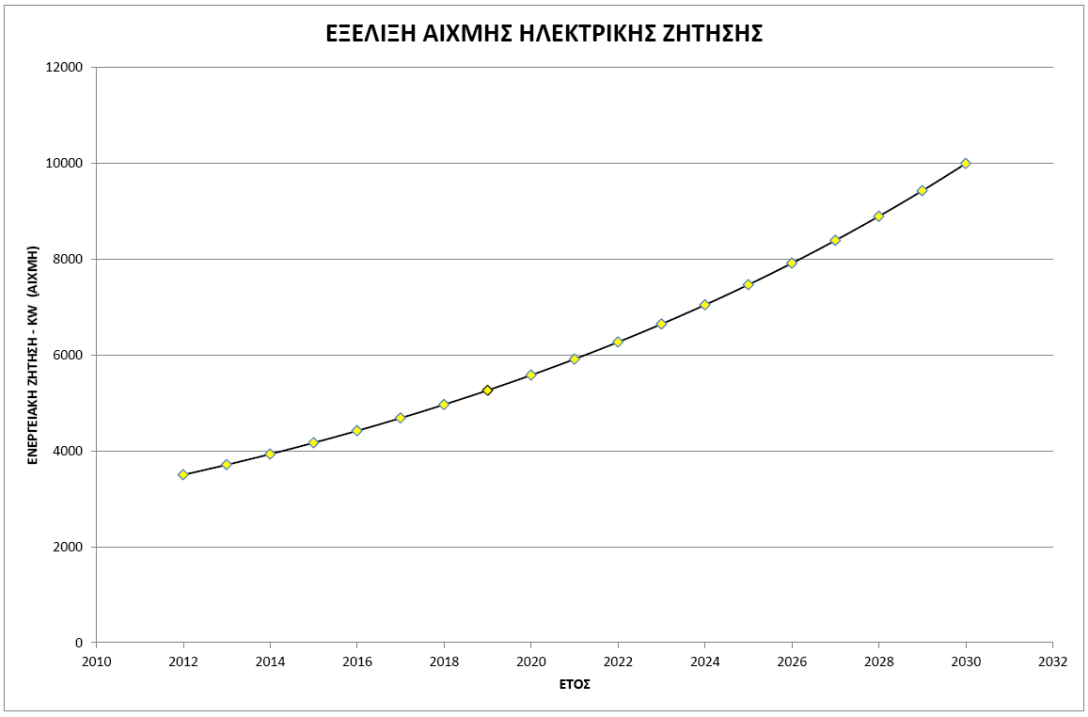
## 14.3 [/□ [ Κύριο σενάριο ]

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Με βάση τα σημερινά στοιχεία όπου η ζήτηση ηλεκτρισμού τους διάφορους μήνες είναι όπως φαίνεται στα παρακάτω Σχήμα 1 και Σχήμα 2, υπολογίστηκε η μελλοντική αύξηση της ζήτησης για το έτος 2030 με ένα ρυθμό της τάξεως του 6%, Σχήμα 3.

Σχήμα 1. Ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τον Ιανουάριο 2012.

Σχήμα 2. Ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τον Αύγουστο 2012.




Σχήμα 3. Εξέλιξη της αιχμής της ηλεκτρικής ζήτησης με ετήσια αύξηση 6%.

Τα δεδομένα για τον υπολογισμό της εξέλιξης της ζήτησης φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Εξέλιξη της ηλεκτρικής ζήτησης

ΣΥΜΗ : ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΙΧΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

| ΕΤΟΣ | KW | ΕΤΟΣ | KW |
|---|---|---|---|
| 2012 | 3500 | 2022 | 6268 |
| 2013 | 3710 | 2023 | 6644 |
| 2014 | 3933 | 2024 | 7043 |
| 2015 | 4169 | 2025 | 7465 |
| 2016 | 4419 | 2026 | 7913 |
| 2017 | 4684 | 2027 | 8388 |
| 2018 | 4965 | 2028 | 8891 |
| 2019 | 5263 | 2029 | 9425 |
| 2020 | 5578 | 2030 | 9990 |
| 2021 | 5913 | | |
| ΕΤΗΣΙΑ ΑΥΞΗΣΗ | 6% | | |

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΔΥΟ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

Από τον Πίνακα 1 φαίνεται ότι ο σταθμός θα πρέπει να καλύπτει το 2030 μια μέγιστη ισχύ της τάξεως των 10MW, συνεπώς η εγκατεστημένη ισχύς που αναλογεί θα είναι περίπου 30 MW. Με σημερινή εγκατεστημένη ισχύ 10 MW προκύπτει ότι θα απαιτηθεί πρόσθετα σταθμός φυσικού αερίου με εγκατεστημένη ισχύ τουλάχιστον 20 MW, ή εναλλακτικά αιολικό πάρκο. Λόγω της στοχαστικότητας του αιολικού δυναμικού αυτό θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο των 20 MW και ως υπόθεση εργασίας λαμβάνεται ότι η εγκατεστημένη ισχύς του θα είναι της τάξεως των 30 MW και θα συμπεριλαμβάνει τόσο επίγειο τμήμα όσο και θαλάσσιο μέρος.

Για τον σταθμό φυσικού αερίου των 20 MW (www.naturalgas.org) τα στοιχεία των αέριων εκπομπών λαμβάνονται από τον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Αέριοι ρύποι για τυπικούς σταθμούς υδρογονανθράκων και παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε GJ.

(http://en.wikipedia.org/wiki/Fossil-fuel_power_station#Environmental_impacts)

| **Αέριοι Ρύποι** | **Ανθρακίτης** | **Λιγνίτης** | **Πετρέλαιο** | **Φυσικό Αέριο** |
|---|---|---|---|---|
| $CO_2$ (g/GJ) | 94,600 | 101,000 | 77,400 | 56,100 |
| $SO_2$ (g/GJ) | 765 | 1,361 | 1,350 | 0.68 |
| $NO_x$ (g/GJ) | 292 | 183 | 195 | 93.3 |
| CO (g/GJ) | 89.1 | 89.1 | 15.7 | 14.5 |
| Οργανικές Ενώσεις (g/GJ) | 4.92 | 7.78 | 3.70 | 1.58 |
| Αιωρούμενα σωματίδια (g/GJ) | 1,203 | 3,254 | 16 | 0.1 |

Τα κόστη λαμβάνονται από τον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Ανηγμένα κόστη σταθμών ηλεκτροπαραγωγής.

(http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_cost_of_electricity_generated_by_different_sources).

| **Μέσο ανηγμένο κόστος για ηλεκτρικούς σταθμούς (2010 USD/MWh)** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης | | | |
| Τύπος | Συντελεστής φορτίου (%) | Ανηγμένο κόστος κεφαλαίου | Σταθερό | Μεταβλητό (και καύσιμο) | Επένδυση Δικτύου | Συνολικό ανηγμένο κόστος |
| ατικός σταθμός ικού Αερίου | 30 | 46.0 | 2.7 | 79.9 | 3.6 | 132.0 |
| Γεωθερμία | 92 | 76.6 | 11.9 | 9.6 | 1.5 | 99.6 |
| Βιομάζα | 83 | 56.8 | 13.8 | 48.3 | 1.3 | 120.2 |
| Αιολικό πάρκο | 34 | 83.3 | 9.7 | 0.0 | 3.7 | 96.8 |
| Αιολικό πάρκο (θαλάσσιο) | 27 | 300.6 | 22.4 | 0.0 | 7.7 | 330.6 |
| Φωτοβολταϊκά | 25 | 144.9 | 7.7 | 0.0 | 4.2 | 156.9 |
| Υδροηλεκτρικό | 53 | 76.9 | 4.0 | 6.0 | 2.1 | 89.9 |

Για το αιολικό πάρκο των 30 MW επιλέγεται η εγκατάσταση 15 ανεμογεννητριών με ισχύ εκάστης τα 2 MW. Τα χαρακτηριστικά μιάς τυπικής ανεμογεννήτριας 2MW φαίνονται στον Πίνακα 4

(http://www.gamesacorp.com/en/products-and-services/wind-turbines/gamesa-g80-20-mw-en.html).

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά Α/Γ, Gamesa G80-2.0 MW

| | |
|---|---|
| **Ρότορας** | |
| Διάμετρος | 80 m |
| Επιφάνεια Σάρωσης | 5,027 m² |
| Ταχύτητα περιστροφής | 9.0 - 19.0 rpm |
| **Πτερύγια** | |
| Αριθμός πτερυγίων | 3 |
| Μήκος | 39 m |
| Τύπος | NACA 63. XXX - FFA-W3 |
| Υλικό | Pre-impregnated epoxy glass fiber |
| **Πύργος** | |
| Τύπος | Σωληνωτός |
| Ύψος | 60, 67, 78 and 100 m |

Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει τα τελικά αποτελέσματα υπολογισμού του κόστους λειτουργίας των δύο προτεινόμενων λύσεων, ενώ ο Πίνακας 6, έχει τα αποτελέσματα υπολογισμού των αερίων ρύπων. (Οι υπολογισμοί μπορούν να αναζητηθούν στο συνημμένο Excel υπολογισμών).

Πίνακας 5. Υπολογισμός κόστους για την μονάδα φυσικού αερίου και τα 2 αιολικά πάρκα.

| | **ΙΣΧΥΣ** | **ΣΥΝΤ. ΦΟΡΤΙΟΥ** | **ΩΡΕΣ/ΕΤΟΣ** | **ΕΝΕΡΓΕΙΑ** | **Μοναδιαίο Κόστος** | **Τελικό Κόστος** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **MW** | | | **GJ** | **US/MWh** | **USD** |
| ΣΤΑΘΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ | 20 | 30% | 8760 | 189,216 | 132 | 6,937,920 |
| ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ | 10 | 34% | 8760 | 107,222 | 96.8 | 2,883,091 |
| ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ - ΘΑΛΑΣΣΑ | 10 | 27% | 8760 | 85,147 | 330.6 | 7,819,351 |
| | | | | 192,370 | | |

Πίνακας 6. Υπολογισμός αέριων ρύπων από την λειτουργία του σταθμού φυσικού αερίου.

| | **Ενέργεια Σταθμού ΦΑ, GJ** | 189,216 | |
|---|---|---|---|
| **ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ** | **g/GJ** | **g** | **tonnes** |
| $CO_2$ (g/GJ) | 56,100 | 10,615,017,600 | 10,615 |
| $SO_2$ (g/GJ) | 0.68 | 128,667 | 0.13 |
| $NO_x$ (g/GJ) | 93.3 | 17,653,853 | 17.65 |
| CO (g/GJ) | 14.5 | 2,743,632 | 2.74 |
| Οργανικές Ενώσεις (g/GJ) | 1.58 | 298,961 | 0.30 |
| Αιωρούμενα σωματίδια (g/GJ) | 0.1 | 18,922 | 0.02 |

Πίνακας 7. Αριθμός εργαζομένων για τις δύο εναλλακτικές προτάσεις

| | **Κατασκευή** | **Λειτουργία** |
|---|---|---|
| **Σταθμός ΦΑ** | **100** | **30** |
| **Αιολικό Πάρκο** | **50** | **10** |
| **Αιολικό Πάρκο-Θάλασσα** | **30** | **10** |

Οι αριθμοί των εργαζομένων κατά την διάρκεια της κατασκευής και της λειτουργίας των δύο περιπτώσεων ελήφθη κατ' εκτίμηση και θα πρέπει να επικαιροποιούνται για κάθε υποψήφια πρόταση ώστε να ανταποκρίνονται στις συνθήκες του εκάστοτε έργου.

## ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Όπως έχει αναφερθεί η σύγκριση των δύο εναλλακτικών και η λήψη απόφασης για την τελική επιλογή θα γίνει στην βάση της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Οι διαστάσεις που θα ληφθούν υπόψη, δηλαδή τα Κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής τέσσερα (4) :

Α. Τεχνολογία. Αξιολογεί την ωριμότητα της τεχνολογίας, την ευκολία λειτουργίας και χειρισμού, καθώς και άλλες απτές ή άϋλες επιπτώσεις.

Β. Οικονομία. Συμπεριλαμβάνει το κόστος κατασκευής, λειτουργίας, συντήρησης καθώς και το κόστος αποσυναρμολόγησης στο τέλος του κύκλου λειτουργίας.

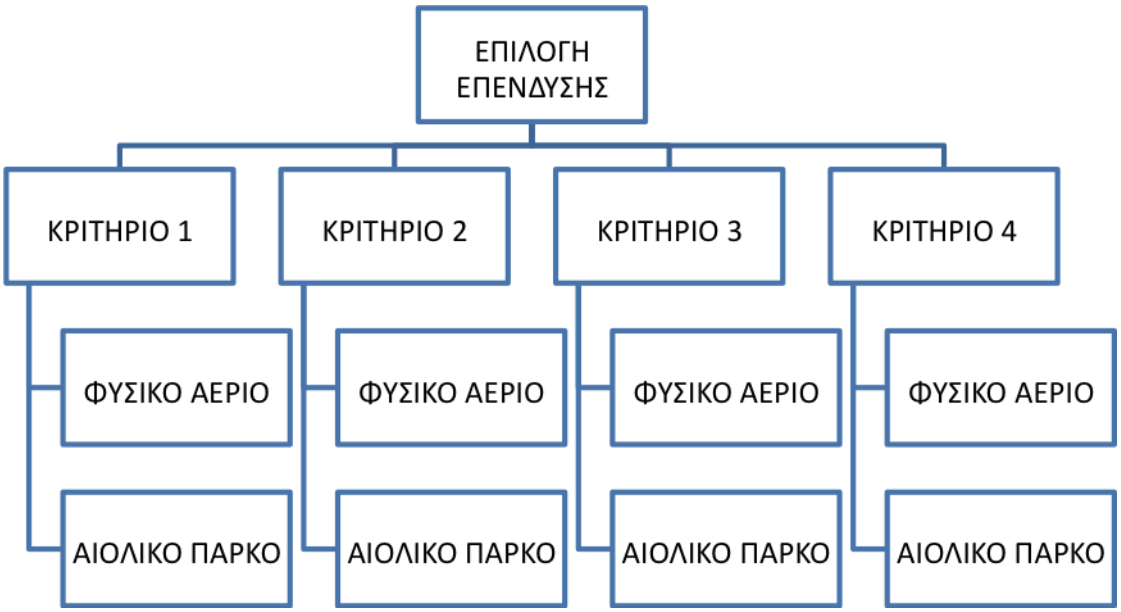
Γ. Περιβάλλον. Επιπτώσεις στο έδαφος, τον αέρα, τα νερά, τα οικοσυστήματα, την αισθητική του τοπίου, και τον κίνδυνο που συνεπάγεται για τον άνθρωπο είτε από την λειτουργία του σταθμού, είτε από την προσαγωγή του καυσίμου.

Δ. Κοινωνία. Περιλαμβάνει τις κοινωνικές αντιδράσεις για την συγκεκριμένη τεχνολογία, τις θέσεις εργασίας και το επίπεδο απασχόλησης.

Για κάθε έναν από τους τέσσερες Λήπτες Απόφασης – Επενδυτές, Κυβέρνηση, Τοπική Αυτοδιοίκηση, Κοινωνικοί Φορείς – αναζητείται μια κατάταξη σημαντικότητας για την τελική απόφαση (Σχήμα 4.)

Για την διαδικασία επιλογής, θα χρησιμοποιηθεί η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία, η οποία έχει μοντελοποιηθεί στο συνημμένο Excel. Για κάθε Λήπτη Απόφασης υπάρχει ένα φύλλο εργασίας:

- AHP – ΕΠΕΝΔΥΤΕΣ (Α)
- AHP – ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ (Β)
- AHP – ΤΟΠΙΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ (Γ)
- AHP – ΜΚΟς (Δ)




Σχήμα 4. Τα κριτήρια και οι εναλλακτικές για κάθε Λήπτη Απόφασης.

Οι βασικοί συμμετέχοντες στην διαδικασία μπορούν να ενσωματωθούν στις παρακάτω ομάδες:

Α. Επενδυτές, Β. Κυβέρνηση, Γ. Τοπική Αυτοδιοίκηση, Δ. Κοινωνικοί Φορείς, ΜΚΟ,

Το μητρώο λήψης απόφασης συνεπώς διαμορφώνεται ως εξής :

| **ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ** / **ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ** | **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΙ** | **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ** | **ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ** | **ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ** |
|---|---|---|---|---|
| **ΕΠΕΝΔΥΤΕΣ** | | | | |
| **ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ** | | | | |
| **ΤΟΠΙΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ** | | | | |
| **ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ ΦΟΡΕΙΣ, ΜΚΟ** | | | | |

Η διαδικασία ακολουθεί την ροή του φύλλου εργασίας και έχει τα παρακάτω στάδια:

Στάδιο 1. Ο κάθε Λήπτης Απόφασης εισάγει τον βαθμό σημαντικότητας για κάθε κριτήριο με έναν αριθμό από το 1 μέχρι το 9 στα μώβ κελλιά του Excel. Η βαθμολογία προκύπτει από την βασική ανάλυση της μεθόδου AHP.

| The Fundamental Scale for Pairwise Comparisons | | |
|---|---|---|
| **Intensity of Importance** | **Definition** | **Explanation** |
| 1 | Equal importance | Two elements contribute equally to the objective |
| 3 | Moderate importance | Experience and judgment slightly favor one element over another |
| 5 | Strong importance | Experience and judgment strongly favor one element over another |
| 7 | Very strong importance | One element is favored very strongly over another; its dominance is demonstrated in practice |
| 9 | Extreme importance | The evidence favoring one element over another is of the highest possible order of affirmation |
| Intensities of 2, 4, 6, and 8 can be used to express intermediate values. Intensities 1.1, 1.2, 1.3, etc. can be used for elements that are very close in importance. | | |

| | ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ 1 – 9 |
|---|---|
| ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΙ | 7 |
| ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ | 9 |
| ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ | 3 |
| ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ | 2 |

Στάδιο 2. Το πρόγραμμα Excel δημιουργεί τον πίνακα 1, αμέσως μετά:

1

| | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΙ | ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ | ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ |
|---|---|---|---|---|
| **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΙ** | 1 | 0.777777778 | 2.333333333 | 3.5 |
| **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ** | 1.285714286 | 1 | 3 | 4.5 |
| **ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ** | 0.428571429 | 0.333333333 | 1 | 1.5 |
| **ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ** | 0.285714286 | 0.222222222 | 0.666666667 | 1 |

Στάδιο 3. Ο προηγούμενος πίνακας υψώνεται στο τετράγωνο και υπολογίζεται το ιδιοδιάνυσμα (eigenvalue)

2

**ΥΨΩΝΕΤΑΙ Ο ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ**

| | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΙ | ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ | ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ | SUM OF ROW | ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΙ** | 4 | 3.111111111 | 9.333333333 | 14 | 30.4 | 0.3333 |
| **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ** | 5.142857143 | 4 | 12 | 18 | 39.1 | 0.4286 |
| **ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ** | 1.714285714 | 1.333333333 | 4 | 6 | 13.0 | 0.1429 |
| **ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ** | 1.142857143 | 0.888888889 | 2.666666667 | 4 | 8.7 | 0.0952 |
| | | | | | 91.3 | |

Στάδιο 4. Ο προηγούμενος πίνακας υψώνεται (πάλι) στο τετράγωνο και υπολογίζεται το ιδιοδιάνυσμα (eigenvalue)

3 **ΥΨΩΝΕΤΑΙ Ο ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ**

| | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΙ | ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ | ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ | SUM OF ROW |
|---|---|---|---|---|---|
| **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΙ** | 64 | 49.77777778 | 149.3333333 | 224 | 487.1 |
| **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ** | 82.28571429 | 64 | 192 | 288 | 626.3 |
| **ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ** | 27.42857143 | 21.33333333 | 64 | 96 | 208.8 |
| **ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ** | 18.28571429 | 14.22222222 | 42.66666667 | 64 | 139.2 |
| | | | | | 1461.3 |

ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΑ ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ

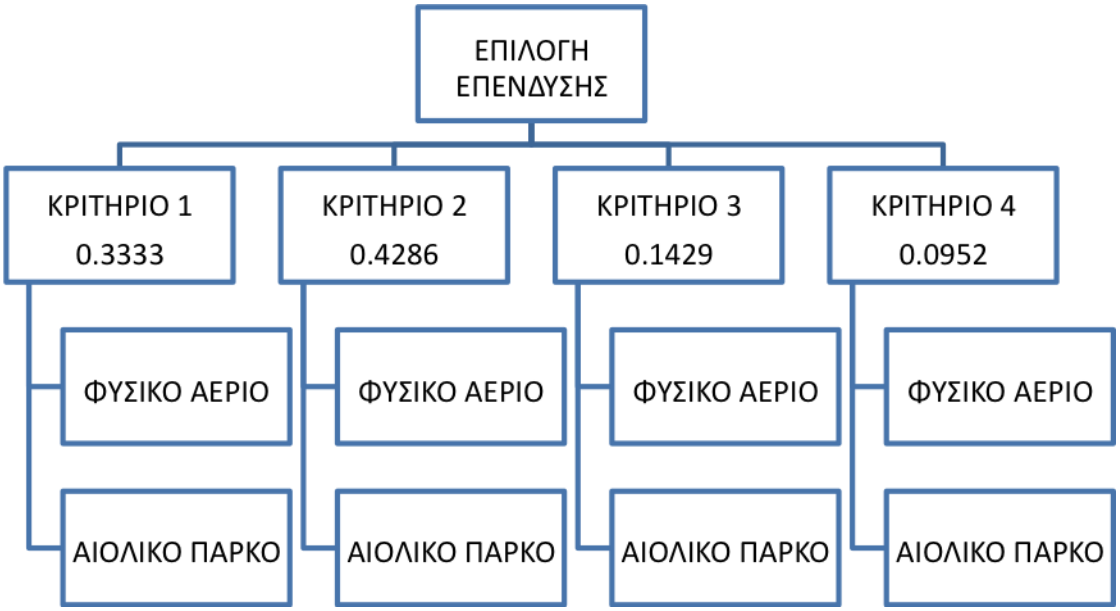
| **ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ** | ΚΑΤΑΤ ΚΡΙΤΗΡ |
|---|---|
| 0.3333 | 2 |
| 0.4286 | 1 |
| 0.1429 | 3 |
| 0.0952 | 4 |

Αν δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στα ιδιοδιανύσματα, η διαδικασία σταματά, αλλοιώς επαναλαμβάνεται μέχρι να υπάρξει σύγκλιση.

Συνεπώς στην περίπτωση μας η διαδικασία για τον Λήπτη Απόφασης έχει δείξει ότι η σημαντικότητα των κριτηρίων είναι όπως εμφανίζεται στην δεξιά στήλη.

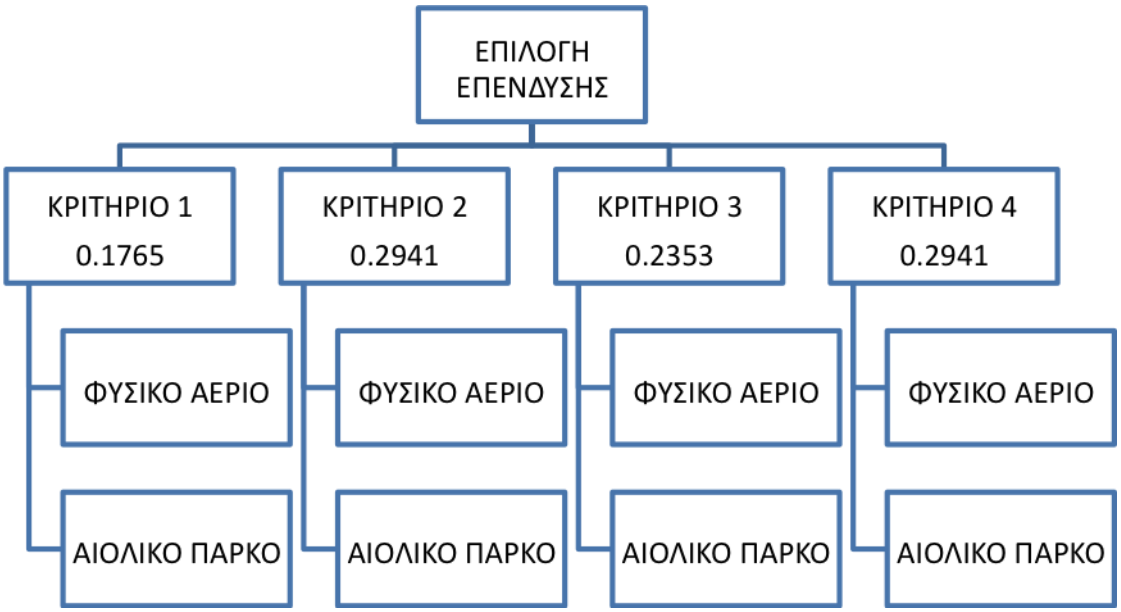
Α. ΕΠΕΝΔΥΤΕΣ

| ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ | ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ |
|---|---|
| 0.3333 | 2 |
| 0.4286 | 1 |
| 0.1429 | 3 |
| 0.0952 | 4 |



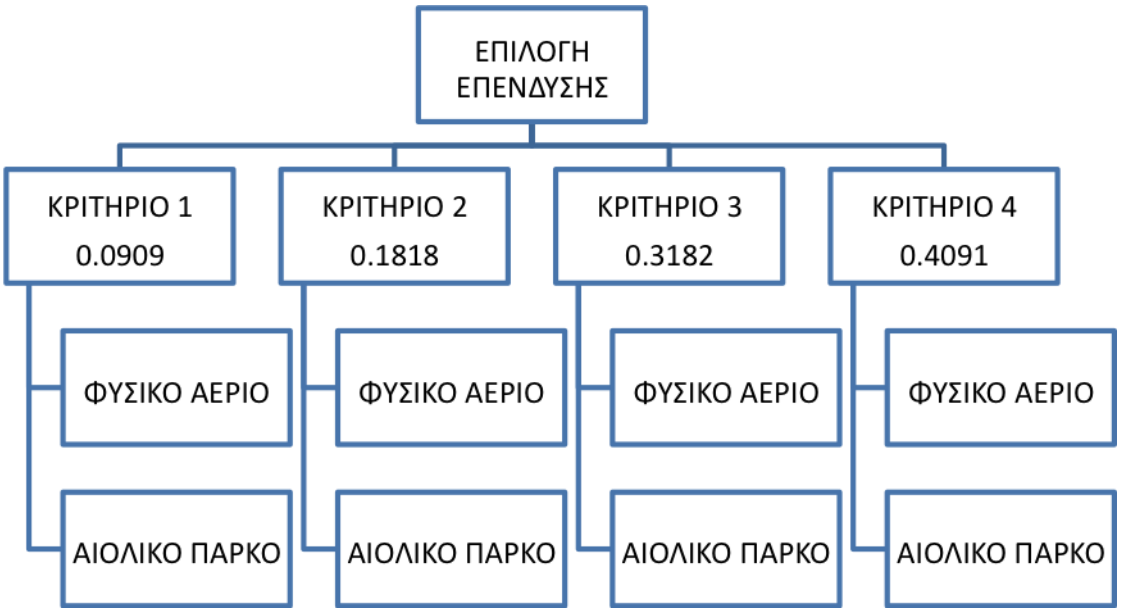

Β. ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ

| ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ | ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ |
|---|---|
| 0.1765 | 4 |
| 0.2941 | 1 |
| 0.2353 | 3 |
| 0.2941 | 2 |



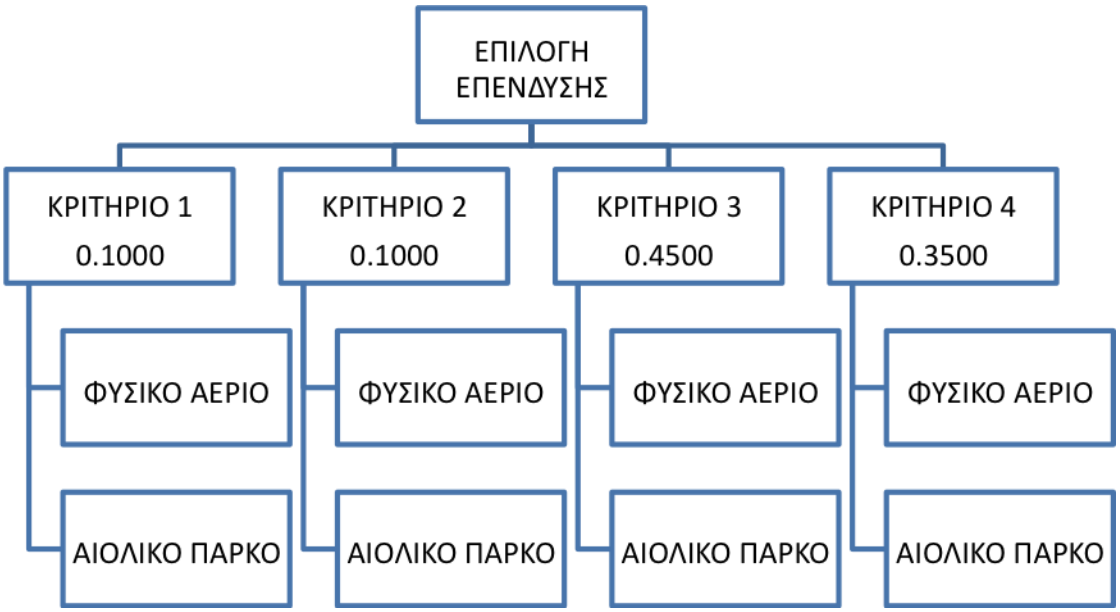

Γ. ΤΟΠΙΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

| **ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ** | ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ |
|---|---|
| 0.0909 | 4 |
| 0.1818 | 3 |
| 0.3182 | 2 |
| 0.4091 | 1 |




Δ. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ ΦΟΡΕΙΣ, ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΩΣΕΙΣ, ΜΚΟς

| **ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ** | ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ |
|---|---|
| 0.1000 | 4 |
| 0.1000 | 3 |
| 0.4500 | 1 |
| 0.3500 | 2 |




ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ

Ως προς τις δύο ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ, δηλ. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ και ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ, ακολουθείται αντίστοιχη διαδικασία, όπως αυτή εμφανίζεται στο συνημμένο Excel, και έχουμε :

**1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**

| | ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ |
|---|---|---|
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 1 | 2 |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 0.5 | 1 |

| ΚΑΤΑΤΑΞΗ | |
|---|---|
| 0.6 | ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ |
| 0.4 | ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ |

**2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ**

| | ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ |
|---|---|---|
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 1 | 1.5 |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 0.666666667 | 1 |

| ΚΑΤΑΤΑΞΗ | |
|---|---|
| 0.6 | ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ |
| 0.4 | ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ |

**3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

| | ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ |
|---|---|---|
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 1 | 0.25 |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 4 | 1 |

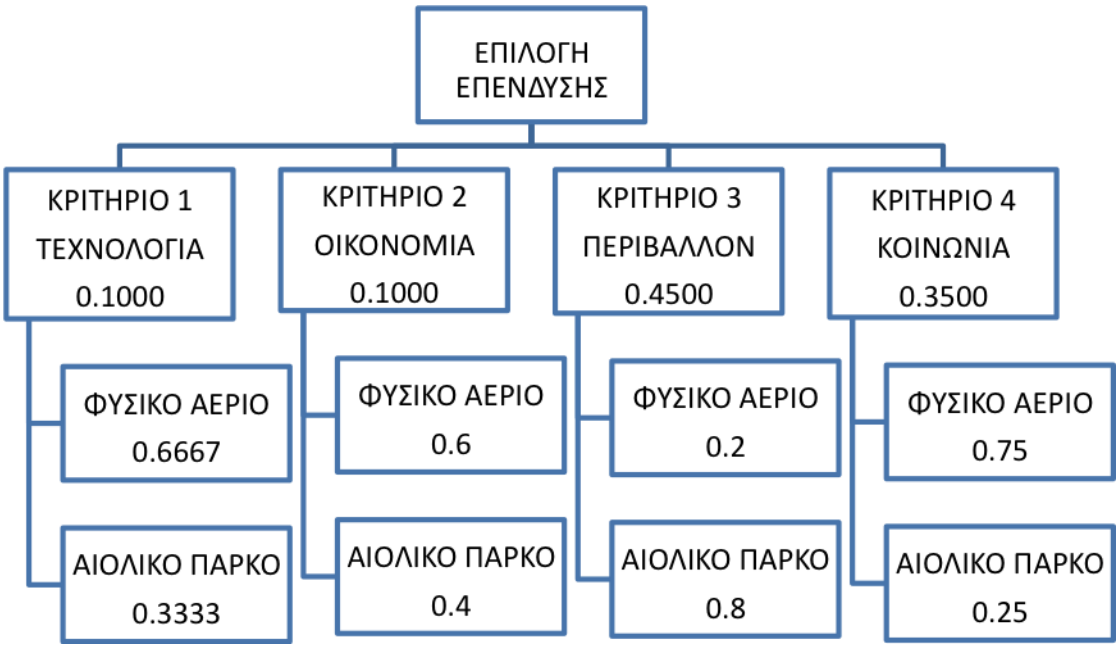
| ΚΑΤΑΤΑΞΗ | |
|---|---|
| 0.2 | ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ |
| 0.8 | ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ |

**4 ΚΟΙΝΩΝΙΑ**

| | ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ |
|---|---|---|
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 1 | 3 |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 0.333333333 | 1 |

| ΚΑΤΑΤΑΞΗ | |
|---|---|
| 0.75 | ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ |
| 0.25 | ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ |

Τώρα είμαστε σε θέση να συμπληρώσουμε το δένδρο ιεράρχησης με όλους τους συντελεστές βαρύτητας όπως αυτοί υπολογίστηκαν για τα τέσσερα (4) κριτήρια και τις δύο (2) εναλλακτικές λύσεις :


ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ
ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 0.1000
ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ 0.1000
ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 0.4500
ΚΡΙΤΗΡΙΟ 4 ΚΟΙΝΩΝΙΑ 0.3500
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ 0.6667
ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ 0.3333
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ 0.6
ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ 0.4
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ 0.2
ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ 0.8
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ 0.75
ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ 0.25

ΤΕΛΙΚΗ ΦΑΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ

Για την τελική φάση κατάταξης για κάθε έναν Λήπτη Απόφασης θα πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τους δύο τελευταίους πίνακες (βλ. συνημμένο Excel), και έχουμε :

## 1. ΕΠΕΝΔΥΤΕΣ

| | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ | ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ | ΚΟΙΝΩΝΙΑ |
|---|---|---|---|---|
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 0.666666667 | 0.6 | 0.2 | 0.75 |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 0.333333333 | 0.4 | 0.8 | 0.25 |

X

| ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ | |
|---|---|
| 0.3333 | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ |
| 0.4286 | ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ |
| 0.1429 | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ |
| 0.0952 | ΚΟΙΝΩΝΙΑ |

**ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΖΟΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΔΥΟ ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ Η ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΛΗΠΤΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ :**

| | |
|---|---|
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 0.5794 |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 0.4206 |

Για τους ΕΠΕΝΔΥΤΕΣ η προτιμητέα λύση είναι αυτή με το ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.

## 2. ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ

| | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ | ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ | ΚΟΙΝΩΝΙΑ |
|---|---|---|---|---|
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 0.666666667 | 0.6 | 0.2 | 0.75 |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 0.333333333 | 0.4 | 0.8 | 0.25 |

X

| ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ | |
|---|---|
| 0.1765 | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ |
| 0.2941 | ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ |
| 0.2353 | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ |
| 0.2941 | ΚΟΙΝΩΝΙΑ |

**ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΖΟΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΔΥΟ ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ Η ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΛΗΠΤΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ :**

| | |
|---|---|
| **ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ** | **0.5618** |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 0.4382 |

Για την ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ η προτιμητέα λύση είναι αυτή με το ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.

### 3. ΤΟΠΙΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

| | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ | ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ | ΚΟΙΝΩΝΙΑ | | ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 0.0909 | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ |
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 0.666666667 | 0.6 | 0.2 | 0.75 | X | 0.1818 | ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 0.333333333 | 0.4 | 0.8 | 0.25 | | 0.3182 | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ |
| | | | | | | 0.4091 | ΚΟΙΝΩΝΙΑ |

**ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΖΟΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΔΥΟ ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ Η ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΛΗΠΤΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ :**

| | |
|---|---|
| **ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ** | **0.5402** |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 0.4598 |

Για την ΤΟΠΙΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ η προτιμητέα λύση είναι αυτή με το ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.

### 4. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ ΦΟΡΕΙΣ, ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΩΣΕΙΣ, ΜΚΟς

| | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ | ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ | ΚΟΙΝΩΝΙΑ | | ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 0.1000 | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ |
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 0.666666667 | 0.6 | 0.2 | 0.75 | X | 0.1000 | ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ |
| ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ | 0.333333333 | 0.4 | 0.8 | 0.25 | | 0.4500 | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ |

| | |
|---|---|
| 0.3500 | ΚΟΙΝΩΝΙΑ |

**ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΖΟΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΔΥΟ ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ Η ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΛΗΠΤΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ :**

| | |
|---|---|
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 0.4792 |
| **ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ** | **0.5208** |

Για τους ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ, κλπ., η προτιμητέα λύση είναι αυτή με τα ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ.

## 14.4 [ Δραστηριότητες ]

Οι εκπαιδευόμενοι θα πρέπει να κατανοήσουν το πνεύμα της αξιολόγησης ενεργειακών επενδύσεων, τις διάφορες διαστάσεις που υπεισέρχονται, και να είναι σε θέση να δημιουργήσουν το μητρώο λήψης απόφασης. Με βάση το παράδειγμα θα πρέπει να είναι σε θέση να διασπάσουν τα κριτήρια σε υποκριτήρια ώστε η αξιολόγηση να γίνει ακόμα πιο αναλυτική. Το συνημμένο Excel προσφέρει την κατάλληλη πλατφόρμα για τους υπολογισμούς και με μικρές τροποποιήσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ευρύτερες εφαρμογές. Εναλλακτικά υπάρχουν στο διαδίκτυο ιστότοποι οι οποίοι προσφέρουν αντίστοιχο λογισμικό που εμπλέκει την Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP) για την κατάταξη εναλλακτικών και την υποβοήθηση στην λήψη των αποφάσεων για πολύπλοκα τεχνολογικά και άλλα έργα.

Οι εκπαιδευόμενοι θα πρέπει να χωριστούν σε ομάδες σύμφωνα με το παράδειγμα, να αντλήσουν στοιχεία από την βιβλιογραφία για αντίστοιχες επενδύσεις (κόστη, ενέργεια, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, επίπεδο απασχόλησης, κλπ.) και να προσομοιώσουν τους συντελεστές βαρύτητας που αυτοί θεωρούν δόκιμους για τις αντίστοιχες περιπτώσεις. Στο τέλος της διαδικασίας είναι δυνατόν, έχοντας υπολογίσει μέσω του λογισμικού, την κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων, να προσέλθουν στο τραπέζι των διαπραγματεύσεων και να υποστηρίξουν τις επιλογές τους σύμφωνα με τα αντικειμενικά δεδομένα και την διαδικασία των συγκρίσεων ανά-ζεύγη (pair-wise comparisons).

Η όλη προσπάθεια θα πρέπει να αποτυπωθεί υπό τύπον μελέτης και να αποτελέσει υπόδειγμα λήψης απόφασης κάτω από το πρίσμα των διαπραγματεύσεων, των τεχνικών δεδομένων, και των περιβαλλοντικών περιορισμών.

## 14.5 [ Παραρτήματα ]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Η παρούσα ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ αντλεί στοιχεία από το διαδίκτυο και χρησιμοποιεί το συνημμένο EXCEL με όνομα αρχείου:

**ENERGY_INVEST_CASE_STUDY_DH.xlsx.**

Χρήσιμα είναι επίσης τα δύο συνημμένα αρχεία ACROBAT με πληροφορίες για την μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης και λήψης αποφάσεων.

**AHP_tutorial.pdf**

**Wiki AHP Analytic hierarchy process.pdf**

Κατάλληλο λογισμικό για υπολογισμούς με την AHP μέθοδο, μπορεί ο εκπαιδευόμενος να βρεί στον ιστότοπο :

https://makeitrational.com/demo/decision-making-software

## 14.6 [ Ενδεικτική βιβλιογραφία ]

- **Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία**
- **Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**
  -

μ/π[14]

## Οδηγός διδασκαλίας για την μελέτη περίπτωσης

## Σύνοψη

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια είναι μια βασική συνιστώσα στην σύγχρονη εποχή, και η εξασφάλιση ενεργειακών πόρων για κάλυψη βασικών αναγκών του ανθρώπου, ( όπως θέρμανση, μαγείρεμα, φωτισμός, μετακίνηση, λειτουργία συσκευών, κλπ.) αποτελεί πρωταρχικό μέλημα. Η ενεργειακή σκηνή έχει μεταβληθεί τους τελευταίους δύο αιώνες από την στήριξη στην βιομάζα αρχικά, στο κάρβουνο στην συνέχεια, και στην εξάρτηση από το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και την πυρηνική ενέργεια τις τελευταίες δεκαετίες.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως ηλιακή, αιολική, υδροηλεκτρική, γεωθερμία, έχουν έρθει στο προσκήνιο τα τελευταία χρόνια, και αυτό οφείλεται σε μια σειρά από λόγους, όπως:

I) εξάντληση των αποθεμάτων πετρελαίου, φυσικού αερίου και κάρβουνου,

II) των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλεί η καύση των υδρογονανθράκων, όπως η ρύπανση της ατμόσφαιρας, των νερών, του εδάφους, αλλά και η κλιματική αλλαγή (επιτάχυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου),

III) η εξάρτηση για τα καύσιμα αυτά από χώρες που είναι πολιτικά ασταθείς και πολλές φορές σε εμπόλεμη κατάσταση με γειτονικές τους χώρες,

IV) η ανάγκη για διαφοροποίηση του ενεργειακού μίγματος και η εισαγωγή νέων καυσίμων,

V) το σημαντικό, ολοένα αυξανόμενο, κόστος της ενέργειας και η αναζήτηση φθηνότερων λύσεων.

Σε όλα τα παραπάνω ζητήματα οι ΑΠΕ, και οι με αυτές συνυφασμένες τεχνολογίες, προσφέρουν συνήθως μια αρκετά ελκυστική λύση, καθώς είναι συνδεδεμένες με την ροή ενέργειας στο περιβάλλον (ηλιακή, αιολική, υδραυλική, γεωθερμία, βιομάζα), είναι σχετικά ανταγωνιστικές από οικονομικής άποψης και η τιμή μονάδας για την παραγόμενη ενέργεια βαίνει συνεχώς μειούμενη, ενώ ταυτόχρονα δεν έχουν σημαντικά περιβαλλοντικά κόστη όπως οι συμβατικοί πόροι, είναι ενδογενείς σε κάθε χώρα, και ως συνέπεια μειώνεται η εξάρτηση από άλλες χώρες. Η αποκεντρωμένη μορφή τους δε προσφέρει δυνατότητες ανάπτυξης και απασχόλησης σε τοπικό επίπεδο.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ όμως και ο ρυθμός διείσδυσης της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ σε διάφορα μέρη δεν συμβαδίζει με τα πλεονεκτήματα που προαναφέρθηκαν και αυτό οφείλεται στην δυσκολία υιοθέτησης νέων τεχνολογιών, στην αντίδραση πολλές φορές τοπικών παραγόντων στην εγκατάσταση έργων ΑΠΕ (όπως π.χ. πάρκα ανεμογεννητριών, φωτοβολταϊκοί σταθμοί, σταθμοί γεωθερμίας, υδροηλεκτρικοί σταθμοί, κλπ.), και στην μακροχρόνια διαδικασία που περιλαμβάνει την αρχική μελέτη, την έγκριση, την περίοδο διαβούλευσης, την αδειοδότηση, τον σχεδιασμό του έργου και την τελική υλοποίηση της επένδυσης (www.cres.gr , www.ypeka.gr ).

Διαφορετικής φύσεως, αλλά έντονου χαρακτήρα προβλήματα αντιμετωπίζει η εγκατάσταση συμβατικών ενεργειακών μονάδων, όπως θα εξεταστεί στα επόμενα η εναλλακτική λύση μονάδας ηλεκτροπαραγωγής με καύση φυσικού αερίου. Το φυσικό αέριο είναι ένα καύσιμο που εισάγεται στην Ελλάδα από την Ρωσία και την Αλγερία, είναι σχετικά φθηνότερο και περιβαλλοντικά καθαρότερο τόσο από το κάρβουνο, όσο και από το πετρέλαιο, ενώ η ευκολία χρήσης του το καθιστά ιδιαίτερα ελκυστικό. Η

τεχνολογία του είναι δοκιμασμένη, η απόδοση του συστήματος υψηλή, και μπορεί να λειτουργήσει κοντά σε αστικές περιοχές. Για την χωροθέτηση σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού ισχύει η σχετική νομοθεσία, που περιλαμβάνει τον σταθμό, τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρισμού, την διέλευση των αγωγών φυσικού αερίου ή τις λιμενικές εγκαταστάσεις για πρόσδεση δεξαμενοπλοίων, καθώς και μια σειρά από άλλες διατάξεις αναφορικά με την λειτουργία του σταθμού (www.depa.gr, www.desfa.gr, www.rae.gr )

Ο σχεδιασμός του ηλεκτρικού συστήματος μιάς περιοχής με σημαντική διείσδυση της αιολικής ενέργειας είναι ένα σύνθετο πρόβλημα και απαιτείται να ενσωματώσει το μοντέλο ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας, τις απαιτήσεις του χωροταξικού σχεδιασμού, τα αποτελέσματα του μοντέλου πρόβλεψης του αιολικού δυναμικού, του μοντέλου επιλογής των βέλτιστων δυνατών θέσεων για εγκατάσταση ανεμογεννητριών, το μοντέλο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα και των συναφών απωλειών δικτύου, την οικονομική αξιολόγηση, και τέλος την περιβαλλοντική αξιολόγηση της επένδυσης. Η διερεύνηση έχει σημείο εκκίνησης μακροοικονομικά μεγέθη όπως είναι η μακροχρόνια εξέλιξη της ζήτησης ηλεκτρισμού και καταλήγει στην αναζήτηση λύσεων στο επίπεδο της μικροοικονομικής αξιολόγησης επενδύσεων. Ταυτόχρονα είναι απολύτως αναγκαία η διερεύνηση και αντιμετώπιση κοινωνικο-οικονομικών παραμέτρων, ενώ απόλυτα σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τόσο στο τοπικό (αισθητική τοπίου, μείωση εκπομπών) όσο και στο ευρύτερο πεδίο αναφοράς (φαινόμενο θερμοκηπίου και δεσμεύσεις του Πρωτοκόλλου του Κυότο).

Σε όλα αυτά τα στάδια υλοποίησης ενός ενεργειακού έργου, αλλά ειδικά στο στάδιο της διαβούλευσης, υπεισέρχονται διαφορετικές ομάδες με συγκεκριμένους στόχους και συμφέροντα. Αυτές μπορούν να κατηγοριο-ποιηθούν ευρύτερα στις :

1. Επενδυτές, Τράπεζες, Μελετητές

2. Κεντρική Κυβέρνηση
3. Τοπική Αυτοδιοίκηση
4. Τοπική Κοινωνία και φορείς

Τα κριτήρια για την λήψη μιας απόφασης για μια καινούργια μονάδα παραγωγής ενέργειας μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν στις παρακάτω ομάδες:

1. Τεχνολογικά – Ποια είναι η πλέον ώριμη τεχνολογία, ποιος την προσφέρει, τι υπάρχει ως πρόβλεψη στο εγγύς μέλλον.
2. Οικονομικά – ποια είναι η οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης
3. Περιβαλλοντικά – ποια η περιβαλλοντική συγκρισιμότητα της επένδυσης με άλλες παρεμφερείς
4. Κοινωνικά – ποιό είναι το κοινωνικό περιβάλλον υποδοχής της νέας ενεργειακής τεχνολογίας, το επίπεδο γνώσεων, απασχόλησης, οι πιθανές εναλλακτικές.

Γίνεται φανερό ότι για ένα ενεργειακό έργο, του οποίου η ανάγκη έχει θεμελιωθεί, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη μια σειρά από παράγοντες, και θα πρέπει επίσης να ληφθή υπόψη η άποψη όλων των εμπλεκομένων μερών.

Σε μια τέτοια περίπτωση η πλέον ενδεδειγμένη προσέγγιση είναι η πολυκριτηριακή ανάλυση των προτεινόμενων λύσεων και η λήψη αποφάσεων με βάση την διαβούλευση ανάμεσα στους εμπλεκόμενους φορείς/ομάδες/κλπ. Στο Εργαστήριο Διαχείρισης Ενέργειας, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, υπάρχει ενεργός ιστότοπος με στοιχεία, παραδείγματα και πληροφορίες (www.aegean.gr/environment/energy/mcda).

## ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Η διαδικασία λήψης απόφασης σε θέματα ενεργειακού-περιβαλλοντικού σχεδιασμού καλείται ουσιαστικά να αναλύσει τις συγκρούσεις που προκύπτουν από την διαφορετική θεώρηση κοινωνικο-πολιτικών,

περιβαλλοντικών και οικονομικών παραμέτρων. Οι εναλλακτικές επιλογές πρέπει αρχικά να αναγνωριστούν και στη συνέχεια να αξιολογηθούν σύμφωνα με ένα σύνολο κριτηρίων επιλογής. Η περιπλοκότητα της διαδικασίας ενισχύεται από την παρουσία ενός μεγάλου αριθμού συμμετεχόντων (stakeholders) αλλά και των Ληπτών Απόφασης (Decision Makers) με αντικρουόμενες προτιμήσεις. Επομένως, δεν μπορεί να υπάρξει μία μοναδική καλύτερη λύση καθώς η όλη διαδικασία προσπαθεί να εκτιμήσει το σύνολο των κοινά αποδεκτών συμβιβαστικών λύσεων.

Για την λήψη απόφασης και την πρόκριση μιας από τις προτεινόμενες λύσεις απαιτείται η δημιουργία του πίνακα με τους εμπλεκόμενους φορείς και τα χαρακτηριστικά τους, ο προσδιορισμός των σχετικών κριτηρίων αξιολόγησης αναφορικά με την παραγόμενη ενέργεια, την προτεινόμενη τεχνολογία, τους οικονομικούς όρους της επένδυσης, τα περιβαλλοντικά στοιχεία της περιοχής (έδαφος, αέρας, νερά, αισθητική, κίνδυνος, κλπ.), τα κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής, και γενικά κάθε είδους πληροφορία που υπεισέρχεται στην τελική συνολική θεώρηση. Απαιτούνται επίσης δεδομένα κόστους για τις εμπλεκόμενες τεχνολογίες, δεδομένα περιβαλλοντικών πιέσεων, θέματα χωροθέτησης, σχετική νομοθεσία, κ.ά..

Σχηματικά το Μεθοδολογικό Πλαίσιο Πολυκριτηριακής Αξιολόγησης επενδύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

- Αναγνώριση των συμμετεχόντων στη διαδικασία
- Προσδιορισμός των εναλλακτικών δράσεων
- Καθορισμός των κριτηρίων αξιολόγησης
- Αποτίμηση των κριτηρίων – προσδιορισμός του μητρώου απόφασης
- Επιλογή της κατάλληλης πολυκριτηριακής μεθόδου
- Απόσπαση/αποκάλυψη της προτίμησης των Ληπτών Απόφασης και ενσωμάτωσή της στο μοντέλο
- Ανάλυση των αποτελεσμάτων

- Προσδιορισμός της καλύτερης συμβιβαστικής λύσης
- Εφαρμογή του μοντέλου – αντιμετώπιση της ατέλειας των δεδομένων

Προσδιορισμός των Συμμετεχόντων και των Ληπτών Απόφασης

Για τις ανάγκες της Μελέτης Περίπτωσης είναι χρήσιμο να γνωρίζουν οι μετέχοντες της διαδικασίας την πραγματική εικόνα που παρουσιάζεται κάθε φορά σε τέτοια θέματα ενεργειακών επιλογών.

Οι συμμετέχοντες συμπεριλαμβάνουν μεμονωμένα άτομα, κοινωνικές ομάδες, θεσμικά όργανα, και διοικητικές αρχές που δύνανται να επηρεάσουν έμμεσα ή άμεσα τη διαδικασία επιλογής. Όλοι αυτοί συνθέτουν ένα βασικό πλέγμα για την δημιουργία και αξιολόγηση βραχυπρόθεσμων σεναρίων αλλά και στρατηγικών επιλογών ηλεκτροπαραγωγής, καθώς θα αντιδράσουν σε συγκεκριμένες προτάσεις σύμφωνα με το δικό τους σύστημα αξιών.

Στην αρχή της διαδικασίας αναγνωρίζονται όλοι οι συμμετέχοντες και καθορίζεται ποιος συμμετέχει, σε ποιο στάδιο και σε ποιο βαθμό. Για την διαδικασία αυτή τα επιχειρήματα θα πρέπει να είναι σαφή και ξεκάθαρα.

Οι παίκτες δύναται να διαχωριστούν σε δύο ομάδες, τους άμεσα συμμετέχοντες και τις ομάδες ενδιαφερόμενων. Οι πρώτοι αποτελούνται από τους ανθρώπους που έχουν την ευθύνη να οργανώσουν και να συμμετέχουν στη διαδικασία απόφασης (DMs, ειδικοί, αναλυτές). Οι δεύτεροι απαρτίζονται από πολιτικές ομάδες, οργανώσεις πολιτών, και κατοίκους της περιοχής. Η κάθε μία από αυτές τις ομάδες έχει τις δικές της απόψεις που διαμορφώνουν διαφορετικά συστήματα αξιών. Είναι σημαντικό όλοι οι ενδιαφερόμενοι να έχουν τη δυνατότητα συμμετοχής έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη όλες οι διαφορετικές γνώμες.

Η ενημέρωση των ενδιαφερόμενων από τα αρχικά στάδια της διαδικασίας αυξάνει την πιθανότητα επίτευξης μιας επιτυχημένης διεργασίας λήψης απόφασης. Αυτό συμβαίνει κυρίως διότι έτσι οι συμμετέχοντες δεσμεύονται για τη συνέχιση της προσπάθειας, αποφεύγονται άγονες αντιπαραθέσεις

λόγω έλλειψης ενημέρωσης, και επιτυγχάνεται συγκέντρωση των συμμετεχόντων στα σημαντικά τμήματα του προβλήματος.

Πιο συγκεκριμένα, η ολοκληρωμένη αξιολόγηση επενδύσεων ΑΠΕ απαιτεί τη συμμετοχή πολλών Ληπτών Απόφασης στη διαδικασία λήψης απόφασης. Ο τοπικός χαρακτήρας των ΑΠΕ πρακτικά επιβάλει τη συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας στη διαδικασία, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα εφαρμογής της επιλεγμένης δράσης. Η τοπική κοινωνία δύναται να συμμετέχει άμεσα (ερωτηματολόγια, δημόσιες συζητήσεις, συνεντεύξεις) ή έμμεσα μέσω των εκπροσώπων της τοπικής και περιφερειακής αυτοδιοίκησης. Επιπλέον, η ίδια η φύση του ενεργειακού σχεδιασμού επιβάλει τη συμμετοχή της κεντρικής διοίκησης (αρμόδια υπουργεία ΥΠΕΚΑ, ΥΠΑΝ, ΔΕΗ, Ρ.Α.Ε., Κ.Α.Π.Ε.), καθώς η όποια απόφαση θα έχει επιπτώσεις στην παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας της περιοχής σε σχέση με το υπάρχον κεντρικό ενεργειακό δίκτυο. Οι πιθανοί επενδυτές (τράπεζες, επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στους σχετικούς τομείς, τοπικές αναπτυξιακές εταιρίες) θα πρέπει επίσης να συμμετέχουν, καθώς θα παρέχουν τα απαραίτητα κεφάλαια για την ενεργοποίηση και συνέχιση των αναπτυξιακών έργων. Ο ολοένα και περισσότερο ενισχυμένος ρόλος των μη κυβερνητικών οργανώσεων απαιτεί και τη δική τους συμμετοχή στις διεργασίες ενεργειακού σχεδιασμού, μιας και αυτός συνδέεται άμεσα με την ποιότητα του περιβάλλοντος της περιοχής και καθορίζει και θέματα ασφάλειας της προμήθειας ενέργειας. Πολλές φορές προτείνεται/προσκαλείται τη συμμετοχή της ακαδημαϊκής κοινότητας για την συνδρομή με την απαραίτητη τεχνογνωσία καθώς τα θέματα ενέργειας, περιβάλλοντος, οικονομικής αξιολόγησης, ανάπτυξης, έχουν σημαντικό βαθμό πολυπλοκότητας και αλληλοεξάρτησης. Η συμμετοχή της ακαδημαϊκής κοινότητας μπορεί να διευκολύνει την εφαρμογή της επιλεχθείσας εναλλακτικής και πολλές φορές δημιουργεί σχέσεις εμπιστοσύνης μεταξύ των υπόλοιπων μελών της ομάδας.

## *Εκπαιδευτικοί στόχοι*

Βασικός **στόχος** είναι η, μέσω της Μελέτης Περίπτωσης, εξοικείωση του εκπαιδευομένου με το ενεργειακό πρόβλημα και τις αλληλένδετες συνιστώσες του. Αυτές είναι το ευρύτερο οικονομικό σύστημα και η λειτουργία του, η περιβαλλοντική διαχείριση, η εξοικείωση με την τεχνολογία, η κοινωνική διάσταση που εκτείνεται σε όλο το φάσμα των ενεργειών, από την επιλογή και υποστήριξη φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών ενέργειας, μέχρι την ατομική συμπεριφορά σε θέματα χρήσης της ενέργειας στην κατοικία, στον χώρο εργασίας, στις μετακινήσεις, κλπ..

Ο εκπαιδευόμενος θα πρέπει να συνειδητοποιήσει ότι δεν υπάρχουν ξεκάθαρες, μοναδιαίες λύσεις για το ενεργειακό πρόβλημα, ότι οι λύσεις θα πρέπει να αναζητηθούν στην σημερινή και ώριμη τεχνολογία, στην κοινωνική διαβούλευση και συμφωνία για την επιλογή της και την χρήση της σε όλη την κλίμακα των ενεργειών. Παράλληλα θα πρέπει να υπάρξει η ευαισθητοποίηση προς το περιβάλλον που είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ζωή των ανθρώπων - είτε των κατοίκων των πόλεων, είτε αυτών στις αγροτικές περιοχές – ότι οι ενεργειακοί, και όχι μόνον, πόροι προέλευση έχουν το περιβάλλον, ότι οι συμβατικοί ενεργειακοί πόροι έχουν πεπερασμένο χρόνο ζωής (εξάντλησης) και ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ροές μέσα στο περιβάλλον, έχουν σχεδόν μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα (carbon footprint) και δεδομένης της ύπαρξης κατάλληλης, ώριμης τεχνολογίας είναι σε θέση να συνεισφέρουν στην κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών της κοινωνίας. Ταυτόχρονα συντελούν στην υποστήριξη λύσεων οι οποίες επιτρέπουν στις χώρες να ανταπεξέλθουν στην δέσμευση περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στα πλαίσια του Πρωτοκόλλου του Κυότο (βλ. ιστότοπο : http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php ).

Χρήσιμα στοιχεία μπορεί να αναζητηθούν στους ιστότοπους

A. http://www.energy.eu/, για την Ευρώπη

B. www.energy.gov , για τις ΗΠΑ, και ευρύτερα.

Γ. www.nrel.gov, για τις ΑΠΕ στις ΗΠΑ.

Δ. www.cres.gr, για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα.

Ε. www.rae.gr, Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας στην Ελλάδα.

ΣΤ. http://www.bp.com/bodycopyarticle.do?categoryId=1&contentId=7052055, ιστότοπος για την παγκόσμια κατάσταση ενεργειακής προσφοράς, αποθεμάτων, εμπορίου, κλπ. της εταιρείας BP AMOCO.

Ζ. www.ypeka.gr , το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Τα **γνωστικά αντικείμενα** τα οποία θα πρέπει να διατρέξουν οι εκπαιδευόμενοι είναι:

(a) Ενεργειακοί πόροι.
   i. Συμβατικοί – Κάρβουνο, Πετρέλαιο, Φυσικό Αέριο, Πυρηνική Ενέργεια
   ii. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Ηλιακή, Αιολική, Υδροηλεκτρική, Γεωθερμία, Βιομάζα.

(b) Ενεργειακές Τεχνολογίες
   (i) Συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής με φυσικό αέριο.
   (ii) Φωτοβολταϊκά Κύτταρα, Ανεμογεννήτριες, Υδροηλεκτρικός Σταθμός, Γεωθερμικός Σταθμός, Σταθμός με καύση βιομάζας.

(c) Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις
   (i) Επιπτώσεις σε : έδαφος, αέρα, νερά (λίμνες, ποτάμια, θάλασσα, υδροφόρο ορίζοντα), κλιματική αλλαγή, αισθητική τοπίου.
   (ii) Επιπτώσεις σε : οικοσυστήματα, ανθρώπινη υγεία.

(d) Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Λήψη Αποφάσεων
   (i) Μοντέλο Λήψης Απόφασης (Decision Model)

(ii) Εμπλεκόμενοι φορείς και λήπτες απόφασης (Decision Makers and Stake-holders)
(iii) Κριτήρια και συντελεστές βαρύτητας
(iv) Κοινωνική Διαβούλευση – Όροι και προϋποθέσεις

## *Θεματολογία συζήτησης*

Ο εκπαιδευτής αναλύει τα σχετικά με την ενέργεια και τις βασικές ανάγκες που αυτή καλύπτει, τα θέματα της ενεργειακής προσφοράς και της ενεργειακής ζήτησης, καθώς και τους βασικούς άξονες που υπεισέρχονται στην ανάλυση του προβλήματος και στην αναζήτηση των εφικτών λύσεων, μέσα από τις οποίες θα προκριθεί η πλέον κατάλληλη και ώριμη ώστε και να υλοποιηθεί. Γίνεται αναφορά *στα υπέρ και στα κατά* κάθε προτεινόμενης λύσεως και οργανώνεται το πλαίσιο ανάλυσης και συζήτησης.

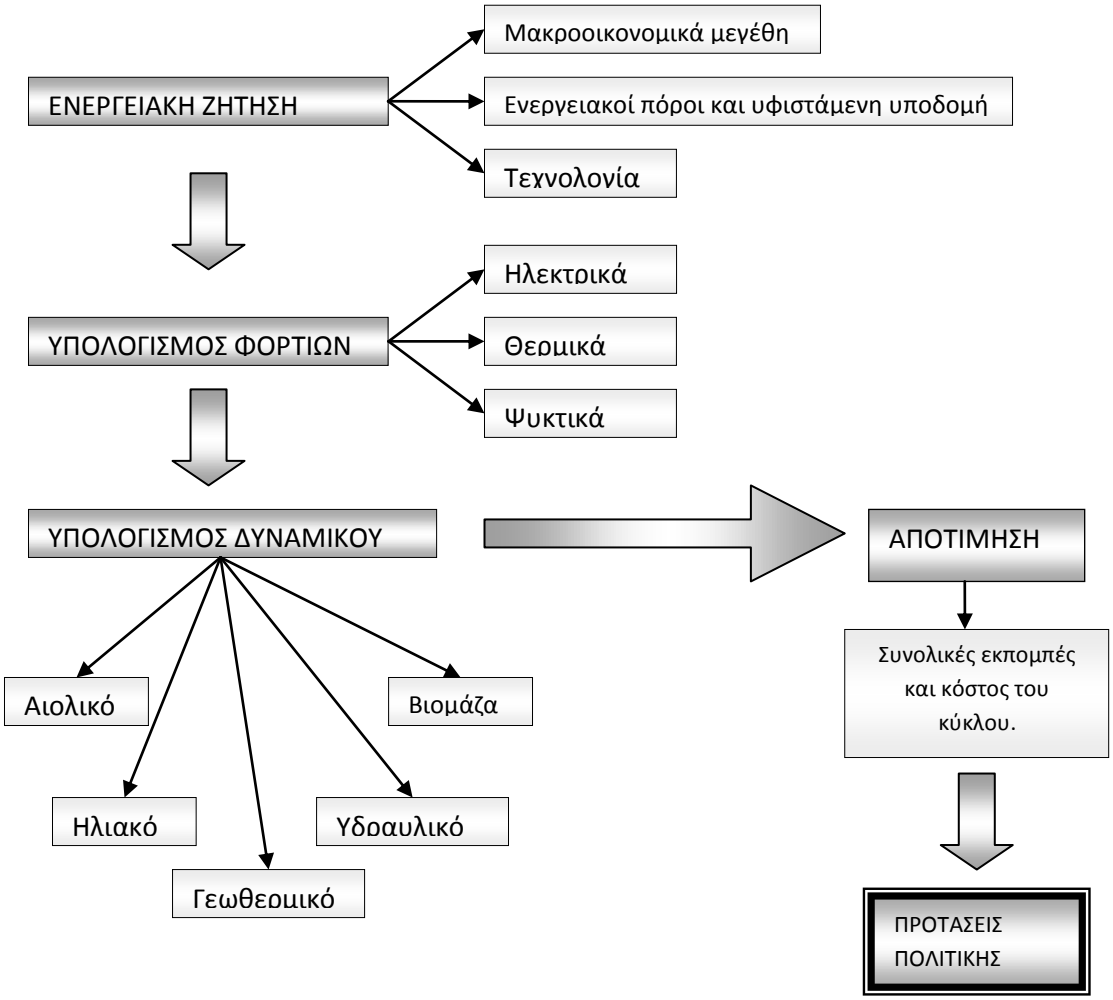
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Η εγκατάσταση σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, με συμβατικά καύσιμα ή/και με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολικά πάρκα) σε μια περιοχή, απαιτεί μια μελέτη, η οποία θα λαμβάνει υπόψη παραμέτρους που σχετίζονται με οικονομικά, περιβαλλοντικά, τεχνικά, νομοθετικά και κοινωνικά θέματα.

Ένα βασικό μεθοδολογικό πλαίσιο αποτελείται από μια σειρά σταδίων που περιλαμβάνουν υπολογισμούς και αξιολογήσεις και οδηγούν σε ένα αποτέλεσμα, βάσει του οποίου κρίνεται κατά πόσο είναι δυνατή η εγκατάσταση ενός συστήματος σε μια περιοχή και κάτω από ποιες συγκεκριμένες συνθήκες.

Τα στάδια αυτά είναι:

1. Η ενεργειακή ζήτηση.
2. Ο υπολογισμός των φορτίων.
3. Ο υπολογισμός του δυναμικού των ΑΠΕ.
4. Η συνολική αποτίμηση.




Σχήμα 1. Στάδια του μεθοδολογικού πλαισίου.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΖΗΤΗΣΗ

Καθώς οι επενδύσεις στην ενέργεια για την παραγωγή και χρήση απαιτούν μια περίοδο ωρίμανσης κάποιων ετών, είναι ουσιαστικό για τον ιδιωτικό και κρατικό τομέα να υπάρχει μια καθαρή προοπτική μελλοντικής προσφοράς και ζήτησης ενέργειας. Όλοι οι φορείς που συμμετέχουν σε μια πολιτική δράσης ενεργειακού σχεδιασμού, θα πρέπει να συμπεριλάβουν υπεύθυνα την παράμετρο της ενεργειακής ζήτησης ως παράγοντα στρατηγικής σημασίας. Σε αντίθετη περίπτωση, η ανεπιτυχής πρόβλεψη της ενεργειακής ζήτησης μπορεί να επιφέρει σημαντικά προβλήματα στην ανάπτυξη του τόπου.

Η ενεργειακή ζήτηση μιας περιοχής, θα υπολογιστεί βάσει των μακροοικονομικών μεγεθών, της ενεργειακής υποδομής και ενεργειακών πόρων και τέλος, βάσει της τεχνολογικής κατάστασης.

Τα μακροοικονομικά μεγέθη θα καθορίζονται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- Τα φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Αυτά περιλαμβάνουν:
    1) την γεωγραφική κατανομή της περιοχής, το πληθυσμιακό μέγεθος αυτής, την κατανομή του πληθυσμού στην ευρύτερη περιοχή και την πληθυσμιακή πυκνότητα εκάστης περιοχής.
    2) Τις γεωγραφικές ενότητες και τα διοικητικά διαμερίσματα.
    3) Τη γεωγραφική συνοχή των υποπεριοχών και τη διάταξη αυτών στο χώρο απ’ όπου καθορίζεται και η γεωγραφική φυσιογνωμία της συνολικής περιοχής.
    4) Το ανάγλυφο του εδάφους, και τη κατανομή της γεωλογικής, υδρογεωλογικής και εδαφολογικής σύστασής του.

5) Τη μορφή των ακτογραμμών (εφόσον υπάρχουν).
6) Τις ιδιαιτερότητες της περιοχής, ή των υποπεριοχών αυτής.

Την οικονομική φυσιογνωμία της περιοχής. Αυτή περιλαμβάνει:

7) Τα στοιχεία του πρωτογενούς τομέα (παραγόμενα προϊόντα, αγροτική- κτηνοτροφική ανάπτυξη, παραγωγικότητα κλπ).
8) Τα στοιχεία του δευτερογενούς τομέα (αριθμός επιχειρήσεων, μέγεθος αυτών, τελικά προϊόντα).
9) Τα στοιχεία του τριτογενούς τομέα (εξειδικευμένο προσωπικό, ανάπτυξη τριτογενών δραστηριοτήτων, ανάπτυξη πολιτιστικών πόρων κλπ).

Τα κοινωνικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Αυτά, θα καθορίζονται αφενός από την ιστορία της περιοχής, που περιλαμβάνει την επιχειρηματική, πνευματική, πολιτιστική και πολιτική εξέλιξής της στο χρόνο, αφετέρου από την παρούσα οικονομική κατάσταση (π χ το ΑΕΠ).

Τα υφιστάμενα προβλήματα και τις ιδιαιτερότητες που αντιμετωπίζει σήμερα η οικονομία και η κοινωνία της περιοχής.

Το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τον τόπο, και κυρίως τις ρυθμίσεις που αφορούν στην αγορά ενέργειας, όπως είναι τα υποστηρικτικά μέτρα που εφαρμόζονται (πχ feed in tariffs κλπ), οι γραφειοκρατικές διαδικασίες που απαιτούνται για την ανάπτυξη και υλοποίηση κατανεμημένης παραγωγής, οι διεθνείς δεσμεύσεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας κ. ά.

Η ενεργειακή υποδομή και οι ενεργειακοί πόροι, είναι η δεύτερη παράμετρος κλειδί και κρίνεται μείζονος σημασίας, αφού με βάση τα στοιχεία που προκύπτουν από αυτήν, καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό το σχέδιο δράσης. Η ενεργειακή υποδομή σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει:

- Το είδος του ενεργειακού συστήματος (Εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα ή αυτόνομοι σταθμοί παραγωγής).
- Τις υφιστάμενες μονάδες παραγωγής ενέργειας.

- Τη δυναμικότητα και το είδος των μονάδων παραγωγής.
- Το είδος των καυσίμων που χρησιμοποιούν, την ποσότητα αυτών και τη μέθοδο μεταφοράς και αποθήκευσης (μέθοδος εφοδιασμού).
- Τους διαχειριστές των μονάδων παραγωγής (ΔΕΚΟ, ιδιωτικές εταιρίες κλπ).
- Το κόστος παραγωγής ενέργειας.
- Το δίκτυο μεταφοράς και διανομής ενέργειας.
- Το απόθεμα σε ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και το βαθμό εκμετάλλευσης αυτών.
- Την ετήσια συνολική παραγωγή ενέργειας.
- Την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.
- Τις ετήσιες εκπομπές αερίων ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου ένεκα της παραγωγής ενέργειας.

Η τεχνολογική κατάσταση, αναφέρεται στις παρούσες τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής, στις υφιστάμενες τεχνολογίες διασύνδεσης και στο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος αυτών. Οι παρούσες τεχνολογίες που υπάρχουν στο εμπόριο (όπως έχει προαναφερθεί), και εφαρμόζονται στην κατανεμημένη παραγωγή, είναι σε γενικές γραμμές οι παρακάτω:

- Οι συμβατικοί ατμοστρόβιλοι,
- Οι αεριοστρόβιλοι,
- Οι μηχανές εσωτερικής καύσης,
- Οι μικροτουρμίνες,
- Οι κυψέλες καυσίμου,
- Οι μηχανές Stirling,
- Τα φωτοβολταϊκά,
- Οι ανεμογεννήτριες και
- Τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Η διασύνδεση, είναι ένα καθαρά τεχνικό ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό για την εγκατάσταση μιας μονάδας κατανεμημένης παραγωγής. Σχετίζεται με τη σύνδεση των μονάδων κατανεμημένης

παραγωγής στο υφιστάμενο δίκτυο (ως συνήθως στο δίκτυο διανομής), χωρίς να προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στην ασφάλεια, στην αξιοπιστία και στη ποιότητα της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Η διασύνδεση των κατανεμημένων μονάδων απαιτεί κάποιες τροποποιήσεις στις διατάξεις ασφάλειας του δικτύου χαμηλής και μέσης τάσης προκειμένου να είναι δυνατή η αντίστροφη ροή ηλεκτρικής ενέργειας πίσω στο δίκτυο. Προφανώς, αυτή η απαίτηση ανεβάζει το κόστος και δημιουργεί ανακατατάξεις στην τοπολογία του δικτύου.

Το κόστος των τεχνολογιών κατανεμημένης παραγωγής, αποτελεί έναν επίσης σημαντικό παράγοντα που μεταξύ άλλων, δίνει τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των υποψήφιων τεχνολογιών κατανεμημένης παραγωγής. Το κόστος αυτών των τεχνολογιών (όπως και κάθε προϊόντος), δεν είναι σταθερό στο πεδίο του χρόνου και αυτό με τη σειρά του καθορίζεται από τις τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις, από το νόμο προσφοράς και ζήτησης, από τις οικονομίες κλίμακας, από τις τρέχουσας τιμές των συμβατικών καυσίμων κλπ. Σε γενικές γραμμές, το κόστος συνίσταται από:

- το κόστος κτήσης και εγκατάστασης της μονάδας παραγωγής,
- το κόστος λειτουργίας και συντήρησης,
- το κόστος καυσίμου που καταναλώνεται ανά μονάδα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ( €/kWh) και
- το χρόνο ζωής της μονάδας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιες είναι οι ανάγκες που καλύπτει η ενέργεια,
2. Ποιοι είναι οι συμβατικοί ενεργειακοί πόροι,
3. Ποιες είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας,
4. Ποιες είναι οι σύγχρονες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού με συμβατικά καύσιμα (κάρβουνο, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια)
5. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των συμβατικών πόρων ενέργειας και ποια των ΑΠΕ,
6. Ποιο είναι το κόστος αγοράς ενέργειας – ηλεκτρισμός και καύσιμα (πετρέλαιο, βενζίνη, φυσικό αέριο)
7. Ποιο είναι το κόστος παραγωγής ενέργειας με συμβατικά καύσιμα και ΑΠΕ (αναζήτηση στην βιβλιογραφία)
8. Τι σημαίνει εξοικονόμηση ενέργειας στην κατοικία
9. Τι σημαίνει εξοικονόμηση ενέργειας στην εργασία
10. Τι σημαίνει εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές
11. Υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας σε διάστημα μιάς ημέρας, μιάς εβδομάδας, ενός μήνα στην κατοικία και για μετακινήσεις.
12. Υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος κάθε εκπαιδευομένου (carbon footprint) (βλ. αντίστοιχους ιστότοπους στο διαδίκτυο)
13. Τι σημαίνει όξινη βροχή. Πώς παράγεται. Ποιες είναι οι επιπτώσεις της. Πως μπορεί να μειωθεί.
14. Ποια είναι η σημερινή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.
15. Τι σημαίνει η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα για το κλίμα και την μέση θερμοκρασία του πλανήτη.
16. Ποια είναι η προβλεπόμενη, μέση, αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας για το 2100.

17. Ποιες είναι οι αναμενόμενες, πιθανές επιπτώσεις από την αύξηση της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα μέχρι το 2100.
18. Τι είναι το Πρωτόκολλο του Κυότο

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗΣ

Η ροή πληροφορίας για την Μελέτη Περίπτωσης ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

(i) Εισαγωγή του προβλήματος της ενέργειας από τον Εκπαιδευτή. Αναφορά στις εναλλακτικές λύσεις που υπάρχουν αναφορικά με ενεργειακούς πόρους, τεχνολογίες, προμηθευτές, τελική χρήση. Περιγραφή του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής και των περιβαλλοντικών πιέσεων από τον κύκλο της ενέργειας. Αναφορά στην ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας στην κατοικία, στον χώρο εργασίας, στις μεταφορές/μετακινήσεις.

(j) Ανάθεση στους εκπαιδευόμενους να συγκεντρώσουν στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας, στοιχεία προσφοράς ενέργειας, οικονομικά και κοινωνικά στοιχεία της περιοχής προς εξέταση. Επίσης θα πρέπει να αναζητηθούν πηγές για την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού της περιοχής. Οι Εκπαιδευόμενοι θα πρέπει να αναζητήσουν ιστότοπους σχετικά με τα παραπάνω και να εμπλουτίσουν τις γνώσεις για τα ευρύτερα προβλήματα του κύκλου της ενέργειας, του περιβάλλοντος, της πολυκριτηριακής ανάλυσης και λήψης αποφάσεων.

(k) Επιλογή και Ανάλυση των οικονομικών στοιχείων για τις πιθανές επενδύσεις με εγκατάσταση μονάδας φυσικού αερίου, αιολικών πάρκων (ανεμογεννήτριες).

(l) Δημιουργία ομάδων ανάμεσα στους εκπαιδευόμενους οι οποίες θα αναλάβουν προσομοιωτικά να λειτουργήσουν ως οι βασικές ομάδες λήψης απόφασης, δηλ. Επενδυτές/Τράπεζες/κλπ., Τοπική Αυτοδιοίκηση, Κεντρική Κυβέρνηση, Τοπική Κοινωνία

και Ομάδες Πίεσης (Περιβαλλοντικές και Οικολογικές Οργανώσεις).

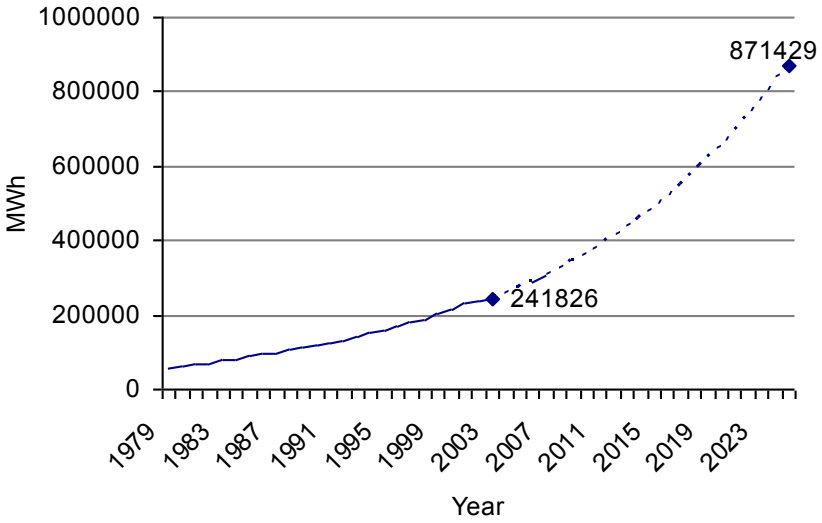
(m) Προσδιορισμός Κριτηρίων και συντελεστών βαρύτητας

(n) Βαθμολόγηση προτεινόμενων λύσεων, και τελική λήψη απόφασης.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

### 1.1. Προσδιορισμός μεγέθους του ενεργειακού συστήματος (δίνονται στοιχεία για το ηλεκτρικό σύστημα της Λέσβου)

Ορίζεται ο χρονικός ορίζοντας του ενεργειακού σχεδιασμού, π.χ. έτος 2025, και αναζητείται η βάση δεδομένων για την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας προηγούμενης χρονικής περιόδου 1979-2003. Επιλέγεται ο ρυθμός μεταβολής της ενεργειακής ζήτησης 6%, π.χ. ίσος με τον μέσον όρο της ετήσιας μεταβολής της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία 20 χρόνια. Θεωρώντας ότι ο ρυθμός αυτός θα παραμείνει σταθερός, το σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να καλύψει την μελλοντική ζήτηση το έτος 2025 (βλ. Σχήμα 1.1.1.)




Σχήμα 1.1.1. Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και μελλοντική πρόβλεψη για το νησί της Λέσβου.

## 1.2. Φυσικό αέριο. Στοιχεία σχεδιασμού.

Τα βασικά στοιχεία που απαιτούνται για το σχεδιασμό έργων Φ.Α. στο πλαίσιο της Βιώσιμης Ανάπτυξης είναι :

(i) <u>Τεχνολογική βάση</u>

- Χωροταξία
- Καθορισμός τεχνικών χαρακτηριστικών
- Κατασκευή έργου

(j) <u>Οικονομική βάση</u>

- Ζήτηση ενέργειας
- Τιμές Φ.Α. (πετρελαίου)
- Κόστος έργου

(k) <u>Περιβαλλοντική βάση</u>

- Επιπτώσεις στο έδαφος
- Επιπτώσεις στο νερό
- Επιπτώσεις στον αέρα
- Επιπτώσεις στους βιοτικούς παράγοντες
  - Οικοσύστημα
  - Άνθρωποι
- Επιπτώσεις στην αισθητική
- Εκτίμηση επικινδυνότητας

(l) <u>Κοινωνική βάση</u>

- Κοινωνικές επιπτώσεις στην περιοχή υποδοχής
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας
- Συμβολή στην ανάπτυξη της περιοχής υποδοχής
- Διαμόρφωση παραμέτρων κοινωνικής αποδοχής (ενημέρωση, εκπαίδευση)

1.3. Κάλυψη μελλοντικής ενεργειακής ζήτησης: προσδιορισμός εναλλακτικών Σεναρίων. Επιλογή τεχνολογιών

1.3.1. Επιλογή μεγέθους σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε Σενάριο

**Λόγω της μεταβλητής φύσης των ΑΠΕ, η Υπουργική Απόφαση 8395/95 (ΦΕΚ Β' 385, 10.05.1995) απαγόρευε, μέχρι προσφάτως, τη χορήγηση αδειών για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε ένα αυτόνομο σύστημα, όταν η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από ΑΠΕ υπερέβαινε το 30% της μέγιστης ζήτησης του προηγούμενου έτους, προκειμένου να διασφαλιστεί η σταθερότητα του δικτύου. Αν και αυτός ο περιορισμός έχει καταργηθεί πλέον, ακόμα αντιπροσωπεύει ένα θεωρητικό όριο για τη μέγιστη διείσδυση των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρισμού σε ένα αυτόνομο σύστημα. Για το νησί της Λέσβου το όριο αυτό ισούται με 54.05 MW για το έτος 2025.**

**Από την άλλη πλευρά, το νέο ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τη χωροθέτηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008) ορίζει πως *«η συνολική ισχύς των αιολικών σταθμών ανά νησί (μη διασυνδεδεμένο) δεν πρέπει να ξεπερνά το διπλάσιο του επιπέδου αιχμής της ζήτησης, που αυτό εμφανίζει σε μεσο-μακροπρόθεσμο ορίζοντα (δεκαετία)».* Για το νησί της Λέσβου το όριο αυτό ισούται με 266.87 MW.**

Λαμβάνοντας υπόψη τους ανωτέρω περιορισμούς, τα 80 MW θεωρούνται μια λογική τιμή για τη μέγιστη εγκατεστημένη ισχύ, για το έτος 2025, για την περιοχή μελέτης. Εν συνεχεία, τα εναλλακτικά Σενάρια διαμορφώνονται όπως φαίνονται στον Πίνακα 1.3.1. Η ονομαστική ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής ενέργειας υπολογίζεται με τη χρήση του συντελεστή χρησιμοποίησης (εξ. 1).

Πίνακας 1.3.1. Εναλλακτικά Σενάρια παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στη Λέσβο το 2025

| | Χαρακτηριστικά | Φυσικό Αέριο | Αιολικά |
|---|---|---|---|
| ΣΕΝ 1 | συντελεστής χρησιμοποίησης (%) | 40.0 | |
| | εγκατεστημένη ισχύς (MW) | 250 | 0 |
| | παραγωγή ενέργειας (MWh) | 900,000 | 0 |
| ΣΕΝ 2 | συντελεστής χρησιμοποίησης (%) | 38.0 | 28 |
| | εγκατεστημένη ισχύς (MW) | 200 | 80 |
| | παραγωγή ενέργειας (MWh) | 700,000 | 200,000 |
| ΣΕΝ 3 | συντελεστής χρησιμοποίησης (%) | 36.0 | 28 |
| | εγκατεστημένη ισχύς (MW) | 200 | 70 |
| | παραγωγή ενέργειας (MWh) | 650,000 | 250,000 |
| ΣΕΝ 4 | συντελεστής χρησιμοποίησης (%) | 35.0 | 28 |
| | εγκατεστημένη ισχύς (MW) | 230 | 50 |
| | παραγωγή ενέργειας (MWh) | 715,000 | 185,000 |
| ΣΕΝ 5 | συντελεστής χρησιμοποίησης (%) | 35.0 | 28 |
| | εγκατεστημένη ισχύς (MW) | 245 | 40 |
| | παραγωγή ενέργειας (MWh) | 750,000 | 150,000 |
| ΣΕΝ 6 | συντελεστής χρησιμοποίησης (%) | 35.0 | 28 |
| | εγκατεστημένη ισχύς (MW) | 250 | 30 |
| | παραγωγή ενέργειας (MWh) | 780,000 | 120,000 |

**Για το συμβατικό σταθμό παραγωγής (ΣΣΠ) (καύσιμο φυσικό αέριο) ο CF εκτιμάται από τα πρωτογενή δεδομένα του ΑΣΠ της Λέσβου. Επιπροσθέτως, ένα αιολικό πάρκο σε ένα απομονωμένο δίκτυο θεωρείται οικονομικά βιώσιμο εφόσον έχει CF μεγαλύτερο από 27.5% (ΚΑΠΕ, 2001), ο οποίος κατά προσέγγιση αντιστοιχεί σε μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου 8.5 m/sec (Ρ.Α.Ε.). Όλα τα αιολικά πάρκα, που εξετάζονται, βρίσκονται σε περιοχές με μέση ταχύτητα ανέμου τουλάχιστον 8.5 m/sec.**

## 1.4. Χωροθέτηση ανεμογεννητριών

**Για την Μελέτη Περίπτωσης επιλέγονται οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ) τύπου Vestas V52-850 kW, ύψους (Η) = 44m και διαμέτρου ρότορα (D) = 52m. Για μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες θα πρέπει να προβλεφθεί επέκταση του οδικού δικτύου, λιμενικές εγκαταστάσεις και άλλα έργα που θα επέτρεπαν την αποβίβαση, μεταφορά και εγκατάσταση.**

**Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008), η ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ δύο Α/Γ ισούται με το τριπλάσιο της διαμέτρου του ρότορά τους.**

## 1.5. Αιολικό δυναμικό

Οι τιμές του αρχικού χάρτη αιολικού δυναμικού ταξινομούνται σύμφωνα με την καμπύλη ισχύος της συγκεκριμένης Α/Γ (www.vestas.com) και προκύπτουν οι τιμές του Πίνακα 1.5.1. Οι τιμές αυτές κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1, όπου το 0 αντιστοιχεί σε μηδενική παραγωγή ενέργειας από την Α/Γ και το 1 στη μέγιστη παραγωγή.

Πίνακας 1.5.1. Τιμές του κριτηρίου «αιολικό δυναμικό» μέση ετήσια τιμή.

| Αιολικό δυναμικό (m/s) | Τιμή |
|---|---|
| 0-4 | 0.00 |
| 4-5 | 0.50 |
| 5-6 | 0.55 |
| 6-7 | 0.60 |
| 7-8 | 0.65 |
| 8-9 | 0.70 |
| 9-10 | 0.75 |
| 10-11 | 0.80 |
| 11-12 | 0.85 |
| 12-13 | 0.90 |
| 13-14 | 0.95 |
| 14-23 | 1.00 |

## 1.6. Πολυκριτηριακή Ανάλυση. Εμπλεκόμενοι φορείς (stakeholders) και λήπτες απόφασης (decision makers)

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία οι εταίροι (stakeholders) μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- **Λήπτες αποφάσεων**: Είναι οι θεσμικοί φορείς οι οποίοι καλούνται στο τέλος της διαδικασίας να αποφασίσουν ποιο από όλα τα σενάρια θα ακολουθηθεί.
- **Διαμεσολαβητές**: Αποτελούν ομάδες οι οποίες θα προσπαθήσουν να επηρεάσουν την απόφαση σύμφωνα με το σύστημα αξιών που έχουν. Τέτοιες ομάδες μπορεί να είναι φορείς για την προώθηση των ΑΠΕ (π.χ. ΚΑΠΕ), περιβαλλοντικές ομάδες (π.χ. Greenpeace), οικολογικές ενώσεις, ΜΚΟς, κλπ.
- **Παθητικά εμπλεκόμενοι**: ομάδες όπως οι τοπικές κοινωνίες οι οποίες θα επηρεαστούν άμεσα από την απόφαση και δείχνουν σημαντικό ενδιαφέρον στο να καλυφθούν οι ανάγκες που έχουν για παραγωγή ρεύματος, είτε σε οργανωμένο επίπεδο, είτε αυτόνομα, προωθώντας το αξιακό πλαίσιο τους, συμφωνίες, διαφωνίες, συμφέροντα, κ.ο.κ.

- **Έμμεσα εμπλεκόμενοι**: διάφορες υπηρεσίες και φορείς που μπορεί να μην έχουν άμεση σχέση με την απόφαση, αλλά με τη σειρά τους μπορεί να την επηρεάσουν, όπως για παράδειγμα θα μπορούσε να είναι η Ευρωπαϊκή Ένωση που με τις αποφάσεις που παίρνει μπορεί να επηρεάσει την κατεύθυνση που θα κινηθεί η απόφαση.
- **Μεσάζοντες:** Αυτοί αποτελούν ομάδες όπως τα ΜΜΕ που ενημερώνουν και επηρεάζουν το κοινό ή ακαδημαϊκές και τεχνολογικές ομάδες που επίσης αποτελούν πηγές πληροφόρησης.

Συνήθως, σε πολυκριτηριακά προβλήματα, για κάθε κριτήριο προσδιορίζεται ένας αριθμός που υποδηλώνει τη σημαντικότητά του. Αυτοί οι αριθμοί ονομάζονται συντελεστές βαρύτητας και υποδηλώνουν τις προτιμήσεις των ληπτών απόφασης. Δεν υπάρχουν 'σωστοί' συντελεστές βαρύτητας που θα επιτρέψουν σύγκριση μεταξύ διαφορετικών διαδικασιών. Οι συντελεστές που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτώνται από τις τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν.

Οι βαθμοί βαρύτητας προσδίδουν την σχετική σημαντικότητα του καθενός από αυτά. Αν όλα τα κριτήρια έχουν την ίδια σημαντικότητα τότε θα μπορούσαν να είναι όλα ίσα.

Πολλές φορές οι λήπτες αποφάσεων, για διάφορους λόγους, δεν θέλουν να δηλώσουν κάποια προτίμηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι εφαρμόσιμες μέθοδοι που απαιτούν συγκεκριμένους συντελεστές βαρύτητας. Αντίθετα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι που δεν χρειάζεται η δήλωση κάποιας συγκεκριμένης προτίμησης, όπως είναι οι μέθοδοι ELECTRE IV και NAIADE. Αποτέλεσμα αυτών των μεθόδων είναι η ελαχιστοποίηση των εναλλακτικών λύσεων, με την τελική απόφαση όμως να παραμένει για τους λήπτες απόφασης. Ο ποιό εύκολος τρόπος για την εξαγωγή των βαθμών βαρύτητας είναι να ερωτηθούν οι εμπλεκόμενοι φορείς. Αυτό αποφεύγεται όμως πολλές φορές επειδή οι δημόσιες απόψεις είναι δύσκολο να μετρηθούν σε αυτούς τους τομείς και επίσης πολλά από τα κριτήρια μπορούν να προκαλούν κάποια συναισθηματική φόρτιση, με αποτέλεσμα οι βαθμοί βαρύτητας να μην είναι αντικειμενικοί. Το ίδιο

συμβαίνει και με τους λήπτες απόφασης, καθώς τα άτομα σε αυτές τις θέσεις πολλές φορές δεν εκφράζουν ανοιχτά τις δικές τους πεποιθήσεις προσπαθώντας να δείξουν μία ευαισθησία στις απόψεις του κοινού.
Υπάρχουν δύο μέθοδοι για να αποδοθεί η βαρύτητα σε κάθε κριτήριο. Ένας τρόπος είναι με τον απευθείας προσδιορισμό κάποιου βαθμού βαρύτητας σε κάθε κριτήριο. Ένας άλλος είναι να ζητηθεί από τους εμπλεκόμενους να κατατάξουν σε σειρά προτίμησης τα κριτήρια. Αν για κάποιον κάποια κριτήρια έχουν την ίδια βαρύτητα τότε τοποθετούνται στην ίδια σειρά κατάταξης.

## 1.7. Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Ενεργειακός Σχεδιασμός

Τη δεκαετία του '70, ο ενεργειακός σχεδιασμός στηρίχθηκε στα ενεργειακά μοντέλα, που ανέλυαν την σχέση της ενέργειας με την οικονομία. Η προσέγγιση αυτή, που στόχευε στον προσδιορισμό των αποδοτικότερων επιλογών εφοδιασμού με το χαμηλότερο κόστος, ήταν η πλέον συχνή προσέγγιση και η έλευση των υπολογιστών στους υπολογισμούς επέτρεψε την δυνατότητα να ληφθούν υπόψη μεγάλος αριθμός μεταβλητών σε πολύπλοκα συστήματα εξισώσεων. Στη δεκαετία του '80, η αυξανόμενη περιβαλλοντική συνειδητοποίηση τροποποίησε το ανωτέρω πλαίσιο απόφασης και ενσωμάτωσε περιβαλλοντικές και κοινωνικές παραμέτρους, οδηγώντας στην χρήση της πολυκριτηριακής προσέγγισης.
Σήμερα, έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος μεθόδων Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (ΠΑ), που παρέχει στους λήπτες απόφασης (Decision Makers) τη δυνατότητα επεξεργασίας των δεδομένων με ποικίλους τρόπους, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε τεχνικής. Η ΠΑ προσφέρει μία στιβαρή, οργανωτική δομή για την επίτευξη μιας συνεπούς και διαφανούς ανάλυσης ενεργειακών πολιτικών, που ενσωματώνει τα ερευνητικά αποτελέσματα από διαφόρους επιστημονικούς τομείς, ενώ λαμβάνει υπόψη της και τις θέσεις της τοπικής κοινωνίας. Επιπλέον, ενισχύει τη διαφάνεια της διαδικασίας, καθώς τα κριτήρια απόφασης δύνανται να παρουσιαστούν στην αρχική τους μορφή, χωρίς να είναι απαραίτητη η μετατροπή τους σε

χρηματικές μονάδες. Για όλους τους παραπάνω λόγους οι μεθοδολογίες ΠΑ κρίνονται κατάλληλες για την ολοκληρωμένη αποτίμηση αναπτυξιακών έργων ΑΠΕ, ιδιαίτερα υπό από το πρίσμα ενός μακροπρόθεσμου μετασχηματισμού του ενεργειακού συστήματος.

Συγκεκριμένες εφαρμογές των μεθοδολογιών ΠΑ σε θέματα ενεργειακού σχεδιασμού και διαμόρφωσης περιβαλλοντικής πολιτικής αποτελούν:

- η χωροθέτηση νέων έργων,
- η ποσοτικοποίηση και αποδόμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων,
- η επιλογή μεταξύ υποψήφιων ενεργειακών επενδύσεων,
- ο προσδιορισμός του βέλτιστου ρυθμού εκμετάλλευσης ενός ανανεώσιμου πόρου και η χάραξη στρατηγικών σχεδίων περιφερειακής ανάπτυξης.

Σκοπός των μεθόδων ΠΑ αποτελεί η βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων, μέσω της ενίσχυσης της διαφάνειας, της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας. Η χρήση τεχνικών ΠΑ έχει πλέον μία μακρά ιστορία στον ενεργειακό σχεδιασμό και παρέχει ένα πλήρες και έγκυρο μεθοδολογικό πλαίσιο για την αξιολόγηση, κατηγοριοποίηση και επιλογή ενεργειακών έργων.

## 1.8. Εγκατάσταση Αιολικών Πάρκων. Δυσκολίες, Εμπόδια, Κοινωνικές Αντιδράσεις.

Οι δυσκολίες, με τις οποίες έρχονται αντιμέτωποι οι μελετητές κατά τη διαδικασία ανάδειξης βέλτιστων τοποθεσιών για εγκατάσταση έργων ΑΠΕ και ειδικότερα αιολικών πάρκων, ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. ***Περιβαλλοντικοί, τοπογραφικοί, τεχνικοί, οικονομικοί και νομοθετικοί περιορισμοί.*** Περιοχές προστασίας της φύσης, απότομες κλίσεις εδάφους, απομακρυσμένες περιοχές από το οδικό ή ηλεκτρικό δίκτυο, υψηλή αξία γης, αρχαιολογικοί χώροι αποτελούν παραδείγματα τοποθεσιών ακατάλληλων για εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ. Επιπλέον, για να είναι οικονομικά βιώσιμο ένα έργο ΑΠΕ, οι μονάδες

παραγωγής πρέπει να εγκαθίστανται σε περιοχές με υψηλό δυναμικό της αντίστοιχης πηγής ενέργειας (αιολικό, ηλιακό κλπ). Έτσι, ενώ καύσιμα όπως το πετρέλαιο μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή εξόρυξής τους, δεν ισχύει το ίδιο με τον άνεμο.

2. ***Ρυθμιστικά εμπόδια.*** Οι σύνθετες γραφειοκρατικές διαδικασίες με τις οποίες έρχονται αντιμέτωποι οι επενδυτές για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας αποτελούν τροχοπέδη στην άμεση εγκατάσταση των μονάδων παραγωγής ενέργειας. Επιπλέον, η έλλειψη εξοικείωσης των αρμοδίων υπαλλήλων με αδειοδοτήσεις έργων ΑΠΕ δυσκολεύει ακόμα περισσότερο την κατάσταση.

3. ***Κοινωνική αντίδραση.*** Ένα από τα κύρια προβλήματα ανάπτυξης των ΑΠΕ αφορά στη δημόσια αποδοχή. Τα προβλήματα, που πρέπει να εξεταστούν κατά τη διάρκεια των διαδικασιών λήψης απόφασης για την χωροθέτηση σταθμών ΑΠΕ, αναφέρονται συνήθως ως «προβλήματα επικοινωνίας». Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι μελετητές θεωρούν πως η υποστήριξη των ΑΠΕ μπορεί εύκολα να εξασφαλιστεί μέσω εκστρατειών πληροφόρησης, που τονίζουν τα περιβαλλοντικά οφέλη, ενώ η αντίθεση στα σχέδια εφαρμογής των ΑΠΕ μπορεί να εξηγηθεί από μια εγωιστική τοποθέτηση, τα γνωστά σύνδρομα Όχι-Στην-Αυλή-Μου (NIMBY: Not In My BackYard), BANANA (Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything) και CAVE (Citizens Against Virtually Everything). Η κύρια δύναμη πίσω από την κοινωνική αντίδραση στις προτάσεις εγκατάστασης των οχλουσών δραστηριοτήτων προέρχεται από τις αντιλήψεις τους για την αδικία. Μια αίσθηση αδικίας, που παρουσιάζεται όταν ένα τμήμα της κοινωνίας αναγκάζεται να υποστεί ένα δυσανάλογο μερίδιο επιβάρυνσης, ενώ όλοι οι πολίτες μοιράζονται εξίσου τα οφέλη. Καθώς οι επιστήμονες κατανοούν καλύτερα τη δύναμη των σχέσεων μεταξύ των οπτικών χαρακτηριστικών των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας και της οπτικής όχλησής τους, έχουν αναπτύξει εργαλεία που προβλέπουν τη χωρική κατανομή της οπτικής όχλησης των προτεινόμενων εγκαταστάσεων και των επιπτώσεών τους στο τοπίο. Η αφετηρία για μια λύση παρέχεται από της χωρικής απόστασης από τις ευαίσθητες μονάδες

των τοπίων. Πρέπει, δηλαδή, να γίνει αναζήτηση των εναλλακτικών θέσεων, χρησιμοποιώντας τη χωρική απόσταση, κρύβοντας τα αιολικά πάρκα ή ελαχιστοποιώντας την επίδρασή τους με την απόσταση.

## 1.9. Η μέθοδος λήψης απόφασης Analytical Hierarchy Process (AHP)

Η μέθοδος Analytical Hierarchy Process (AHP) είναι μία μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης και αποτελεί μια συστηματική διαδικασία αναπαράστασης των στοιχείων ενός προβλήματος κατά έναν ιεραρχικό τρόπο. Κύριος στόχος της μεθόδου είναι να διευκολύνει τη δόμηση του προβλήματος, μέσω του σχηματισμού μίας ιεραρχίας χαρακτηριστικών (εναλλακτικών επιλογών – κριτηρίων αξιολόγησης). Οδηγεί, δε, στη λήψη απόφασης μέσω μιας σειράς συγκρίσεων ανά ζεύγη μεταξύ των κριτηρίων ή/και των εναλλακτικών επιλογών. Η επιτυχία της οφείλεται κυρίως στην απλότητα, τη σαφήνεια, αλλά και την ευκολία υλοποίησής της.

Η AHP ανήκει στη γενική κατηγορία των τεχνικών της σύγκρισης ανά ζεύγη και βασίζεται θεωρητικά σε τέσσερα αξιώματα:

1. Ο λήπτης απόφασης μπορεί να παρέχει συγκρίσεις ανά ζεύγη $\alpha_{ij}$ δύο εναλλακτικών i και j αναφορικά με ένα κριτήριο/υπο-κριτήριο στη βάση μίας αντίστροφης κλίμακας $\alpha_{ij}=1/\alpha_{ij}$.
2. Ο λήπτης απόφασης δεν κρίνει ποτέ μία εναλλακτική λύση ως απόλυτα καλύτερη από μία άλλη αναφορικά με ένα κριτήριο, δηλαδή $\alpha_{ij}\neq\infty$.
3. Το πρόβλημα απόφασης μπορεί να διαμορφωθεί σε μία ιεραρχία.
4. Όλα τα κριτήρια/υπο-κριτήρια, που επηρεάζουν το υπό εξέταση πρόβλημα, καθώς και όλες οι σχετικές εναλλακτικές λύσεις απεικονίζονται σε μία ιεραρχία.

Ένα από τα θετικά στοιχεία της AHP είναι ότι μπορεί να λαμβάνει υπόψη τόσο τα αντικειμενικά όσο και τα υποκειμενικά κριτήρια αξιολόγησης. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, όμως, που την κάνουν να ξεχωρίζει από τις άλλες μεθόδους ΠΑ είναι τα εξής δύο:

1. η αναλυτική ιεραρχική δόμηση του προβλήματος και

2. η σύγκριση ανά ζεύγη μεταξύ των κριτηρίων αξιολόγησης και των εναλλακτικών σεναρίων, προκειμένου να εκτιμηθεί η βαρύτητά τους σε σχέση με το συνολικό στόχο (overall objective) του εκάστοτε προβλήματος.

Το βασικότερο, ίσως, πλεονέκτημα της AHP είναι ότι παρέχει έναν αποτελεσματικό μηχανισμό ελέγχου της συνέπειας (consistency) των αξιολογήσεων των συμμετεχόντων. Σημαντικό, τέλος, χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι υποστηρίζει την ομαδική λήψη αποφάσεων, με τον υπολογισμό του γεωμετρικού μέσου όρου των μεμονωμένων συγκρίσεων ανά ζεύγη.

Όσον αφορά στα κριτήρια, δεν έχουν όλα την ίδια βαρύτητα στην αξιολόγηση της καταλληλότητας μιας περιοχής για εγκατάσταση Α/Γ. Έτσι, χρησιμοποιείται η μέθοδος AHP για την εκτίμηση των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων.

Η μέθοδος αυτή αποτελείται από τέσσερα κύρια στάδια (Naumann, 1998):

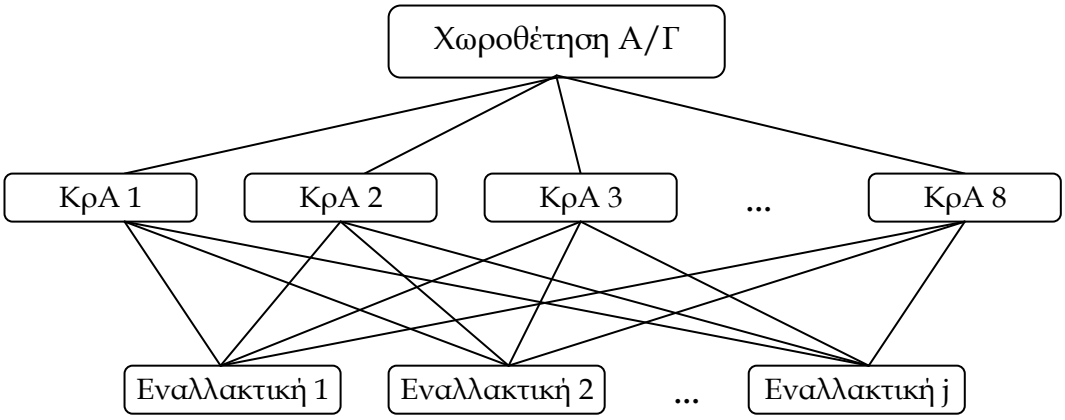
**Στάδιο 1ο:** Αποσύνθεση του προβλήματος και ιεράρχηση των στόχων, των κριτηρίων και υπο-κριτηρίων και των εναλλακτικών

**Στάδιο 2nd:** Σύγκριση των κριτηρίων ανά ζεύγη

**Στάδιο 3rd:** Έλεγχος συνέπειας των συγκρίσεων και

**Στάδιο 4th:** Συγκέντρωση των συγκρίσεων

Αναλυτικά, το αρχικό στάδιο της μεθόδου αποτελείται από τη δόμηση του προβλήματος λήψης απόφασης σε ιεραρχική δομή. Στο πρώτο επίπεδο της ιεραρχίας συναντάται ο συνολικός στόχος του προβλήματος (προσδιορισμός βέλτιστων περιοχών για χωροθέτηση Α/Γ), ενώ το τελευταίο διαμορφώνεται από τις προς αξιολόγηση εναλλακτικές επιλογές (εναλλακτικές θέσεις εγκατάστασης Α/Γ). Τα ενδιάμεσα επίπεδα διαμορφώνονται από τα κριτήρια αξιολόγησης των εναλλακτικών (Σχήμα 1.9.1).




Σχήμα 1.9.1. Ιεραρχική δομή της μεθόδου AHP

Τη διαδικασία ιεραρχικής δόμησης του προβλήματος ακολουθεί ο προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας των ΚρΑ. Τα ΚρΑ συγκρίνονται ανά ζεύγη ως προς τη σημαντικότητά τους σε σχέση με το συνολικό στόχο του προβλήματος. Οι συγκρίσεις γίνονται με φραστικό τρόπο, χρησιμοποιώντας φράσεις όπως «το κριτήριο Α είναι πολύ πιο σημαντικό από το κριτήριο Β». Η ποσοτικοποίηση των συγκρίσεων γίνεται με τη βοήθεια της κλίμακας, που έχει εισάγει ο Saaty, και παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.9.1. Βάσει της συγκεκριμένης κλίμακας, κάθε ακέραιη τιμή αντιστοιχεί σε μια φραστική σύγκριση των κριτηρίων.

Πίνακας 1.9.1. Θεμελιώδης κλίμακα μέτρησης εννέα σημείων για τις ανά ζεύγη συγκρίσεις της μεθόδου AHP.

| Βαθμός σημαντι-κότητας | Ορισμός | Επεξήγηση (κριτήριο Α σε σύγκριση με κριτήριο Β) |
|---|---|---|
| 1 | Ίδιας σημαντικότητας | Το Α είναι το ίδιο σημαντικό με το Β |
| 2 | Αδύναμη ή πολύ μικρή | |
| 3 | Μέτρια σημαντικότητα | Το Α είναι λίγο πιο σημαντικό από το Β |
| 4 | Μέτρια συν | |

| | | |
|---|---|---|
| 5 | Ισχυρή σημαντικότητα | Το Α είναι αρκετά πιο σημαντικό από το Β |
| 6 | Ισχυρή συν | |
| 7 | Πολύ ισχυρή σημαντικότητα | Το Α είναι πολύ πιο σημαντικό από το Β |
| 8 | Πολύ ισχυρή προς εξαιρετική | |
| 9 | Εξαιρετική σημαντικότητα | Το Α είναι εξαιρετικά πιο σημαντικό από το Β |

Ο πίνακας, που προκύπτει από τις συγκρίσεις ανά ζεύγη όλων των δυνατών συνδυασμών των ΚρΑ, ονομάζεται Πίνακας Συγκρίσεων ανά Ζεύγη (ΠΣΖ). Ο ΠΣΖ είναι ένας πίνακας n×n (όπου n είναι το πλήθος των κριτηρίων), έχει ως ιδιότητες, $\alpha_{ii} = 1$ και $\alpha_{ji} = 1/\alpha_{ij}$ και έχει την παρακάτω μορφή:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

όπου $\alpha_{ij}$: η σημαντικότητα του κριτηρίου i σε σχέση με το κριτήριο j

Από τον ΠΣΖ, υπολογίζονται οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων με τη μέθοδο του ιδιοδιανύσματος (eigenvector). Η διαδικασία, που ακολουθείται είναι η εξής:

i. Αθροίζονται τα στοιχεία κάθε στήλης του ΠΣΖ, $S_j = \sum_{i=1}^{n} aij$

ii. Διαιρείται κάθε στοιχείο του ΠΣΖ με το άθροισμα των στοιχείων της στήλης, στην οποία ανήκει (κανονικοποιημένος πίνακας σύγκρισης), $D_j = a_{ij} / S_j$.

iii. Υπολογίζεται ο μέσος όρος των στοιχείων κάθε σειράς του κανονικοποιημένου πίνακα σύγκρισης, $w_i = \sum_{j=1}^{n} D_{ij}$ . Το $w_i$ αποτελεί το συντελεστή βαρύτητας του κριτηρίου της σειράς i.

iv. Ο ΠΣΖ υψώνεται στο τετράγωνο και η διαδικασία επαναλαμβάνεται από το βήμα Νο 1. Η εκτέλεση της διαδικασίας ολοκληρώνεται όταν δύο διαδοχικές προσεγγίσεις του $w_i$ δεν διαφέρουν σημαντικά.

Επιπλέον, η AHP παρέχει μαθηματικές εξισώσεις για την εκτίμηση της συνέπειας των κρίσεων των ληπτών απόφασης. Ο δείκτης συνέπειας (Consistency Index – CI), ο οποίος αντικατοπτρίζει τις ασυνέπειες των ανά ζεύγη συγκρίσεων, υπολογίζεται με την εξίσωση:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1},$$

όπου $\lambda_{max}$ : η μέγιστη ιδιοτιμή του ΠΣΖ και

$n$ : η διάσταση του ΠΣΖ (αριθμός στηλών και γραμμών)

Η συνέπεια των συγκρίσεων υπολογίζεται με τη μορφή του λόγου συνέπειας (Consistency Ratio - CR):

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

όπου RI (Random Index) είναι ο μέσος όρος του CI όπως αυτός προκύπτει από μια σειρά τυχαίων συγκρίσεων (Πίνακας 1.9.2).

Αποδεκτή τιμή του CR είναι αυτή, που είναι μικρότερη ή ίση του 0.1. Σε αντίθετη περίπτωση οι συγκρίσεις ανά ζεύγη πρέπει να επαναληφθούν.

Πίνακας 1.9.2. Τιμές του RI για συγκεκριμένο μέγεθος πίνακα

| μέγεθος πίνακα (n) | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| random index (RI) | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 |

## 1.10. Οικονομικά Κριτήρια

Τα οικονομικά κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής:

- Κόστος κεφαλαίου – Ο1: περιλαμβάνει το κόστος απόκτησης της γης, το κόστος εγκατάστασης και το κόστος του εξοπλισμού.

- Κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης (Λ&Σ) – Ο2: περιλαμβάνει κυρίως τη μισθοδοσία των εργαζομένων και το κόστος συντήρησης του εξοπλισμού. Διαιρείται σε δύο κατηγορίες, το σταθερό (Ο2σ) και το κυμαινόμενο (Ο2κ) κόστος Λ&Σ. Τα σταθερά κόστη Λ&Σ εξαρτώνται από την εγκατεστημένη ισχύ του σταθμού παραγωγής και μετρώνται σε €/kW ανά έτος, ενώ τα κυμαινόμενα κόστη Λ&Σ συνδέονται άμεσα με το ποσό της παραγόμενης ενέργειας και μετρώνται σε €/kWh.
- Κόστος καυσίμου – Ο3: αναφέρεται στη δαπάνη για την προμήθεια καυσίμων, απαραίτητων για τη λειτουργία του σταθμού. Σε αυτήν την περίπτωση δε συμπεριλαμβάνεται στο κόστος λειτουργίας.
- Εξωτερικό κόστος – Ο4: εμπεριέχει όλες τις *εξωτερικότητες (externalities),* που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας, τις περιβαλλοντικές δηλαδή επιπτώσεις που δεν αντανακλώνται σε άμεση χρηματική αξία.

## 1.11. Τεχνολογικά Κριτήρια

Υπάρχουν αρκετά τεχνολογικά κριτήρια που μπορούννα ληφθούν υπόψη, όπως η καταλληλότητα της τεχνολογίας, το μέγεθος, η διάρκεια ζωής, η ένταξη στο υπόψη περιβάλλον. Ένα βασικό τεχνολογικό κριτήριο, βάσει του οποίου αξιολογούνται τα εναλλακτικά Σενάρια, είναι η μείωση των απωλειών του δικτύου - Τ1: οι απώλειες του δικτύου μεταφοράς/διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν μείζον θέμα γα ένα ενεργειακό σύστημα, καθώς επιφέρουν αύξηση στο κόστος παραγωγής και – στην πλειοψηφία των περιπτώσεων – αύξηση στις εκπομπές των ρυπογόνων αερίων. Καθώς οι ανεμογεννήτριες είναι εγκατεστημένες μέσα σε μια μεγάλη, διεσπαρμένη χωρικά περιοχή, η παραγωγή ηλεκτρισμού δεν γίνεται σε ένα σημειακό χώρο, όπως είναι ο συμβατικός σταθμός, και ως αποτέλεσμα η συνολική λειτουργία του δικτύου μπορεί να αποβεί περισσότερο αποδοτική καθώς οι καταναλωτές θα είναι πιο κοντά στην παραγωγή.

## 1.12. Περιβαλλοντικά Κριτήρια

Όσον αφορά στα περιβαλλοντικά κριτήρια αξιολόγησης, αυτά είναι τα εξής:

- Εκπομπές αερίων του Φαινομένου του Θερμοκηπίου GHGs – Π1: Υπολογίζονται υπό τη μορφή των ισοδυνάμων $CO_2$ ($CO_2$ equivalents).
- Οπτική όχληση – Π2: η οπτική όχληση είναι ένα κρίσιμο ζήτημα για κάθε είδους ενεργειακό έργο, ιδιαίτερα όμως για τα αιολικά πάρκα λόγω της μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνουν. Καθώς η εγκατάσταση τους γίνεται συνήθως σε ιδιαίτερα εμφανή σημεία έχουν αποτελέσει αντικείμενο σκληρής κριτικής. Στην αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων η οπτική όχληση εκτιμάται μέσω των τριών υπο-κριτηρίων οπτικής παρεμβολής (i. ορατότητα Α/Π από το βασικό άξονα του οδικού δικτύου, ii. απόσταση από οικισμούς, iii. γωνία οπτικής κάλυψης).

## 1.13. Κοινωνικά Κριτήρια

Χρησιμοποιείται το κοινωνικό κριτήριο των θέσεων εργασίας συνδυασμένο με το είδος της απασχόλησης (επιστήμονες, τεχνικοί, κλπ) που σχετίζονται με την κατασκευή των υποδομών, την λειτουργία και την συντήρηση των έργων. Σημαντικό είναι επίσης το γεγονός της σταδιακής μετάλλαξης της απασχόλησης στην περιοχή η οποία πιθανώς από αγροτική να μεταβεί σταδιακά σε περιοχή απασχόλησης του δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα.

## 1.14. Πολυκριτηριακή Ανάλυση Εναλλακτικών Σεναρίων

Η σύγκριση των εναλλακτικών σεναρίων πραγματοποιείται με την εφαρμογή της μεθόδου AHP σε συνδυασμό με την μέθοδο του σταθμισμένου μέσου. Αρχικά πραγματοποιούνται οι ανά ζεύγη συγκρίσεις των κριτηρίων αξιολόγησης, συνθέτονται οι αντίστοιχοι πίνακες (ΠΣΖ), εκτιμώνται οι συντελεστές βαρύτητας και στη συνέχεια υπολογίζεται ο

λόγος ασυνέπειας (CR). Τέλος εφαρμόζεται η εξίσωση του σταθμισμένου μέσου για την κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων.

Σε δύσκολες περιπτώσεις, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και άλλες μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης και λήψης απόφασης, όπως PROMETHEE, ELECTRE, κλπ.

## 1.15. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ : ΣΤΑΔΙΑ

Α. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - Συλλογή δεδομένων

- χρήσεις γης
- ενεργειακές υποδομές
- υποδομές μεταφορών
- φυσικό περιβάλλον
- δυναμικό ΑΠΕ

Β. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Εκτίμηση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας:

- χρονοσειρές

Γ. ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Γ1. Επιλογή ενεργειακών τεχνολογιών, για τα εναλλακτικά σενάρια

Γ2. Επιλογή μεγέθους αιολικών πάρκων και σταθμών για κάθε σενάριο:

- νομοθετικοί & τεχνικοί περιορισμοί

Γ3. Προσδιορισμός δυνατοτήτων:

- δημιουργία Χάρτη Καταλληλότητας (ΧΚ) χωροθέτησης μονάδων αιολικών πάρκων
- υπολογισμός μεγίστου μεγέθους κάθε αιολικού πάρκου, που προκύπτει από τον ΧΚ.

Γ4. Επιλογή θέσεων εγκατάστασης κάθε αιολικού πάρκου:

- μέγεθος
- οπτική όχληση

Δ. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

- χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης
- νομοθεσία
- προηγούμενες μελέτες
- εμπειρία

Ε. ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Ε1. Εκτίμηση συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων αξιολόγησης:

- Μέθοδος των συγκρίσεων ανά ζεύγη στο πλαίσιο της AHP
- Έλεγχος διαφορετικών περιπτώσεων (ανάλυση ευαισθησίας)

Ε2. Σύγκριση των εναλλακτικών Σεναρίων: Μέθοδος του σταθμισμένου μέσου

## 1.16 ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ – ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

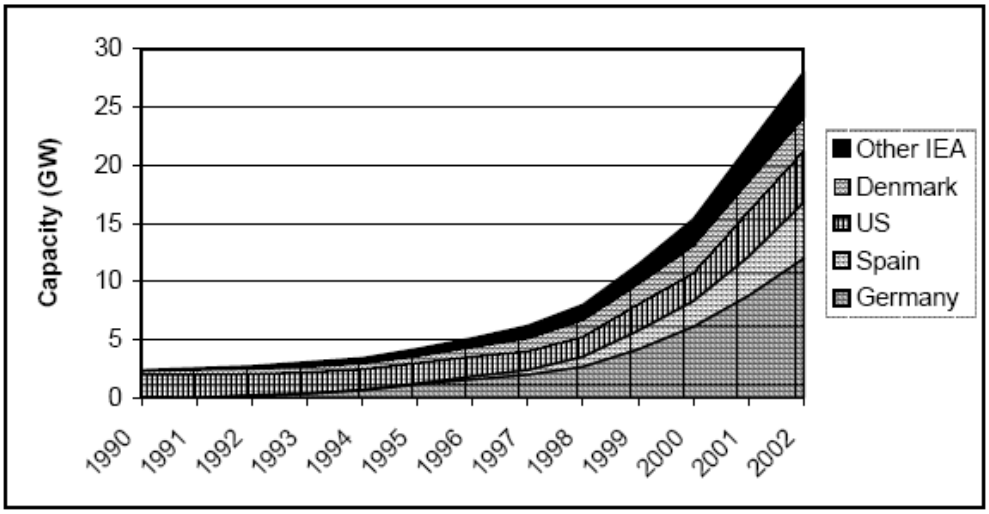
Η αιολική ενέργεια είναι από τις μορφές εκείνες που ο άνθρωπος εκμεταλλεύτηκε πριν χιλιάδες χρόνια. Μέχρι και τις αρχές του 20$^{ου}$ αιώνα, το αιολικό δυναμικό χρησιμοποιούταν στους αλευρόμυλους και για άντληση νερού. Με τη βιομηχανοποίηση, η ευμετάβλητη αιολική ενέργεια, παραχώρησε τη θέση της στις μηχανές που λειτουργούσαν με ορυκτά καύσιμα, ή στο ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο παρήγαγε πιο σταθερή ισχύ. Στις αρχές του 1970, με τη πρώτη πετρελαϊκή κρίση, η αιολική ενέργεια επανέκαμψε. Αυτή τη φορά όμως, η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού στράφηκε αποκλειστικά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πρώτες ανεμογεννήτριες είχαν ήδη αναπτυχθεί στις αρχές του 20$^{ου}$ αιώνα, και σταδιακά μέχρι τη δεκαετία του 1970 η τεχνολογία είχε κάνει άλματα προόδου. Από τη δεκαετία του 1990 και έπειτα, η αιολική ενέργεια ήταν η σημαντικότερη από τις αειφόρες ενεργειακές πηγές. Από τότε, η παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας διπλασιάζεται κάθε τρία χρόνια. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας έπεσε στο 1/6 από τις αρχές του 1980 και πιστεύεται ότι θα συνεχίσει με παρόμοιους ρυθμούς. Αξιοσημείωτη είναι η ανάπτυξη της τεχνολογίας στις ανεμογεννήτριες. Στα τέλη του 1980, η

κορυφαία τεχνολογία έφτανε τα 300kW με διάμετρο πτερύγιων 30 μέτρα. Από τα τέλη του 1990 πλέον, είναι διαθέσιμες ανεμογεννήτριες ισχύος 1500kW με διάμετρο πτερυγίων 70 μέτρα, ενώ έχουν εγκατασταθεί ανεμογεννήτριες ισχύος με ισχύ μέχρι 7 MW και υπάρχουν υπό κατασκευή μονάδες μέχρι 10 MW.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι περισσότερο από το 79% της παγκόσμιας παραγωγής αιολικής ενέργειας, προέρχεται από πέντε κράτη: Γερμανία, Ισπανία ΗΠΑ, Δανία και Ινδία. Μαζί με άλλες πέντε χώρες ( Ιταλία, Ολλανδία, Μ. Βρετανία, Ιαπωνία και Κίνα), το ποσοστό ξεπερνάει το 89.8% της παγκόσμιας παραγωγής. Συνάγεται έτσι το συμπέρασμα, ότι οι γνώσεις στο συγκεκριμένο γνωστικό ζήτημα προέρχονται κυρίως από τις παραπάνω περιοχές. Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών απαιτεί ένα μεγάλο πεδίο επιστημονικής βάσης που στηρίζεται κυρίως στην αεροδυναμική, τη δυναμική κατασκευών, τη μηχανολογία και την ηλεκτρολογία. Επομένως, δεδομένου ότι ξεφεύγει από το σκοπό της παρούσας εργασίας η αναλυτική τεχνική περιγραφή, θα γίνει προσπάθεια μιας σύντομης επισκόπησης της παρούσας κατάστασης στον τεχνολογικό, περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό τομέα.

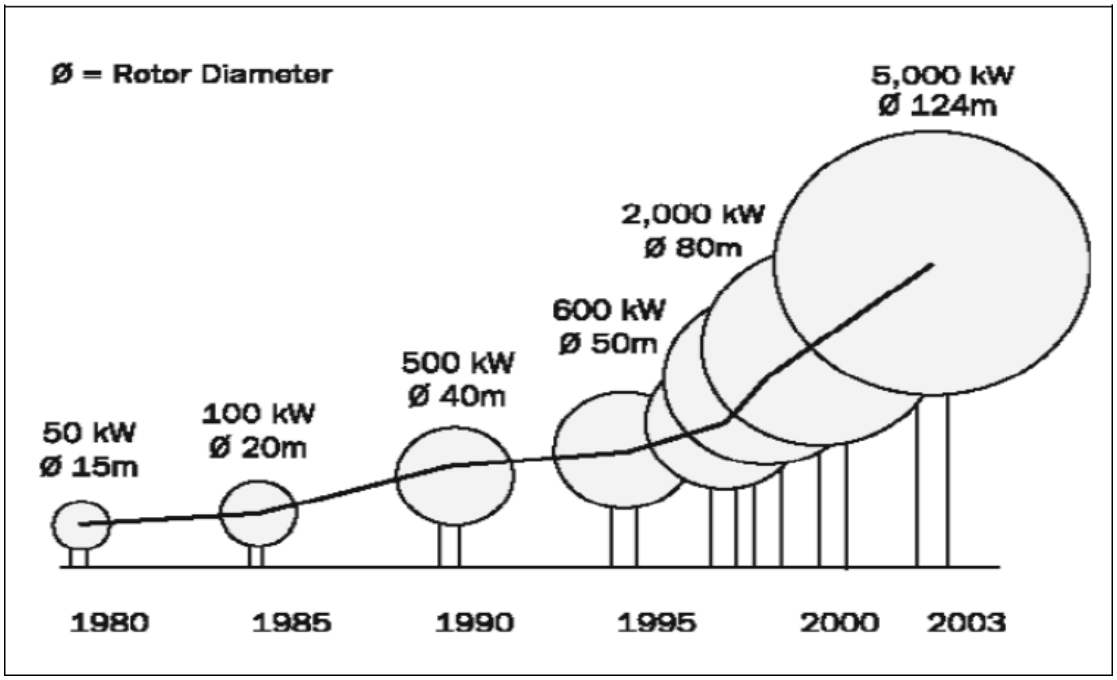
Πίνακας **1**.16.1 : Συνολική εγκατεστημένη αιολική ενέργεια.

| | **MW** | **%** |
|---|---|---|
| Γερμανία | 16,629 | 35.1 |
| Ισπανία | 8,263 | 17.5 |
| ΗΠΑ | 6,740 | 14.2 |
| Δανία | 3,117 | 6.6 |
| Ινδία | 3,000 | 6.3 |
| Ιταλία | 1,125 | 2.4 |
| Κάτω Χώρες | 1,078 | 2.3 |
| Ηνωμένο Βασίλειο | 888 | 1.9 |
| Ιαπωνία | 874 | 1.8 |
| Κίνα | 764 | 1.6 |
| | | |




Σχήμα 1.16.2. Εγκατεστημένη αιολική ισχύς στα κράτη μέλη της IEA, 1990-2002

[πηγή: *International Energy Agency, 2004*]




Σχήμα 1.16.3. Μεταβολή του μεγέθους των ανεμογεννητριών από το 1980-2003

[*πηγή: Wind Power Technology, European Wind energy Association, 2004*]

Ο κύριος μοχλός της εγκατάστασης αιολικών πάρκων είναι η ενίσχυση τους από τις κυβερνήσεις μέσω του μηχανισμού των εγγυημένων τιμών αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (fixed feed- in tariffs) βάσει της οποίας, η εκάστοτε δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού υποχρεούται να καταβάλει μια εγγυημένη τιμή ανά kWh για παραγωγή ηλεκτρισμού από αιολικά πάρκα. Εναλλακτική προσέγγιση ακολουθούν χώρες όπως Αγγλία, Σκωτία, Ιρλανδία κλπ. που εφαρμόζουν διαδικασίες προσφοράς (bidding processes). Οι υποψήφιοι παραγωγοί ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) καλούνται να καταθέσουν προσφορές για την δημιουργία νέας μονάδας παραγωγής. Εκείνοι, καταθέτουν προσφορές σε διαφορετικά είδη τεχνολογίας (φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, κλπ), για τιμολόγιο παροχής, ή για το ποσό της οικονομικής επιδότησης που θα πληρωθεί για κάθε kWh που θα τροφοδοτήσει το δίκτυο από ΑΠΕ. Ο ανάδοχος θα αμειφθεί με το τιμολόγιο παροχής για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Επίσης, σε κάποιες χώρες εφαρμόζεται το σχήμα γνωστό ως προκαθορισμένο μερίδιο συνδυασμένο με πράσινο πιστοποιητικό (fixed quotas combined with green certificate trading). Με βάση το παραπάνω σχήμα, η κυβέρνηση ορίζει για τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού ένα προκαθορισμένο ποσό ενέργειας από ΑΠΕ που πρέπει να πουλήσουν μέσω του δικτύου. Από την άλλη, οι παραγωγοί ΑΠΕ λαμβάνουν ένα πιστοποιητικό για το ποσό της ενέργειας από ΑΠΕ που διοχέτευσαν στο δίκτυο. Εν συνεχεία, οι επιχειρήσεις πρέπει να αγοράσουν αυτά τα πιστοποιητικά ώστε να δείξουν ότι έχουν εκπληρώσει την υποχρέωση. Μελέτες έχουν δείξει ότι το αιολικό δυναμικό είναι πολύ σημαντικό, ποικίλλει όμως ανάλογα με την περιοχή. Τα αποτελέσματα μελετών για την αιολική ενέργεια, εξαρτώνται από την ποιότητα των διαθέσιμων δεδομένων καθώς και από τις υποθέσεις για την τεχνολογία και το διαθέσιμο χώρο. Τέτοιες μελέτες μπορούν να παρέχουν μια προσέγγιση του συνολικού αιολικού δυναμικού. Οι ανεμογεννήτριες εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια κοντά στο επίπεδο του εδάφους. Το ρεύμα αέρα είναι τυρβώδες στη περιοχή αυτή. Η ταχύτητα του ανέμου μεταβάλλεται με το ύψος και η κατανομή της ταχύτητας του ανέμου εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες. Υπάρχει επίσης και μια κατανομή της διεύθυνσης του ανέμου

ανάλογα με το ύψος. Έτσι, κατά μήκος του ρότορα του ανεμοκινητήρα πνέουν άνεμοι με διαφορετικές κατανομές ταχύτητας και κατεύθυνσης. Ακόμη ένα σημαντικό ζήτημα, είναι οι μακροπρόθεσμες μεταβολές του αιολικού δυναμικού. Οι έρευνες έχουν δείξει, ότι η μεταβολή της μέσης ισχύος από τη μια εικοσαετή περίοδο στην επόμενη, έχει μια σταθερή απόκλιση της τάξης του 10% ή λιγότερο [*Petersen et al., 1998*]. Επομένως, η αβεβαιότητα του αιολικού δυναμικού δεν είναι σημαντική σε σχέση με το χρόνο ζωής μιας ανεμογεννήτριας. Οι ανεμογεννήτριες αγγίζουν τη μέγιστη απόδοση σε ταχύτητες ανέμου 12- 16 m/s. Στις ταχύτητες αυτές, η παραγωγή ενέργειας προσεγγίζει την ονομαστική τιμή. Σε μεγαλύτερες ταχύτητες η παραγόμενη ισχύς του δρομέα είναι αναγκαίο να περιοριστεί. Στις περισσότερες περιοχές παγκοσμίως, η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής ζήτησης ενέργειας. Ωστόσο, στη Βόρεια Γερμανία, στη Δανία ή στο νησί Γκότλαντ της Σουηδίας, καλύπτεται ένα πολύ μεγάλο μέρος της ενεργειακής ζήτησης από ανεμογεννήτριες. Αξίζει να αναφερθεί ότι το έτος 2000, η ηλεκτρική ενέργεια από ανεμογεννήτριες κάλυψε το 25% της ενεργειακής ζήτησης της Περιφέρειας Scheswig- Holstein της Γερμανίας (3,372 GWh από τις 13,000 GWh). Στην Ελλάδα, το 2003 παρήχθησαν 648 GWh από αιολικά πάρκα σε σύνολο κατανάλωσης 48,829 GWh [*πηγή: ΔΕΣΜΗΕ (2003), IEA (2002), Eurostat (2002)*]. Το ποσοστό αυτό, ήταν σαφώς μειωμένο σε σχέση με το έτος 2002 όταν οι αντίστοιχες τιμές ήταν 834 GWh παραγωγή από ανεμογεννήτριες σε συνολική κατανάλωση 50.900. Δηλαδή υπήρξε μια πτώση στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες, αλλά υπήρξε συνολική αύξηση των ΑΠΕ από 7,1% σε 10,6% [*Eurostat (20030, ΔΕΣΜΗΕ (2003)*]. Με την αύξηση της διείσδυσης της αιολικής ενέργειας, η διαθεσιμότητα της ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες καθώς και η επιρροή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο αποτελεί ένα σοβαρό θέμα καθώς κάθε δίκτυο διανομής είναι σχεδιασμένο με ένα μοναδικό τρόπο. Η ηλεκτρική παραγωγή από τις ανεμογεννήτριες, παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις στο πεδίο του χρόνου, εξαιτίας της αστάθειας της ταχύτητας του ανέμου. Οι διακυμάνσεις που προκαλούνται

από τις απότομες ριπές των ανέμων, προκαλούν αλυσιδωτά και διακυμάνσεις στο προφίλ της παραγόμενης τάσης εξόδου, που με τη σειρά της προκαλεί σοβαρές επιπτώσεις στην ποιότητα της ηλεκτρικής ισχύος στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται μερικώς με τη χρησιμοποίηση γεννητριών μεταβαλλόμενης ταχύτητας, καταφέρνοντας μια ομαλότερη ισχύ εξόδου. Υπάρχουν βέβαια και άλλες τεχνικές απόσβεσης τέτοιων φαινομένων. Μια από αυτές είναι η εγκατάσταση σε ένα αιολικό πάρκο αρκετών ανεμογεννητριών. Η συνολική ισχύς εξόδου ομαλοποιείται. Κατ' αυτό τον τρόπο και κάτω από ιδανικές συνθήκες οι διακυμάνσεις της παραγόμενης ισχύος μειώνονται κατά ένα συντελεστή $(v)^{-1/2}$, όπου v ο αριθμός των ανεμογεννητριών. Στη δεκαετία του 1990, το κόστος κατασκευής ανεμογεννητριών μειωνόταν στο 20% κάθε φορά πουδιπλασιαζόταν η παραγωγή τους. Σήμερα, η κατασκευή ανεμογεννητριών που συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο διπλασιάζεται κάθε τρία χρόνια. Ανάλογες περίπου αυξήσεις συμβαίνουν και στον τομέα των φωτοβολταϊκών και της βιομάζας. Η DEA (Danish Energy Agency) προβλέπει, ότι μέχρι το 2020 θα έχει επέλθει μείωση του κόστους ενέργειας σε ποσοστό 50%, ενώ το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εκτιμά στη Λευκή Βίβλο, ότι το ενεργειακό κόστος της αιολικής ενέργειας θα έχει μειωθεί τουλάχιστο 30% μέχρι το 2010. Εντούτοις, μια γενική σύγκριση του κόστους ηλεκτρικής παραγωγής είναι ένα πολύ δύσκολο εγχείρημα εξαιτίας του ότι αυτά διαφέρουν μεταξύ των κρατών, ένεκα της διαφορετικής διαθεσιμότητας πόρων, των διαφορετικών φορολογικών ρυθμίσεων κλπ.

Συνοψίζοντας το κόστος εγκατάστασης ανεμογεννητριών καθορίζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Ετήσια ταχύτητα ανέμου και κατανομή αυτής.
- Παρεμπόδιση μεταξύ των ανεμογεννητριών.
- Ύψος επένδυσης.
- Κόστος μελέτης και σύνδεσης των ανεμογεννητριών.
- Κόστος συντήρησης.
- Χρόνος ζωής.
- Κόστος αποσυναρμολόγησης.

Το μέλλον στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό και από την αποδοχή της κοινής γνώμης. Αυτή εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούν οι εγκαταστάσεις των αιολικών πάρκων (οπτική ρύπανση, θόρυβος, επίδραση στη χλωρίδα και πανίδα κλπ). Τα οικονομικά των εφαρμογών της αιολικής ενέργειας εξαρτώνται από το προφίλ των επικρατούντων ανέμων σε κάθε περιοχή, αλλά οι αποτυχημένες επενδύσεις μπορεί να προκληθούν και από αναξιόπιστες μετρήσεις των ανέμων ή ανακριβή μοντελοποίηση των ροών αυτών. Ακολουθεί ένα απλό παράδειγμα: Η ισχύς του ανέμου είναι ανάλογη της $3^{ης}$ δύναμης της ταχύτητάς του. Έτσι, μια απόκλιση 10% στην ταχύτητα του ανέμου, θα συνεπάγεται απόκλιση 30% στην αναμενόμενη ισχύ αυτού. Άρα, οι ακριβείς επί τόπου μετρήσεις είναι απολύτως αναγκαίες για την εξαγωγή ασφαλών αποτελεσμάτων.

Οι μετρήσεις αυτές έχουν το μειονέκτημα, ότι τα δεδομένα είναι περιορισμένα σε μια συγκεκριμένη περιοχή υποψήφια για εγκατάσταση εφαρμογής ανεμογεννητριών. Επιπλέον, οι μετρήσεις δεν γίνονται στο κατάλληλο εκείνο ύψος όπου θα βρίσκεται ο δρομέας, εισάγοντας ακόμη ένα σφάλμα. Η λύση βρίσκεται στην εφαρμογή υπολογιστικών μοντέλων με βάση τα οποία θα γίνεται αξιολόγηση των συνθηκών ανέμου στο ζητούμενο ύψος, στη συγκεκριμένη περιοχή, με δεδομένα που θα συλλέγονται από ένα βολικό σημείο και τέλος, θα λαμβάνονται υπόψη και άλλα στοιχεία επιρροής, όπως εμπόδια, κατοικίες κλπ.

Η αιολική ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί περιβαλλοντικά φιλική, εντούτοις η παραγωγή των πτερυγίων, του πύργου, της ατράκτου, η εξαγωγή των πρώτων υλών, η μεταφορά και η εγκατάσταση του εξοπλισμού, οδηγούν σε κατανάλωση ενεργειακών πόρων, οπότε υπάρχουν εκπομπές όσο οι ενεργειακοί πόροι βασίζονται κατά κόρο στα ορυκτά καύσιμα. Αυτές οι εκπομπές ονομάζονται έμμεσες εκπομπές. Στον Πίνακα 8, παρουσιάστηκαν περιληπτικά οι κυριότερες εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας, βασισμένη σε διαφορετικές τεχνολογίες. Περιλαμβάνονται οι έμμεσες και άμεσες εκπομπές.

Επιπρόσθετα, ο θόρυβος και η οπτική ρύπανση που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες, είναι σημαντικές παράμετροι κοινωνικής αποδοχής, ειδικότερα αν οι ανεμογεννήτριες είναι εγκατεστημένες κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Ο θόρυβος βέβαια, μπορεί να ελαττωθεί με την κατάλληλη χωροθέτηση των ανεμογεννητριών.

Μικρά συστήματα ανεμογεννητριών (μέχρι 10 kW) χρησιμοποιούνται κυρίως για αυτόνομη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κατοικίες, και γενικότερα σε περιοχές που δεν υπάρχει διασύνδεση με το δίκτυο διανομής. Επίσης, χρησιμοποιούνται συνήθως και για να τροφοδοτούν απομονωμένες εγκαταστάσεις (τηλεπικοινωνιακά συστήματα, κατοικίες κλπ). Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται για αυτές τις εφαρμογές φτάνουν τα 30 kW. Για συστήματα ηλεκτροδότησης σε υπαίθριες περιοχές και χωριά μέχρι 300 kW, οι ανεμογεννήτριες συνδυάζονται με ντιζελογεννήτριες, ή συστήματα συσσωρευτών. Αυτόνομοι ανεμοκινητήρες χρησιμοποιούνται επίσης για παραγωγή μηχανικού έργου, όπως άντληση νερού κλπ.

Ο σχεδιασμός των μικρών ανεμογεννητριών διαφέρει σημαντικά από το σχεδιασμό των μεγάλων που διασυνδέονται στο δίκτυο. Για παράδειγμα, οι μικρές απαιτούν διαφορετικό αεροδυναμικό προφίλ, εξαιτίας του διαφορετικού λόγου ταχυτήτων ακροπτερυγίου (tip speed ratio). Η βιομηχανία, δίνει λιγότερη έμφαση στην ανάπτυξη νέων αεροδυναμικών προφίλ σε σχέση με τις μεγάλες ανεμογεννήτριες. Συνεπώς, η αεροδυναμική απόδοση των μικρών ανεμογεννητριών είναι σαφώς μικρότερη από την αντίστοιχη των μεγάλων.

## Βιβλιογραφία


Α. Βιβλία

- Energy Systems and Sustainability – Power for a Sustainable Future, G.Boyle, B.Everett, Oxford University Press, Oxford 2003.
- Renewable Energy – Power for a Sustainable Future, G.Boyle, Oxford University Press, 1996.

Β. Επιστημονικά Περιοδικά

- Energy- http://www.sciencedirect.com/science/journal/03605442
- Energy Policy- http://www.sciencedirect.com/science/journal/03014215
- Applied Energy - http://www.journals.elsevier.com/applied-energy/
- Renewable Energy - http://www.journals.elsevier.com/renewable-energy

Γ. Άρθρα σε Επιστημονικά Περιοδικά

- Afgan, Naim H., Pilavachi, Petros A., Carvalho, Maria G., 'Multi-criteria evaluation of natural gas resources', 2006.
- Ally , J., Pryor, T., "Life-cycle assessment of diesel, natural gas and hydrogen fuel cell bus transportation systems", Journal of Power Sources 170 (2007) 401–411.
- Bana e Costa CA, editor. Readings in multiple criteria decision aid. Berlin: Springer; 1990.
- Bernard, J.T., Bolduc, D., Hardy, A., 'The costs of natural gas distribution pipelines: the case of SCGM, Quèbec', Energy Economics 24Ž2002.425_438, 2002.
- Birch, A.,D., Brown, D.,R., Dodson, M.,G., Swaffield, F., 'The Structure and Concentration Decay of High Pressure Jets of Natural Gas' 1984.
- Dinca, C., Rousseaux, P., Badea, A., "A life cycle impact of the natural gas used in the energy sector in Romania", Journal of Cleaner Production 15 (2007) 1451e1462.
- Dinca, C., Badea, A., Rousseaux, P., Apostola, T., "A multi-criteria approach to evaluate the natural gas energy systems", Energy Policy 35 (2007) 5754–5765.
- Energy Information Administration (EIA). U.S. crude oil, natural gas and natural gas liquids reserves. Washington, DC: U.S. Department of Energy; 1997.
- Erickson PA. A practical guide to environmental impact assessment. San Diego, California: Academic Press; 1994.
- Espinoza GA, Richards B. Fundamentals of environmental impact assessment. Trainers' course on environmental management and assessment for investment projects: Inter-American Development Bank — IDB Training Program; 2002.
- Fay, J.,A., 'Unusual Fire Hazard of LNG Tanker Spills' 1973.
- Guine´e JB, Gorre´e M, Heijungs R, Huppes G, Kleijn R, de Koning A, et al. Handbook on life cycle assessment, Operational guide to the ISO standards. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher; 2002.

- Haung JO, Poh KL, Ang BW. Decision analysis in energy and environmental modelling. Energy 1995;20:843–55.
- Holder, G.,D., , Kamath V.,A., Godbole, S.,P., 'The Potential of Natural Gas Hydrates as an Energy Resource' 1984.
- IEA, 2004. Key world energy statistics. International Energy Agency.
- International Organization for Standardization. Environmental management e life cycle assessment e goal and scope definition and inventory analysis [ISO 14041]. Geneva, Switzerland: ISO; 1997.
- Jensen, J.T., 2003. The LNG revolution. The Energy Journal 24 (2), 1–45.
- Kessler, J., Schilio, B., Shelby M., Haspel, A., 'Is natural gas really the answer? Targeting natural gas in US climate change mitigation policy', Energy Polic3' 1994 22 (7) 623-628.
- Kirchhoff, D., Montano, M., Ranieri, V. E. L., de Oliveira, I. S. DZ., Doberstein, B., de Souza, M. P., "Limitations and drawbacks of using Preliminary Environmental Reports (PERs) as an input to Environmental Licensing in Sao Paulo State: A case study on natural gas pipeline routing", Environmental Impact Assessment Review 27 (2007) 301–318.
- Knutsen OAS Shipping, 'Pressurised Natural Gas – A New Alternative for Natural Gas Transport', BUSINESS BRIEFING: EXPLORATION & PRODUCTION: THE OIL & GAS REVIEW 2004.
- Logan, J., Dongun, L., 'Natural Gas and China's Environment' 1999.
- Lopez, J.L., Mandujano, C., 'Estimation of the impact in the air quality by the use of clean fuels (fuel oil versus natural gas)', Catalysis Today 106 (2005) 176–179.
- Mavrakis, D., Thomaidis, F., Ntroukas, I., 'An assessment of the natural gas supply potential of the south energy corridor from the Caspian Region to the EU', Energy Policy 34 (2006) 1671-1680.
- Mitchell B., 'Resource and environmental management', second ed. Harlow, UK: Longman; 2002.
- Moreno, René,. Fallen Jr and D.G, Bailey 'Alternative transport fuels from natural gas', by The World Bank, Washintong, DC, USA, Energy Policy, Volume 19, Issue 1, January-February 1991, Pages 80-81 1989
- Oil & Gas Journal, 1/2007
- Ozturk, H.,K., Hepbasli, A., 'The Place of Natural Gas in Turkey's Energy Sources and Future Perspectives' 2003.
- Poher SD, Ramachandran M., 'Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning.', Renew Sustain Energy Rev 2004;8:365–81.
- Reymond, M., 'European key issues concerning natural gas: Dependence and vulnerability', Energy Policy 35 (2007) 4169–4176.
- Schouten, J. A., Michels, J. P. J., Janssen-van Rosmalen R., 'Effect of H2-injection on the thermodynamic and transportation properties of natural gas' (2003)
- Seager, T.P., Brown, R.L,. 'Comment on Life-cycle analysis of alternative automobile fuel/propulsion technologies', Environ. Sci.Technol. 35 (8) (2001) 1696–1697.
- Shirota, H., Aya, I., Namie, S., Bollavaram, P., Turner, D., Dendy Sloan E.,, 'Measurement of Methane Hydrate Dissociation for Application to Natural Gas Storage and Transportation' 2002.
- Winrow G., 'Turkey and the East-West Gas Transportation Corridor' 2004
- Zhang, J., 'Designing a Cost Effective and Reliable Pipeline Leak Detection System' (1996)

- Ζογκάρης, Σ., 'Αγωγός Φυσικού Αερίου- Κλάδος Κομοτηνής. Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων', 1997.


Δ. Ιστότοποι Διαδικτύου


- www.aegean.gr/environment/energy/mcda
- www.rae.gr/
- http://www.ypoian.gr/
- www.aerioattikis.gr/
- www.ypeka.gr
- www.cres.gr
- www.depa.gr
- www.desfa.gr
- www.energy.gov
- www.energy.eu
- www.nrel.gov
- www.iea.org/
- www.energia.gr/
- http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php ).
- http://www.bp.com/bodycopyarticle.do?categoryId=1&contentId=7052055,
- www.oecd.org
- www.express.gr
- www.ekem.gr
- http://www.agoraideon.gr/site/index.php

Ε. Κανονισμοί και Νομοθεσία

| α/α | ΝΟΜΟΘΕΤΗΜΑ | ΤΙΤΛΟΣ | ΦΕΚ - ΗΜ/ΝΙΑ |
|---|---|---|---|
| 1 | Ν. 2364/1995 | Σύσταση του Σώματος Ενεργειακού Ελέγχου και Σχεδιασμού. Εισαγωγή, μεταφορά, εμπορία και διανομή φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις. | 252Α-6/12/1995 |
| 2 | 398L0030 | Οδηγία 98/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Ιουνίου 1998 σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά φυσικού αερίου. | L204-21/07/1998 |
| 3 | Π.Δ. 450/95 | Διαμετακόμιση φυσικού αερίου μέσων μεγάλων δικτύων μεταφοράς υψηλής πίεσης με εναρμόνιση προς την Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 91/296/ΕΟΚ της 31 Μαΐου 1991 | 263Α-1995 |
| 4 | Ν.2244/94 | Ρύθμιση Θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις. | 168Α-1994 |
| 5 | Π.Δ. 161/92 | Διαμετακόμιση Φυσικού Αερίου μέσων μεγάλων δικτύων μεταφοράς υψηλής πίεσης σε εναρμόνιση προς την Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 91/296/ΕΟΚ της 31ης Μαΐου 1991 | 74Α-1992 |
| 6 | Π.Δ. 3/30-1-92 | Καθορισμός απόστασης οικοδομών εκατέρωθεν του άξονα του αγωγού μεταφοράς του φυσικού αερίου, στις έκτος εγκεκριμένου σχεδίου και εκτός ορίων οικισμών περιοχές . | 77Δ-30/1/92 |
| 7 | Κ.Υ.Α. 58751/2370/93 | Καθορισμός μέτρων και όρων για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης. | 264Β-1993 |
| 8 | Υ.Α. 1124 ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. 5.15/4/93 | Όροι λειτουργίας και επιτρεπόμενα όροι εκπομπών αερίων αποβλήτων από βιομηχανικούς λέβητες ατμογεννήτριες, ελαιόθερμα και αερόθερμα που λειτουργούν με καύσιμο μαζούτ, ντίζελ ή αέριο. | 264Β-1993 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9 | Π.Δ. 206/89 | Καθιέρωση διαδικασίας πληροφόρησης στον τομέα των προτύπων και τεχνικών κανονισμών σε συμμόρφωση προς την οδηγία 83/189/ΕΟΚ της 28.3.1983 του Συμβουλίου των Ε.Κ. | 94Α-1987 |
| 10 | Οδηγία 90/396/ΕΟΚ | Το Συμβούλιο της 29ης Ιουνίου 1990 για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τις συσκευές αερίου | L196 26/07/1990 |

Περαιτέρω νομοθεσία και το θεσμικό πλαίσιο, για την ενέργεια, το περιβάλλον, τις επενδύσεις μπορεί να αναζητηθεί στους ιστοτόπους:

Α. Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου, www.desfa.gr
Β. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, www.rae.gr
Γ. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, www.ypeka.gr
Δ. Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, http://www.ypoian.gr/