

# ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τεχνολογίες και Περιβάλλον

ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ  
ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΝΑΚΗΣ

# ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## Τεχνολογίες και Περιβάλλον

Copyright © 2013 Α. Παπασωτηρίου & ΣΙΑ Ο.Ε. – Θεοχάρης Τσούτσος, Ιωάννης Κανάκης

ISBN: 978-960-491-

Αποκλειστικότητα για την ελληνική γλώσσα:



Στουρνάρη 49<sup>Α</sup> & Πατησίων  
106 82 Αθήνα  
Τηλ.: 210 3323300  
Fax: 210 3848254  
<http://www.papasotiriou.gr>  
email: [publish@papasotiriou.gr](mailto:publish@papasotiriou.gr)

Υπεύθυνος έκδοσης: Παναγιώτης Ασωνίτης

Σχεδιασμός εξωφύλλου: Ελένη Παπαθανασίου

Σελιδοποίηση: Κ. Καλαϊτζής

Εκτύπωση: Χ. Αγγελόπουλος & ΣΙΑ Ε.Ε.

Βιβλιοδεσία: Στάμου Εκδόσεις - Γραφικές Τέχνες ΕΠΕ

Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Δεν επιτρέπεται η αναπαραγωγή κανενός τμήματος αυτής της έκδοσης, σε οποιαδήποτε μορφή, ή με τη χρήση ηλεκτρονικών ή μηχανικών μέσων, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων αποθήκευσης και ανάκτησης πληροφοριών, χωρίς την έγγραφη άδεια του εκδότη, παρά μόνο από επιμελητές ή βιβλιοκριτικούς, οι οποίοι μπορούν να αναφέρουν σύντομα αποσπάσματα σε εργασίες τους.

# Περιεχόμενα

|                   |                                                                                                                |          |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Κεφάλαιο 1</b> | <b>ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....</b>                                                          | <b>1</b> |
| 1.1               | Τι είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)<br>[Renewable Energy Sources – RES] .....                        | 1        |
| 1.2               | Πηγές προέλευσης των ΑΠΕ .....                                                                                 | 3        |
| 1.3               | Βασικά χαρακτηριστικά των ΑΠΕ .....                                                                            | 4        |
| 1.4               | Είναι όλες οι μορφές ενέργειας ίδιας ποιότητας; Πρωτογενής, δευτερογενής,<br>τελική και χρήσιμη ενέργεια ..... | 5        |
| <br>              |                                                                                                                |          |
| <b>Κεφάλαιο 2</b> | <b>ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....</b>                                                                                 | <b>9</b> |
| 2.1               | Το ηλιακό φάσμα .....                                                                                          | 9        |
| 2.2               | Η διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα απ' την ατμόσφαιρα .....                                              | 14       |
| 2.3               | Ενεργειακό ισοζύγιο Γης-διαστήματος (εδάφους-ατμόσφαιρας) .....                                                | 15       |
| 2.4               | Ορισμοί - όροι φυσικών μεγεθών που συνδέονται με την ηλιακή ακτινοβολία..                                      | 18       |
| 2.5               | Η γεωμετρική σχέση ηλιακής ακτινοβολίας και γήινης επιφάνειας .....                                            | 21       |
| 2.5.1             | Βασικές έννοιες .....                                                                                          | 21       |
| 2.5.2             | Υπολογισμός της πυκνότητας άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας<br>σε οριζόντια και κεκλιμένη επιφάνεια (επίπεδο) ..... | 22       |
| 2.5.3             | Υπολογισμός της πυκνότητας διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας<br>σε κεκλιμένη επιφάνεια (επίπεδο) .....             | 24       |
| 2.5.4             | Υπολογισμός της πυκνότητας της ανακλώμενης ηλιακής<br>ακτινοβολίας σε κεκλιμένη επιφάνεια (επίπεδο).....       | 24       |
| 2.5.5             | Υπολογισμός της πυκνότητας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας<br>σε κεκλιμένη επιφάνεια (επίπεδο) .....               | 25       |
| 2.6               | Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος της Γης .....                                                     | 25       |
| 2.7               | Χρονικές μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας.....                                                               | 27       |
| 2.8               | Μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας – Όργανα .....                                                                    | 30       |

|                   |                                                                             |            |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Κεφάλαιο 3</b> | <b>ΗΛΙΑΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</b>                                             | <b>33</b>  |
| Εισαγωγή          |                                                                             | 33         |
| 3.1               | Παθητικά θερμικά ηλιακά συστήματα [Passive Solar Energy Systems]            | 35         |
| 3.1.1             | Εισαγωγή                                                                    | 35         |
| 3.1.2             | Βασικές αρχές                                                               | 35         |
| 3.1.3             | Βασικές έννοιες για το σχεδιασμό των παθητικών θερμικών ηλιακών συστημάτων  | 37         |
| 3.1.4             | Τεχνικές σχεδιάσεις παθητικών θερμικών ηλιακών συστημάτων                   | 39         |
| 3.2               | Ενεργητικά ηλιακά συστήματα χαμηλών και μέσων θερμοκρασιών                  | 46         |
| 3.2.1             | Εισαγωγή                                                                    | 46         |
| 3.2.2             | Βασικές αρχές                                                               | 47         |
| 3.2.3             | Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες                                                  | 55         |
| 3.2.4             | Είδη επίπεδων ηλιακών συλλεκτών                                             | 58         |
| 3.2.5             | Χαρακτηριστικές καμπύλες επίπεδων ηλιακών συλλεκτών                         | 65         |
| 3.2.6             | Υπόλοιπα στοιχεία (μέρη) ηλιακών θερμικών συστημάτων                        | 68         |
| 3.2.7             | Ενεργειακή αλυσίδα μετατροπών και απώλειες στα ηλιακά θερμικά συστήματα     | 75         |
| 3.2.8             | Στοιχεία σχεδιασμού ηλιακών θερμικών συστημάτων                             | 76         |
| 3.2.9             | Εφαρμογές ηλιακών θερμικών συστημάτων                                       | 82         |
| 3.2.10            | Υπολογιστικές τεχνικές για την εκτίμηση φορτίων σε ηλιακά θερμικά συστήματα | 93         |
| 3.3               | Ηλιοθερμικά συστήματα ισχύος [Solar Thermal Power Plants]                   | 102        |
| 3.3.1             | Εισαγωγή                                                                    | 102        |
| 3.3.2             | Βασικές αρχές                                                               | 103        |
| 3.3.3             | Είδη θερμοηλεκτρικών τεχνολογιών                                            | 105        |
| <b>Κεφάλαιο 4</b> | <b>ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ</b>                                              | <b>119</b> |
| 4.1               | Εισαγωγή                                                                    | 119        |
| 4.2               | Βασικές αρχές                                                               | 123        |
| 4.2.1             | Θεωρία (υπόδειγμα) του ενεργειακού χάσματος                                 | 123        |
| 4.2.2             | Αγωγοί, μονωτές, ημιαγωγοί                                                  | 124        |
| 4.2.3             | Μηχανισμοί αγωγιμότητας των ημιαγωγών                                       | 126        |
| 4.2.4             | Επαφή p-n [p-n junction]                                                    | 129        |
| 4.2.5             | Φωτοβολταϊκό φαινόμενο [photovoltaic effect]                                | 131        |
| 4.3               | Το φωτοβολταϊκό στοιχείο                                                    | 133        |
| 4.3.1             | Εισαγωγή                                                                    | 133        |
| 4.3.2             | Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα Φ/Β στοιχείου                                   | 136        |

|                   |                                                                                                            |            |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.3             | Χαρακτηριστική καμπύλη I-V ενός Φ/Β στοιχείου –καμπύλη ισχύος...                                           | 137        |
| 4.3.4             | Εξάρτηση χαρακτηριστικής καμπύλης I-V από την ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμοκρασία του Φ/Β στοιχείου..... | 139        |
| 4.3.5             | Απόδοση Φ/Β στοιχείου και απώλειες.....                                                                    | 141        |
| 4.3.6             | Τύποι Φ/Β στοιχείων.....                                                                                   | 146        |
| 4.4               | Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.....                                                                                  | 153        |
| 4.4.1             | Εισαγωγή.....                                                                                              | 153        |
| 4.4.2             | Τάση και ένταση ρεύματος σε Φ/Β πλαίσιο.....                                                               | 154        |
| 4.4.3             | Απόδοση-συντελεστής απόδοσης Φ/Β πλαισίου.....                                                             | 156        |
| 4.4.4             | Συμπληρωματικά στοιχεία-μέρη για την εγκατάσταση ενός Φ/Β πάνελ.....                                       | 158        |
| 4.5               | Φωτοβολταϊκό σύστημα [PV System] – Φωτοβολταϊκή συστοιχία [PV Array]..                                     | 166        |
| 4.5.1             | Κατηγορίες Φ/Β συστημάτων.....                                                                             | 168        |
| 4.5.2             | Συνολικός συντελεστής απόδοσης Φ/Β συστήματος – Αλυσίδα ενεργειακών μετατροπών.....                        | 176        |
| <b>Κεφάλαιο 5</b> | <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>                                                       | <b>179</b> |
| 5.1               | Εισαγωγή.....                                                                                              | 179        |
| 5.2               | Βασικές Αρχές.....                                                                                         | 184        |
| 5.2.1             | Φυσικές και μετεωρολογικές αρχές δημιουργίας των ανέμων.....                                               | 184        |
| 5.2.2             | Τοπικοί παράγοντες επίδρασης στην κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου.....                              | 185        |
| 5.2.3             | Μέτρηση ταχύτητας του ανέμου/Στατιστικά μοντέλα ανάλυσης δεδομένων.....                                    | 188        |
| 5.2.4             | Κινητική ενέργεια ανέμου/ιδανικός (μέγιστος) συντελεστής απόδοσης A/Γ.....                                 | 190        |
| 5.2.5             | Βασικές αρχές αεροδυναμικής που αφορούν τις A/Γ.....                                                       | 195        |
| 5.3               | Τεχνική-τεχνολογική περιγραφή.....                                                                         | 198        |
| 5.3.1             | Κατηγορίες A/Γ - A/Γ κατακόρυφου άξονα.....                                                                | 198        |
| 5.3.2             | A/Γ οριζόντιου άξονα.....                                                                                  | 201        |
| 5.3.3             | Συστατικά μέρη A/Γ.....                                                                                    | 204        |
| 5.3.4             | Ενεργειακή αλυσίδα μετατροπών, απώλειες, χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος A/Γ.....                            | 207        |
| 5.3.5             | Αιολικά πάρκα.....                                                                                         | 213        |
| 5.3.6             | Υπεράκτια αιολικά πάρκα [Offshore wind parks (farms)].....                                                 | 215        |
| 5.3.7             | A/Γ σε εφαρμογές εκτός ηλεκτρικού δικτύου [grid-independent applications].....                             | 217        |

|                   |                                                                                            |            |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Κεφάλαιο 6</b> | <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ.....</b>                                              | <b>221</b> |
| 6.1               | Εισαγωγή.....                                                                              | 221        |
| 6.2               | Το δυναμικό της βιομάζας .....                                                             | 223        |
| 6.3               | Ενεργειακή αξιοποίηση της λιγνοκυτταρινούχου βιομάζας .....                                | 225        |
| 6.3.1             | Συνολική παρουσίαση.....                                                                   | 225        |
| 6.3.2             | Σύσταση και δομή λιγνοκυτταρινούχων υλικών (ΛΚΥ).....                                      | 226        |
| 6.3.3             | Κινητική όξινης υδρόλυσης με χρήση αραιού οξέος.....                                       | 233        |
| 6.3.4             | Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας -<br>παραγωγή βιοαιθανόλης .....   | 245        |
| 6.3.5             | Ζύμωση σακχάρων .....                                                                      | 254        |
| 6.3.6             | Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας....                              | 259        |
| 6.4               | Βιοντίζελ.....                                                                             | 261        |
| 6.4.1             | Παραγωγή βιοντίζελ.....                                                                    | 261        |
| 6.4.2             | Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα .....                                                        | 263        |
| 6.5               | Βιοαέριο .....                                                                             | 265        |
| 6.6               | Ενεργειακές καλλιέργειες .....                                                             | 267        |
| 6.6.1             | Εισαγωγή .....                                                                             | 267        |
| 6.6.2             | Ελαιοκράμβη .....                                                                          | 269        |
| 6.6.3             | Ηλίανθος .....                                                                             | 271        |
| 6.6.4             | Σόγια.....                                                                                 | 272        |
| <b>Κεφάλαιο 7</b> | <b>ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....</b>                                                        | <b>275</b> |
| 7.1               | Εισαγωγή.....                                                                              | 275        |
| 7.2               | Βασικές αρχές .....                                                                        | 279        |
| 7.2.1             | Βασική δομή μιας υδροηλεκτρικής εγκατάστασης.....                                          | 279        |
| 7.2.2             | Βασικός σχεδιασμός μιας υδροηλεκτρικής εγκατάστασης.....                                   | 281        |
| 7.2.3             | Κατηγορίες υδροηλεκτρικών συστημάτων ανάλογα<br>με το μέγεθος της υδραυλικής κεφαλής ..... | 283        |
| 7.2.4             | Τα μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά Συστήματα (ΜΥΗΣ) .....                                    | 286        |
| 7.2.5             | Τα υδροηλεκτρικά συστήματα με αντλίες αντιστροφής<br>και δύο ταμιευτήρες.....              | 287        |
| 7.3               | Τεχνική περιγραφή .....                                                                    | 290        |
| 7.3.1             | Τα βασικά στοιχεία της δομής των υδροηλεκτρικών συστημάτων ....                            | 290        |
| 7.3.2             | Οι υδροστρόβιλοι .....                                                                     | 295        |
| 7.3.3             | Ενεργειακή αλυσίδα μετατροπών, απώλειες, καμπύλη ισχύος.....                               | 306        |

|                    |                                                                                                 |            |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Κεφάλαιο 8</b>  | <b>ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....</b>                                                                | <b>309</b> |
| 8.1                | Εισαγωγή.....                                                                                   | 309        |
| 8.2                | Βασικές αρχές .....                                                                             | 313        |
| 8.2.1              | Η πηγή της γεωθερμικής ενέργειας (θερμότητας) .....                                             | 313        |
| 8.2.2              | Γεωθερμικά συστήματα .....                                                                      | 316        |
| 8.2.3              | Ταξινόμηση γεωθερμικών πόρων .....                                                              | 321        |
| 8.2.4              | Γεωθερμική έρευνα.....                                                                          | 324        |
| 8.2.5              | Εντάσσεται η γεωθερμική ενέργεια στις ΑΠΕ; .....                                                | 325        |
| 8.3                | Τεχνική περιγραφή .....                                                                         | 327        |
| 8.3.1              | Γεωθερμικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας .....                           | 330        |
| 8.3.2              | Εγκαταστάσεις για την άμεση χρήση της γεωθερμίας.....                                           | 335        |
| 8.4                | Αβαθής γεωθερμία – Αντλίες θερμότητας .....                                                     | 338        |
| 8.4.1              | Κατηγοριοποίηση συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας ....                                  | 339        |
| 8.4.2              | Λειτουργία των συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας .....                                  | 342        |
| <br>               |                                                                                                 |            |
| <b>Κεφάλαιο 9</b>  | <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΚΥΜΑΤΑ, ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ,<br/>ΩΚΕΑΝΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....</b>                              | <b>347</b> |
| 9.1                | Εισαγωγή.....                                                                                   | 347        |
| 9.2                | Η ενέργεια από την παλίρροια [tidal energy] .....                                               | 347        |
| 9.2.1              | Προέλευση .....                                                                                 | 347        |
| 9.2.2              | Ιστορική αναδρομή .....                                                                         | 348        |
| 9.2.3              | Τεχνικές αξιοποίησης της παλίρροιας –<br>Αρχές λειτουργίας .....                                | 349        |
| 9.2.4              | Παρούσα κατάσταση και προοπτικές .....                                                          | 358        |
| 9.3                | Ωκεάνια ενέργεια .....                                                                          | 360        |
| 9.3.1              | Οι φυσικές αρχές .....                                                                          | 360        |
| 9.3.2              | Τεχνολογική υποδομή.....                                                                        | 361        |
| 9.4                | Ενέργεια από θαλάσσια κύματα .....                                                              | 364        |
| 9.4.1              | Ιστορική αναδρομή .....                                                                         | 365        |
| 9.4.2              | Κατηγορίες μηχανικών κατασκευών για την αξιοποίηση<br>της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων ..... | 366        |
| <br>               |                                                                                                 |            |
| <b>Κεφάλαιο 10</b> | <b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΕ .....</b>                                                         | <b>373</b> |
| 10.1               | Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση<br>των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας .....                | 373        |

|        |                                                                                        |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.2   | Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα ενεργειακά έργα .....                                | 377 |
| 10.3   | Επιπτώσεις από τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα .....                                    | 378 |
| 10.3.1 | Επιπτώσεις από τα ηλιοθερμικά συστήματα ισχύος .....                                   | 379 |
| 10.3.2 | Επιπτώσεις από τα φωτοβολταϊκά συστήματα .....                                         | 384 |
| 10.3.3 | Επιπτώσεις από τα ενεργητικά ηλιακά θερμικά συστήματα.....                             | 391 |
| 10.4   | Υδροηλεκτρικά έργα.....                                                                | 394 |
| 10.4.1 | Υδροηλεκτρικά συστήματα – μεγάλα έργα .....                                            | 394 |
| 10.4.2 | Υδροηλεκτρικά συστήματα – μεσαία και μικρά έργα.....                                   | 400 |
| 10.5   | Αιολικά συστήματα.....                                                                 | 402 |
| 10.6   | Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ενεργειακή αξιοποίηση<br>της βιομάζας .....         | 407 |
| 10.6.1 | Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ενεργειακή αξιοποίηση<br>της φυτικής βιομάζας ..... | 407 |
| 10.6.2 | Ενεργειακές καλλιέργειες .....                                                         | 414 |
| 10.6.3 | Εφαρμογή της μεθόδου Ανάλυσης Κύκλου Ζωής<br>στην παραγωγή βιοντίζελ .....             | 414 |
| 10.7   | Ενέργεια από σκουπίδια .....                                                           | 424 |

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ-ΙΣΧΥΟΣ / ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....**

|       |                                                             |            |
|-------|-------------------------------------------------------------|------------|
|       |                                                             | <b>427</b> |
| A.1   | Η έννοια της ενέργειας.....                                 | 427        |
| A.2   | Μορφές ενέργειας.....                                       | 428        |
| A.2.1 | Ηλιακή ενέργεια [Solar Energy] .....                        | 428        |
| A.2.2 | Κινητική ενέργεια [Kinetic Energy].....                     | 429        |
| A.2.3 | Βαρυτική δυναμική ενέργεια [Potential energy] .....         | 430        |
| A.2.4 | Μηχανική ενέργεια [Mechanical Energy] .....                 | 430        |
| A.2.5 | Ηλεκτρική ενέργεια [Electrical energy] .....                | 430        |
| A.2.6 | Ηλεκτρομαγνητική ενέργεια [Electromagnetic Energy].....     | 431        |
| A.2.7 | Φωτεινή ενέργεια [Light Energy].....                        | 431        |
| A.2.8 | Χημική ενέργεια [Chemical Energy].....                      | 431        |
| A.2.9 | Θερμική ενέργεια [Thermal Energy] – Θερμότητα [Heat] .....  | 431        |
| A.3   | Διάκριση μεταξύ ενέργειας [energy] και ισχύος [power] ..... | 433        |
| A.3.1 | Μονάδες μέτρησης για την ενέργεια και την ισχύ .....        | 434        |
| A.3.2 | Προθέματα μονάδων και μετατροπές .....                      | 438        |
| A.4   | Ονομασίες και έννοιες .....                                 | 440        |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....          | 443 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ.....       | 447 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ ΗΛΙΑΚΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ..... | 457 |
| Βιβλιογραφία .....                                           | 461 |
| Συντομογραφίες.....                                          | 465 |
| Αναλυτικός κατάλογος πηγών εικόνων - σχημάτων .....          | 467 |
| Σχετικά με τους Συγγραφείς .....                             | 473 |



# Πρόλογος

Αναφέρεται συχνά στη βιβλιογραφία ότι η ανθρωπότητα μέχρι σήμερα έχει γνωρίσει τρεις βιομηχανικές επαναστάσεις: την πρώτη με την ατμομηχανή και το σιδηρόδρομο, τη δεύτερη με το πετρέλαιο, το αυτοκίνητο και τη χημεία, ενώ η τρίτη ήταν η επανάσταση της πληροφορικής και της βιοτεχνολογίας. Σήμερα, η ανθρωπότητα έρχεται αντιμέτωπη με ισχυρούς περιβαλλοντικούς κινδύνους (εκθετική αύξηση της ρύπανσης, φαινόμενο του θερμοκηπίου κ.λπ.) που απειλούν να καταστρέψουν τον πλανήτη. Οι κίνδυνοι αυτοί, εκτός από τις κοινωνικές αιτίες, συνδέονται και με την ολοένα αυξανόμενη ακόρεστη ενεργειακή ζήτηση που σήμερα ικανοποιείται κυρίως από την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων πεπερασμένων αποθεμάτων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.λπ.) με συνεχώς αυξανόμενο κόστος εξόρυξης. Μια, ακόμη, τέταρτη βιομηχανική επανάσταση διαμορφώνεται σήμερα, για τη μετάβαση της παγκόσμιας οικονομίας από την εποχή των ορυκτών καυσίμων στη λεγόμενη ηλιακή οικονομία η οποία συνδέεται με την περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνολογιών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) καθιστώντας τις το βασικό (αρχικά) και αποκλειστικό (τελικά) προμηθευτή ενέργειας για τις ανθρώπινες ανάγκες.

Πολλές από τις ΑΠΕ, ξεκινώντας από την αρχαιότητα, έχουν ενσωματωθεί σε διάφορες τεχνολογίες και αξιοποιήθηκαν από πολλούς πολιτισμούς. Η αιολική, η ηλιακή, η υδραυλική, η γεωθερμική είναι μερικές απ' αυτές τις μορφές ανανεώσιμης ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν διαχρονικά μέχρι την πρώτη βιομηχανική επανάσταση. Από το 18<sup>ο</sup> αιώνα και κυρίως το 19<sup>ο</sup> και 20<sup>ο</sup>, τα ορυκτά καύσιμα απέκτησαν την πρωτοκαθεδρία και τροφοδότησαν την ανάπτυξη κυρίως του αποκαλούμενου δυτικού κόσμου. Η πετρελαϊκή κρίση του 1972 αποτέλεσε σημείο καμπής για την αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος και την επιτάχυνση της ανάπτυξης τεχνολογιών ΑΠΕ που συνεχίζεται μέχρι σήμερα με αυξανόμενους ρυθμούς. Είναι λοιπόν φανερό το παγκόσμιο ενδιαφέρον τόσο των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, για την εισαγωγή σχετικών μαθημάτων ΑΠΕ στο πρόγραμμά τους, όσο και πολλών ερευνητών και επαγγελματιών εκτός του εκπαιδευτικού συστήματος.

Το παρόν βιβλίο απευθύνεται σε όλους όσους ενδιαφέρονται για τον κλάδο των τεχνολογιών ΑΠΕ, αλλά κυρίως σε σπουδαστές, φοιτητές, μηχανικούς κ.λπ. Στοχεύει να παρουσιάσει τις βασικότερες τεχνολογίες ΑΠΕ και την επίδρασή τους στο περιβάλλον<sup>1</sup> στους σπουδαστές και φοιτητές. Δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στις πιο ώριμες τεχνολογίες, αλλά και σε αυτές που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την Ελλάδα<sup>2</sup>.

Έγινε προσπάθεια στην παρουσίαση κάθε τεχνολογίας ΑΠΕ να διατηρηθεί παρόμοια διάρθρωση του κειμένου<sup>3</sup> (εισαγωγή- βασικές αρχές- τεχνική περιγραφή), ώστε να βοηθηθεί ο αναγνώστης να διαμορφώσει ολοκληρωμένη άποψη για κάθε τεχνολογία ΑΠΕ και, εν τέλει, να μπορέσει να τις συγκρίνει. Στο τέλος υπάρχει ξεχωριστό κεφάλαιο όπου παρουσιάζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των βασικότερων τεχνολογιών ΑΠΕ που περιλαμβάνονται στο βιβλίο. Στόχος μας ήταν σε κάθε κεφάλαιο να προβληθούν τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε τεχνολογίας και να δοθούν ερεθίσματα για περαιτέρω εμβάθυνση στους φοιτητές, σπουδαστές και γενικότερα στον αναγνώστη που θα ήθελε να ασχοληθεί περισσότερο με οποιαδήποτε από τις τεχνολογίες ΑΠΕ<sup>4</sup>.

Στα παραρτήματα περιλαμβάνονται χωριστά τμήματα: (α) για τις διάφορες μορφές ενέργειας, ώστε ο σπουδαστής, αλλά και ο μέσος αναγνώστης, να αποκτήσει (ή να θυμηθεί) βασικές γνώσεις και να αποσαφηνίσει σημεία σύγχυσης που εμφανίζονται συχνά και (β) για τις τεχνολογίες αποθήκευσης της ενέργειας από ΑΠΕ που αποτελούν προσδιοριστικό παράγοντα σήμερα για την περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών.

Το βιβλίο έχει στηριχθεί κυρίως στη διεθνή βιβλιογραφία (και λιγότερο στην ελληνική) και γι' αυτό υπάρχουν οι απαραίτητες υποσημειώσεις και παραπομπές. Πρέπει να τονιστεί ότι οι υποσημειώσεις αποτελούν οργανικό τμήμα του κειμένου

<sup>1</sup> Στην ελληνική βιβλιογραφία υπάρχουν εξειδικευμένα βιβλία σημαντικών συναδέλφων σε συγκεκριμένες μορφές ΑΠΕ όπως φωτοβολταϊκά, ηλιακή θερμική ενέργεια, αιολική ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια κ.λπ. Επίσης υπάρχουν βιβλία με παραδείγματα ή ειδικά θέματα τεχνολογιών ΑΠΕ. Η παρούσα έκδοση στοχεύει να παρουσιάσει, κυρίως για τις πανεπιστημιακές ανάγκες τα κυριότερα χαρακτηριστικά όλων των βασικών τεχνολογιών ΑΠΕ και τη σύνδεσή τους με το περιβάλλον. Επίσης επιχειρεί να προτρέψει το σπουδαστή και το σχεδιαστή μηχανικό να κάνει σύνθεση των τεχνολογιών, γι' αυτό και αποφεύγεται να δίνεται έμφαση σε μία τεχνολογία σε βάρος των άλλων

<sup>2</sup> Δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα Φ/Β συστήματα, στα ηλιακά συστήματα θέρμανσης ζεστού νερού ή στα ηλιακά θερμικά συστήματα ισχύος, στα συστήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας (ανεμογεννήτριες) κ.λπ.

<sup>3</sup> Χωρίς αυτό να ήταν παντού δυνατόν

<sup>4</sup> Οι συχνές παραπομπές στην βιβλιογραφία έχουν ως σκοπό να ενθαρρύνουν τον αναγνώστη ώστε να προσφύγει σε πιο εξειδικευμένες πηγές στα θέματα που τον ενδιαφέρουν περισσότερο..

και δεν θεωρούνται δευτερεύουσας σημασίας. Πολλές φορές εκεί καλύπτονται σημαντικά σημεία που για λόγους ροής του κειμένου δεν ήταν δυνατό να μπει στο κύριο τμήμα του κειμένου. Επίσης εκεί μπορούν να βρεθούν συγκεκριμένες παραπομπές σε πηγές (γενικές ή εξειδικευμένα βιβλία, άρθρα κ.λπ.) για να μελετηθούν σε μεγαλύτερο βάθος ή έκταση θέματα που δεν μπορούσαν να αναπτυχθούν παραπάνω λόγω της φύσης του βιβλίου. Σ' ολόκληρο το βιβλίο υιοθετήθηκε η πρακτική της παράλληλης αναφοράς βασικών όρων στην ελληνική και αγγλική γλώσσα έτσι, ώστε να διευκολυνθούν οι αναγνώστες που θα ανατρέξουν στην πλούσια διεθνή βιβλιογραφία.

Ελπίζουμε πως η αξιοποίηση του βιβλίου στα αμφιθέατρα και τις αίθουσες της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης να βοηθήσει τη διδασκαλία των διδασκόντων και να είναι ωφέλιμη και για τους διδασκόμενους. Επίσης, μέσα από την εμπειρία της χρήσης του βιβλίου ελπίζουμε να δοθεί η δυνατότητα στους συναδέλφους, τους φοιτητές αλλά και όλους τους αναγνώστες να επισημάνουν τις ασάφειες, τις πιθανές ανακρίβειες ή λάθη, καθώς και τις παραλήψεις που σίγουρα θα υπάρχουν παρ' όλη την προσπάθεια που καταβλήθηκε. Οι ΑΠΕ είναι μια δυναμική και εξελισσόμενη επιστημονική περιοχή που αλλάζει πολύ γρήγορα εμφανίζοντας εξελίξεις που συχνά μας ξεπερνούν. Ευχόμαστε το συγκεκριμένο βιβλίο να βρει ανταπόκριση στους κύκλους της τριτοβάθμιας (κι όχι μόνο) εκπαίδευσης και να ακολουθήσει έκδοση που θα ξεπερνά τυχόν αδυναμίες του βιβλίου αυτού.

Θεοχάρης Τσούτσος  
Ιωάννης Κανάκης

Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης  
Φεβρουάριος 2013

