



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Αστικά Περιβάλλοντα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

Ελένης Μαρίας Βαρβούζου

A.M: 3252019004

Επιβλέπων : Γεώργιος Κορμέντζας

Μέλη εξεταστικής επιτροπής:

Χαράλαμπος Σκιάνης

Δημήτριος Σκούτας

Σάμος, Σεπτέμβριος 2021

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Πρόλογος και ευχαριστίες

Ευχαριστώ όσους με στήριξαν για την υλοποίηση αυτής της διπλωματικής εργασίας καθώς και για την ευκαιρία που μου δόθηκε να ασχοληθώ και να μάθω πως μπορούν να εφαρμοστούν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε αστικά περιβάλλοντα. Ευχαριστώ τον εισηγητή καθηγητή Γεώργιο Κορμέντζα για την ευκαιρία ανάθεσης του συγκεκριμένου θέματος. Τέλος θα ήθελα να αφιερώσω αυτό το Μεταπτυχιακό στους γονείς μου Γιάννη και Κατερίνα και στον αδερφό μου Θανάση για την παρότρυνση, την υπομονή και την ηθική στήριξη.

© 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Ελένη Μαρία Βαρβούζου

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	1
1.1	Ενεργειακός μετασχηματισμός	1
1.2	Αντικείμενο διπλωματικής.....	1
1.3	Σκοπός διπλωματικής.....	2
1.4	Δομή της διπλωματικής	2
2	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	3
2.1	Γενικά.....	3
2.1	Επιπτώσεις κατανάλωσης ενέργειας	6
2.2	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).....	7
2.2.1	Κυριότερες μορφές ΑΠΕ.....	8
2.3	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ΑΠΕ.....	8
2.4	Θεσμικό πλαίσιο ΑΠΕ	9
3	Φωτοβολταϊκά Συστήματα	11
3.1	Εισαγωγή.....	11
3.2	Κατηγορίες Φ/Β Συστημάτων.....	15
3.2.1	Καταναλωτικά προϊόντα ($1mWp-100Wp$).....	15
3.2.2	Αυτόνομα ή απομονωμένα συστήματα ($100Wp-200kWp$).....	15
3.2.3	Μεγάλα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο Φ/Β συστήματα	16
3.2.4	Διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα – Οικιακός τομέας	17
3.2.5	Υβριδικά Φ/Β συστήματα.....	18
3.3	Τεχνολογία Φωτοβολταϊκών.....	18
3.4	Τα τμήματα ενός Φ/Β συστήματος	19
3.5	Ενσωμάτωση Φ/Β σε κτήρια	20
3.6	Προσανατολισμός Φ/Β	21
3.7	Απώλειες Φ/Β στη σκίαση	22
3.8	Χαρακτηριστικά Φ/Β Συστημάτων.....	23
3.9	Μειονεκτήματα Φ/Β	24
3.10	Περιβαλλοντικό όφελος των Φ/Β.....	24
4	Αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό (Net-Metering).....	26
4.1	Εισαγωγή.....	26
4.2	Πλεονεκτήματα Net-Metering	28
4.3	Σύνδεση του σταθμού παραγωγής με το Δίκτυο.....	28

4.4	Υπολογισμός καταναλισκόμενης ενέργειας.....	30
4.5	Συμψηφισμός της απορροφηθείσας από το Δίκτυο ενέργειας με την εγχυθείσα στο Δίκτυο ενέργεια.....	31
4.6	Πρόσφατες διαπιστώσεις και προοπτικές	33
5	Βιώσιμη ανάπτυξη.....	38
5.1	Εισαγωγή.....	38
5.2	Παγκόσμια αντιμετώπιση Βιώσιμης Ανάπτυξης	39
5.3	Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης Ηνωμένων Εθνών (2016-2030) / Sustainable Development Goals, (SDGs)	41
5.4	Στόχος 7 (SDGs 7) Φτηνή και καθαρή ενέργεια.....	42
5.5	Εθνικό Σχέδιο για την κλιματική αλλαγή	43
5.6	Αξιολόγηση κύκλου ζωής / Life Cycle Assessment (LCA)	44
6	Συμπεράσματα.....	46
	Βιβλιογραφία.....	49

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1. Συμμετοχή στη συνολική παραγωγή & ισοζύγιο διασυνδέσεων (%) 2020. [1].....	5
Εικόνα 2. Παραγωγή ανά καύσιμο & ισοζύγιο διασυνδέσεων 2020. [1].....	6
Εικόνα 3. Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκής κυψέλης.....	12
Εικόνα 4. Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (κιλοβατώρες ανά κιλοβάτ – kWh/KWp) από Φ/B κρυσταλλικού πυριτίου στη βέλτιστη κλίση.[6].....	14
Εικόνα 5. Ημερήσια παραγωγή & κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/B.[6].....	14
Εικόνα 6. Ετήσια παραγωγή & εποχική ζήτηση ηλεκτρισμού από Φ/B.[6]	15
Εικόνα 7. Φωτοβολταϊκά συστήματα αυτοπαραγωγών.	16
Εικόνα 8. Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.	17
Εικόνα 9: Εύκαμπτο Φ/B τεχνολογίας CIGS (thin film).[6]	19
Εικόνα 10: Τα τμήματα ενός Φ/B συστήματος.	20
Εικόνα 11: Ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά σε κτήριο.	21
Εικόνα 12. Διάφοροι τρόποι ενσωμάτωσης Φ/B σε κτήρια.[6]	21
Εικόνα 13. Προσανατολισμός Φ/B. [6].....	22
Εικόνα 14. Ενδεικτική απόδοση Φ/B σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς.[6]	23
Εικόνα 15. Η ηλιακή ενέργεια σε 1m ² ενός Φ/B ισοδυναμεί με ένα βαρέλι πετρέλαιο.[6]	25
Εικόνα 16. Συνδεσμολογία στο Δίκτυο.[7]	29
Εικόνα 17. Διάγραμμα εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης XT.	29
Εικόνα 18. Απόκλιση μέγιστης θερμοκρασίας Ιουλίου 2021. [16].....	33
Εικόνα 19. Απόκλιση μέγιστης θερμοκρασίας Αυγούστου 2021. [16].....	33
Εικόνα 20. Άθροισμα θερμών ωρών το καλοκαίρι κατά την περίοδο 1979-2021.	34
Εικόνα 21. Μέγιστη & ελάχιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. [18].....	34
Εικόνα 22. Ανάλυση πηγών ηλεκτρικής ενέργειας 2021 έως τον Ιούλιο.....	35
Εικόνα 23. Εξέλιξη τιμής φυσικού αερίου.	36
Εικόνα 24. Εξέλιξη τιμής ρύπων CO ₂	36
Εικόνα 25. Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης / Sustainable Development Goals, SDGs.[9].....	40
Εικόνα 26. SDGs που επιδιώκουν πρόοδο στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα.[9]	41

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1. Συγκριτικός πίνακας Φ/Β τεχνολογιών.[6]	19
Πίνακας 2. Υπολογισμός ηλεκτρικών φορτίων ημερήσιας κατανάλωσης.	30
Πίνακας 3. Υπολογισμός συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας.	31
Πίνακας 4. Συμψηφισμός της απορροφηθείσας από το Δίκτυο ενέργειας με την εγχυθείσα στο Δίκτυο ενέργεια.[8].....	32
Πίνακας 5. Μέγιστη ωριαία συνολική ηλεκτρική ενέργεια (MW).....	35
Πίνακας 6. Μεσοσταθμική τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο σύστημα-Έτος 2021. [19]	37

Ακρωνύμια

€	Ευρώ
CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα
CSD	Commission on Sustainable Development
HCPV	High Concentration Photovoltaics
HIT	Heterojunction with Intrinsic Thin layer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt hour
LCA	Life Cycle Assessment
m ²	Square metre
mW	Milliwatt
MW	Megawatt
SDGs	Sustainable Development Goals
Wp	Watt-peak
ΑΔΜΗΕ	Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΔΑΠΕΕΠ ΑΕ	Διαχειριστής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εγγυήσεων Προέλευσης
ΔΕΔΔΗΕ	Διαχείριση Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
κλπ.	Και λοιπά
MT	Μέση Τάση
ΟΗΕ	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
π.χ	Παραδείγματος χάριν/-η
ΠΟΥ	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΣΗΘΥΑ	Συμπαγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Υψηλής Απόδοσης
τ.μ.	Τετραγωνικά μέτρα
ΤΑ	Τιμή Αναφοράς
Φ/Β	Φωτοβολταϊκά
Φο.Σ.Ε.	Φορέων Σωρευτικής Εκπροσώπησης
Φο.Σ.Ε.Τε.Κ	Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης Τελευταίου Καταφυγίου
ΧΤ	Χαμηλή Τάση

Περίληψη

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) κατέχουν στρατηγικό ρόλο στην Ενεργειακή Μετάβαση στην Ελλάδα αλλά και Παγκοσμίως. Η κλιματική αλλαγή, η επάρκεια ενεργειακών πόρων και γενικότερα το ενεργειακό ζήτημα είναι κάτι που προβληματίζει εδώ και δεκαετίες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και τις υπόλοιπες Χώρες των Ηνωμένων Εθνών, κάτι που οδήγησε στη συμφωνία των στόχων για την βιώσιμη ανάπτυξη με την Ατζέντα 2030.

Η μετάβαση στις ΑΠΕ αλλάζει το μέλλον της ενέργειας και μπορεί να καλύψει ολόκληρο το εύρος της αστικής ενέργειας, από τα κτήρια, στις μεταφορές και στη βιομηχανία. Οι ΑΠΕ μπορούν να αποφέρουν τεράστια οφέλη σε πόλεις, όπως καθαρότερο αέρα (μείωση εκπομπών CO₂), σύγχρονες υπηρεσίες και βελτιωμένους χώρους διαβίωσης.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναδείξουμε την ΑΠΕ που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στα αστικά περιβάλλοντα. Αυτή η μορφή ΑΠΕ είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία ενσωματώνονται στα κτήρια και μπορούν να συμβάλουν στην βιώσιμη ανάπτυξη της πόλης λόγω της κλιματικής αλλαγής. Η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ του αυτοπαραγωγού μπορεί να βοηθήσει στην προστασία του περιβάλλοντος αλλά να προσφέρει και οικονομικό όφελος στον καταναλωτή με την χρήση του ενεργειακού συμψηφισμού (Net-Metering).

Λέξεις Κλειδιά: *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), Φωτοβολταϊκά (Φ/Β), Ενεργειακός συμψηφισμός (Net-Metering), Βιώσιμη ανάπτυξη.*

Abstract

Title: «Renewable Energy Sources in Urban Areas»

Renewable Energy Sources (RES) have a strategic role in the Energy Transition in Greece and worldwide. Climate change, the adequacy of energy resources and the energy issue in general have been a concern for decades for the countries of the European Union as well as the countries of the United Nations, which led to the agreement of the Sustainable Development Goals (SDGs) with Agenda 2030.

The transition to RES is changing the future of energy and can cover the whole range of urban energy, from buildings, to transport and industry. RES can bring huge benefits to cities, such as cleaner air (reduction of CO₂ emissions), modern services and improved living spaces.

The purpose of this paper is to highlight the RES that we can use in urban environments. This form of RES is the photovoltaic systems that are integrated in the buildings and they can contribute to the sustainable development of the city due to the climate change. The production of energy from RES of the self-producer can help in the protection of the environment and offer economic benefit to the consumer using energy netting (Net-Metering).

Keywords: *Renewable Energy Sources (RES), Photovoltaics (PV), Net Metering, Sustainable Development.*

1

Εισαγωγή

1.1 Ενεργειακός μετασχηματισμός

Διανύουμε μια περίοδο ενεργειακού μετασχηματισμού ο οποίος οφείλεται στην κλιματική αλλαγή που με τη σειρά της υποχρεώνει την ανθρωπότητα να αναλάβει δραστικά μέτρα περιορισμού του φαινομένου του θερμοκηπίου χωρίς να διαταράξει τον σύγχρονο τρόπο ζωής. Στην προσπάθεια προσδιορισμού των μέτρων αυτών, πραγματευόμαστε τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στα αστικά κέντρα.

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αποτελεί:

- (α) Η περιγραφή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τις μορφές αυτής και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- (β) Η περιγραφή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.
- (γ) Η ανάλυση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, το πως λειτουργεί, από τα μέρη που αποτελείται, τα είδη των φωτοβολταϊκών συστημάτων και την ενσωμάτωσή τους στα κτήρια.
- (δ) Η ανάλυση του ενεργειακού συμψηφισμού (Net-Metering) ενός αυτοπαραγωγού με χρήση φωτοβολταϊκού και τα οφέλη που έχει κάποιος απ' την επένδυση αυτή.
- (ε) Η περιγραφή στους στόχους βιώσιμη ανάπτυξης της Agendas 2030 και στις δεσμεύσεις των κρατών μελών του ΟΗΕ για την επίτευξη αυτών.

1.3 Σκοπός διπλωματικής

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να προσδιοριστεί η ΑΠΕ που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα αστικά περιβάλλοντα και να παροτρύνει τον αναγνώστη στην επένδυση ενός συστήματος ενέργειας που θα προσφέρει περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά οφέλη.

1.4 Δομή της διπλωματικής

Στο πρώτο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας εισάγεται ο σκοπός, το αντικείμενο και το πλαίσιο δομής της. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από όλες τις μορφές ενέργειας. Γίνεται περιγραφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτών και το θεσμικό τους πλαίσιο. Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθενται αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος με τα μέρη αυτού, την ενσωμάτωση του στα κτήρια και τα χαρακτηριστικά του. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό (Net-Metering) ενός φωτοβολταϊκού συστήματος καθώς και ένα προτεινόμενο επενδυτικό πρόγραμμα για τον καταναλωτή. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται οι παγκόσμιοι στόχοι για την βιώσιμη ανάπτυξη που έχουν συμφωνηθεί με την Agenda 2030. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα γιατί θα πρέπει να στραφούν τα αστικά περιβάλλοντα στην ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

2

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

2.1 Γενικά

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται με την εκμετάλλευση διάφορων πρωτογενών πηγών ενέργειας ανάλογα με τους διαθέσιμους ενεργειακούς πόρους, τις γεωλογικές, γεωφυσικές και κλιματολογικές ιδιαιτερότητες της κάθε χώρας.

Οι πηγές παραγωγής ενέργειας διακρίνονται στις συμβατικές, που βασίζονται σε ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας (λιθάνθρακας και λιγνίτης) και το φυσικό αέριο, στην πυρηνική ενέργεια και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) που χρησιμοποιούν ανεξάντλητες πηγές και δεν καταναλώνουν τα περιορισμένα ενεργειακά ορυκτά αποθέματα. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ο ήλιος (ηλιακή ενέργεια), ο άνεμος (αιολική ενέργεια), η βιομάζα (αγροτικά παραπροϊόντα, φυτά, απορρίμματα, το νερό (υδραυλική ενέργεια, ενέργεια από κύματα, παλίρροιες και ωκεανούς) και η γεωθερμία.

Στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, από τις συμβατικές πηγές, το πετρέλαιο συνεχίζει να κατέχει πολύ υψηλό ποσοστό συμμετοχής στο ενεργειακό μίγμα σε κάποιες Αραβικές χώρες αλλά βαίνει μειούμενο κατά πολύ στον υπόλοιπο κόσμο. Το μερίδιο του πετρελαίου κυρίως κατέλαβε το φυσικό αέριο το οποίο παρουσιάζει τη μεγαλύτερη επιτάχυνση διεύθυνσης στον τομέα.

Η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας έχουν επιπτώσεις που επηρεάζουν τόσο τη βιωσιμότητα όσο και την οικονομία. Το μοντέλο ηλεκτροπαραγωγής με βάση τον άνθρακα και το πετρέλαιο εκτός από την εξάντληση των πόρων και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οδήγησε και σε αύξηση του κόστους παραγωγής ανοίγοντας έτσι το δρόμο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στην οικονομική δραστηριότητα, αυτό το κόστος έχει αντίκτυπο στην κατάσταση αποτελεσμάτων χρήσης, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει ένα μεταβλητό ποσό σε σχέση με το συνολικό κόστος της δραστηριότητας, συνήθως κυμαινόμενο από 5 έως 40% του κόστους που απαιτείται για την παραγωγή ή την παροχή των υπηρεσιών.

Συνολικά η ενεργειακή απόδοση ορίζεται ως η σχέση μεταξύ της παραγωγής αγαθών ή υπηρεσιών και της απαιτούμενης ενεργειακής δαπάνης. Μέσω της ενεργειακής απόδοσης, επιδιώκεται η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης διατηρώντας τις ίδιες χρήσεις ενέργειας, χωρίς μείωση του επιπέδου παραγωγής ή μείωση του επιπέδου άνεσης, εξασφάλιση του εφοδιασμού, προώθηση της βιωσιμότητας και προστασία του περιβάλλοντος. Αυτή η μείωση περιλαμβάνει τις διάφορες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Η ομάδα των ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο, κλπ.) που χρησιμοποιείται παγκοσμίως ως πηγή ενέργειας αντιπροσωπεύει πολύ μεγάλο ποσοστό της πρωτογενούς ενέργειας που χρησιμοποιείται και η εξάντλησή του οδηγεί σε αύξηση των τιμών.

Λόγω των παραπάνω, μπορεί να ειπωθεί ότι το υπάρχον ενεργειακό σύστημα παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα που συνοψίζονται στην εξάντληση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων, αρνητικές συνέπειες για το περιβάλλον (κλιματική αλλαγή, φαινόμενο του θερμοκηπίου, όξινη βροχή, αποψίλωση, κλπ.) και αστάθεια στο γεωπολιτικό σύστημα που προκαλείται κυρίως από την ανισότητα στην κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας και των αποθεμάτων. Η εναλλακτική λύση σε αυτά τα προβλήματα που θέτει το τρέχον παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα θα πρέπει να είναι η προοδευτική εφαρμογή μέτρων που προάγουν την αειφόρο ανάπτυξη.

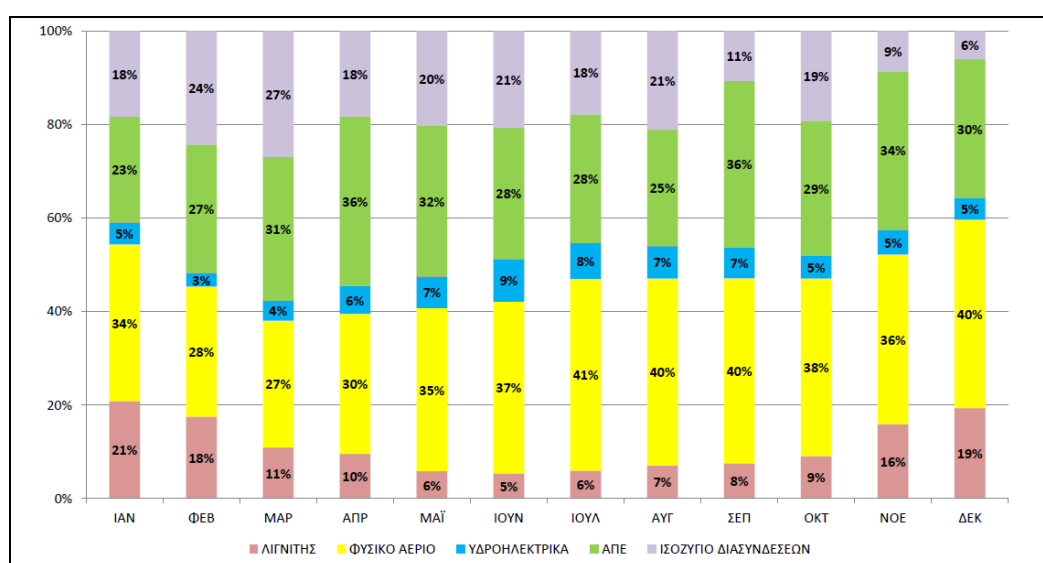
Ο ενεργειακός τομέας είναι υπεύθυνος για τα δύο τρίτα των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και είναι ένας από τους κύριους παράγοντες της κλιματικής αλλαγής. Επομένως, για τον περιορισμό αυτής της αύξησης των εκπομπών, έχουν θεσπιστεί στρατηγικά σχέδια, όπως το Στρατηγικό Πλαίσιο για το 2030 της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή το Σχέδιο Καθαρής Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών, όπου οι εμπλεκόμενες χώρες δεσμεύονται να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ κατά 32% έως το 2030.

Στον αναπτυσσόμενο κόσμο λόγω της παγκοσμιοποίησης και της αλλαγής του οικονομικού μοντέλου παρατηρείται αύξηση της αστικοποίησης, πολύς κόσμος από την ύπαιθρο εγκαταλείπει τις αγροτικές εργασίες και συγκεντρώνεται σε μεγάλα αστικά κέντρα στα οποία αναπτύσσονται βιομηχανικές μονάδες. Η αλλαγή του τρόπου ζωής του πληθυσμού οδηγεί σε αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής σε αυτές τις χώρες έχουν την ευκαιρία να δημιουργήσουν καλύτερες αστικές συνθήκες, όσον αφορά τα αυστηρότερα πρότυπα απόδοσης στα κτήρια, καθώς και να ενισχύσουν τη βιώσιμη κινητικότητα προκειμένου να επιτευχθεί μια βιώσιμη αστική ανάπτυξη.

Στην Ελλάδα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται κυρίως από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας παράγεται περίπου το 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Η συγκέντρωση των θερμοηλεκτρικών σταθμών στο Βορρά της χώρας δημιουργεί αυξημένες απώλειες και ανισορροπία στη λειτουργία κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στα κέντρα κατανάλωσης. Ο αρχικός σχεδιασμός τους βασίστηκε στην εγγύτητά τους στις περιοχές που υπάρχουν πλούσια κοιτάσματα λιγνίτη, ως καύσιμη πρώτη ύλη

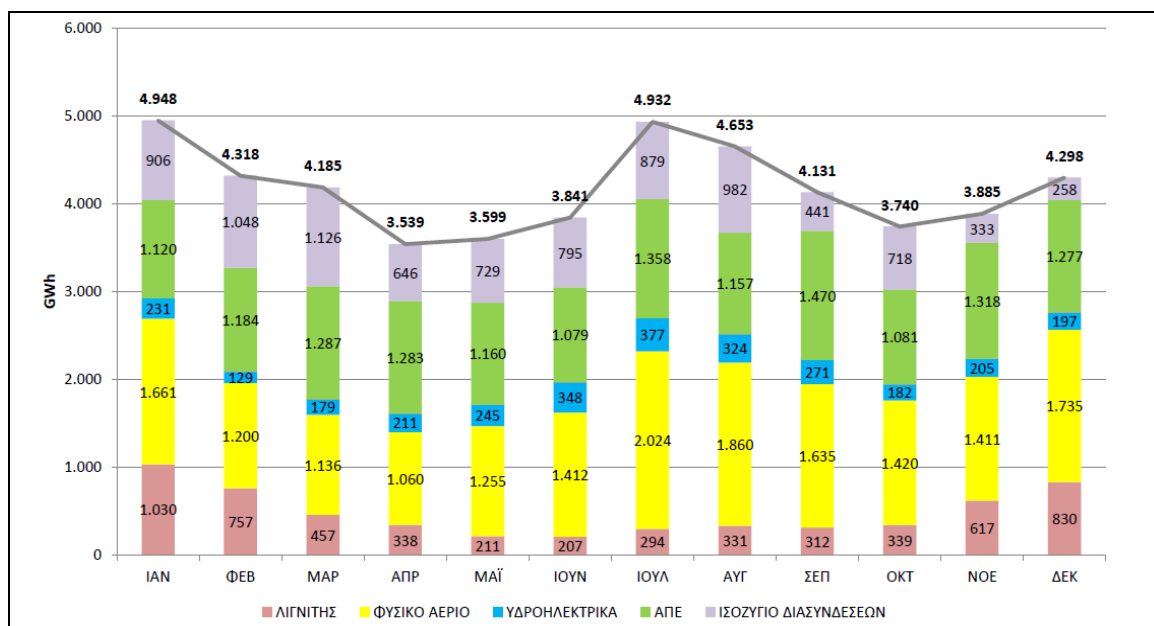
για αυτούς τους σταθμούς. Στη χώρα μας υπάρχουν τέσσερις περιοχές με σημαντικά αποθέματα λιγνίτη, οι οποίες είναι στη Δράμα, στη Δυτική Μακεδονία, στην Ελασσόνα και στη Μεγαλόπολη.

Στα τέλη της περασμένης δεκαετίας η σημαντικότερη ενεργειακή πηγή της χώρας μας ήταν ο λιγνίτης με ποσοστό συνεισφοράς 53.15% της εγχώριας παραγωγής με το φυσικό αέριο να συνεισφέρει το 28.3% αυτής. Κάτι το οποίο έχει αλλάξει δεδομένου του ότι στόχος της Ελληνικής πολιτείας είναι η προστασία του περιβάλλοντος, οδηγούμαστε έτσι στην προώθηση και αύξηση συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο. Αξίζει να σημειωθεί, σύμφωνα με τα στοιχεία του Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) [1], ότι παρουσιάζεται παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο συνδεδεμένο δίκτυο για τον Δεκέμβριο του 2020 σε ποσοστό 40% από φυσικό αέριο, 30% από ΑΠΕ, 19% από λιγνίτη, 5% από υδροηλεκτρικά και το υπόλοιπο από εισαγωγές.



Εικόνα 1. Συμμετοχή στη συνολική παραγωγή & ισοζύγιο διασυνδέσεων (%) 2020. [1]

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική μείωση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη με τελικό στόχο να σταματήσει η χρήση του και ραγδαία αύξηση από την χρήση φυσικού αερίου και ΑΠΕ. Αυτό παρουσιάζεται και στο δελτίο παραγωγής ενέργειας του ΑΔΜΗΕ για το έτος 2020 όπου είναι εμφανής η αύξηση παραγωγής από το φυσικό αέριο και τις ΑΠΕ σε σχέση με τον λιγνίτη κλπ.



Εικόνα 2. Παραγωγή ανά καύσιμο & ισοζύγιο διασυνδέσεων 2020. [1]

Η εγκατεστημένη ισχύς των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ήταν 5213MW στο τέλος του 2020 [1]. Σε επίπεδο τεχνολογίας, τα αιολικά έργα επικρατούν στο σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των έργων ΑΠΕ που βρίσκονται σε λειτουργία. Ωστόσο παρατηρείται σημαντική ενίσχυση στα φωτοβολταϊκά.

2.1 Επιπτώσεις κατανάλωσης ενέργειας

Η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στις πόλεις έχει βγάλει δισεκατομμύρια ανθρώπους από τη φτώχεια. Ωστόσο, έχει κόστος λόγω της αυξημένης χρήσης των ορυκτών καυσίμων. Τα αστικά περιβάλλοντα αντιπροσωπεύουν το 70% των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂, καθιστώντας τις σημαντικές συνεισφορές στην κλιματική αλλαγή, επομένως είναι πολύ πιθανό να υποστούν το βάρος των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Εκτιμάται ότι το 70% όλων των πόλεων αντιμετωπίζουν ήδη τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Καθώς το 90% όλων των αστικών περιοχών είναι παράκτιες, οι ζημιές από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και τις σοβαρές καταιγίδες θα αυξηθούν. Ορισμένες πόλεις στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι ιδιαίτερα ευάλωτες λόγω των σχετικά υψηλών ποσοστών αύξησης του πληθυσμού. Αντιμετωπίζουν επίσης έλλειψη υποδομών και δυνατότητας σχεδιασμού καθώς έχουν περιορισμένους οικονομικούς πόρους.

Η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας έχει επίσης οδηγήσει στην αύξηση των ρύπων στην ατμόσφαιρα των πόλεων. Από τα άτομα που ζουν σε αστικές περιοχές, περισσότερο από το 90% αντιμετωπίζουν τα επίπεδα ποιότητας του αέρα που το ποσοστό των ρύπων υπερβαίνει τα όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ, 2016). Στις χώρες με χαμηλό και μεσαίο εισόδημα, αυτό αυξάνεται στο 98%. Η μεταφορά με καύσιμο δημιουργεί υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης. Υπολογίζεται ότι το 65% των πολιτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που ζουν σε μεγάλες αστικές περιοχές εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα θορύβου. Στις πόλεις του αναπτυσσόμενου κόσμου με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού, οι επιπτώσεις είναι πιθανό να είναι πιο σοβαρές.

2.2 *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ)*

Η μετάβαση στις ΑΠΕ αλλάζει το μέλλον της ενέργειας, μπορεί να καλύψει ολόκληρο το εύρος της αστικής ενέργειας, από τα κτήρια, στις μεταφορές και στη βιομηχανία. Οι ΑΠΕ μπορούν να αποφέρουν τεράστια οφέλη σε πόλεις, όπως καθαρότερο αέρα, σύγχρονες υπηρεσίες και βελτιωμένους χώρους διαβίωσης. Ταυτόχρονα, οι πόλεις είναι ζωτικής σημασίας για τη μετάβαση του κόσμου σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών CO₂, διότι όπως έχουμε ήδη αναφέρει παραπάνω, αντιπροσωπεύουν το 65% της παγκόσμιας χρήσης ενέργειας και το 70% των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂.

Οι ΑΠΕ στις πόλεις διευρύνουν τις δυνατότητες των αστικών κοινοτήτων να κλιμακώσουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έως το 2030, με βάση την εκτιμώμενη χρήση ενέργειας από 3.649 πόλεις σε όλο τον κόσμο. Εκτιμάται ότι κάθε πόλη έχει τεράστιες δυνατότητες για αποτελεσματική οικονομική ενίσχυση της ανανεώσιμης ενέργειας σε τοπικό επίπεδο.

Οι δυνατότητες των ΑΠΕ όπου οι πόλεις μπορούν να αναλάβουν δράση με τις βέλτιστες πρακτικές είναι:

- Βιώσιμες επιλογές για τις μεταφορές (ηλεκτρική κινητικότητα και βιοκαύσιμα).
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε κτήρια (για θέρμανση, ψύξη, μαγείρεμα και συσκευές).
- Δημιουργία ολοκληρωμένων συστημάτων αστικής ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή ήπιες μορφές ενέργειας ή νέες πηγές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια είναι μορφές εκμετάλλευσης ενέργειας που προέρχεται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η ηλιακή, αιολική, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, ενέργεια από βιομάζα, από τα εκλύόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια.

Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεδειγμένα υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, αφού ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια, δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία, από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που

προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα.

2.2.1 Κυριότερες μορφές ΑΠΕ

- Η ηλιακή ενέργεια προέρχεται από την ενέργεια του ήλιου, που καταφθάνει στη γη με μορφή ηλιακής ακτινοβολίας και εν πολλοίς, είναι υπεύθυνη για τη ζωή πάνω στη γη και την κίνηση των φυσικών φαινομένων. Η ενέργεια του ήλιου δεν είναι διαθέσιμη όλες τις ώρες και διαχέεται σε μεγάλη έκταση. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων (για θέρμανση νερού), των παθητικών ηλιακών συστημάτων (για φυσική θέρμανση και δροσισμό), των ηλιοθερμικών συστημάτων καθώς και των φωτοβολταϊκών συστημάτων.
- Η αιολική ενέργεια προέρχεται από τη μετατροπή της ενέργειας του ανέμου (κινητική ενέργεια) σε ηλεκτρική. Η αιολική ενέργεια, όπως και η ηλιακή, είναι η πιο γρήγορα αναπτυσσόμενη πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για να αξιοποιήσουμε την ενέργεια του ανέμου, χρησιμοποιούμε κυρίως τις ανεμογεννήτριες οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική.
- Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών. Η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση από δίνες και ρεύματα, καθώς το νερό ρέει κατηφορικά σε ρυάκια, χείμαρρους και ποτάμια μέχρι να φτάσει στη θάλασσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει.
- Η γεωθερμία είναι η θερμότητα η οποία εμπεριέχεται στα πετρώματα της γης, τους υπόγειους υδροφορείς και στα αέρια, τα οποία βρίσκονται εγκλωβισμένα σε κοιλότητες στο εσωτερικό της γης. Πηγές παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας αφθονούν στην Ισλανδία αλλά και σε άλλα μέρη της γης. Οι εκμεταλλεύσιμες μορφές γεωθερμικής ενέργειας είναι τρεις, μορφή θερμού νερού που αναβλύζει από τις θερμές πηγές και χρησιμοποιείται για οικιακές κυρίως εφαρμογές, μορφή ατμού που χρησιμοποιείται σε στροβιλογεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, στέλνοντας νερό με πίεση στα θερμά στρώματα του υπεδάφους που μετατρέπεται σε ατμό εκμεταλλεύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ΑΠΕ

Στα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ συγκαταλέγονται τα παρακάτω:

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.

- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτόρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές, που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Από την άλλη στα μειονεκτήματα των ΑΠΕ συγκαταλέγονται τα παρακάτω:

- Έχουν ένα αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας. Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους, αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Τα υδροηλεκτρικά έργα ενοχοποιούνται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

2.4 Θεσμικό πλαίσιο ΑΠΕ

Σύμφωνα με την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) [2] το 2016 θεσμοθετήθηκε το νέο πλαίσιο για τη στήριξη των ΑΠΕ (ν. 4414/2016, ΦΕΚ 149 Α') με σκοπό:

- Την εναρμόνιση με τις «Κατευθυντήριες Γραμμές για τις κρατικές ενισχύσεις στους τομείς του περιβάλλοντος και της ενέργειας (2014-2020)» (ΕΕ C200/28.6.2014).
- Τη σταδιακή ενσωμάτωση και συμμετοχή των Α.Π.Ε και Σ.Η.Θ.Υ.Α. στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με το βέλτιστο τρόπο σε επίπεδο κόστους - οφέλους για την κοινωνία και τον τελικό καταναλωτή.

Υπό αυτό το πρίσμα, με τον ν. 4414/2016 τα νέα στοιχεία που ενσωματώθηκαν στην εγχώρια αγορά των ΑΠΕ είναι κυρίως τα παρακάτω:

- Καθιερώθηκε στήριξη στη βάση Λειτουργικής Ενίσχυσης με τη μορφή Διαφορικής Προσαύξησης (Sliding Feed in Premium) επιπλέον της τιμής που λαμβάνουν οι ΑΠΕ από τη συμμετοχή τους στην Αγορά μέχρι ενός άνω κατωφλίου που είναι η Τιμή Αναφοράς (Τ.Α.).
- Με την χρήση ενός τυπικού έργου ανά τεχνολογία ΑΠΕ όσον αφορά το κόστος κατασκευής και λειτουργίας καθώς την παραγωγικότητά του (Capacity Factor) προσδιορίστηκε η Τιμή Αναφοράς (ΤΑ) ανά κατηγορία βάσει μιας εύλογης απόδοσης στα επενδύσιμα κεφάλαια. Σύμφωνα με το νέο νόμο επιπλέον ενισχύσεις κεφαλαίου στο πλαίσιο Εθνικών Αναπτυξιακών Επενδυτικών Προγραμμάτων θα λαμβάνονται υπόψη με τη χρήση συγκεκριμένης μεθοδολογίας απομείωσης ώστε να αποφεύγονται οι υπερ-αποζημιώσεις των έργων. Τέλος, υφιστάμενοι σταθμοί θα μπορούν να μεταπίπτουν αυτοβούλως στο νέο καθεστώς λειτουργικής ενίσχυσης και συμμετοχής στην αγορά.
- Στο πνεύμα των «Κατευθυντήριων Γραμμών για τις κρατικές ενισχύσεις στους τομείς του περιβάλλοντος και της ενέργειας (2014-2020)» από 01ης.01.2017 η Τιμή Αναφοράς για τις ώριμες τεχνολογίες των αιολικών και φωτοβολταϊκών σταθμών, προκύπτει μέσω ανταγωνιστικής διαδικασίας, με στόχο τη μείωση του κόστους για τους καταναλωτές και πλέον μόνον οι επιτυγχόντες στη διαδικασία θα λαμβάνουν λειτουργική στήριξη.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι καθιερώθηκε για πρώτη φορά η υποχρέωση συμμετοχής των παραγωγών ΑΠΕ που λαμβάνουν διαφορική προσαύξηση στους μηχανισμούς της αγοράς είτε αυτοβούλως είτε μέσω Φορέων Σωρευτικής Εκπροσώπησης (Φο.Σ.Ε.), ενώ ορίστηκε η ΔΑΠΕΕΠ Α.Ε. ως Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης Τελευταίου Καταφυγίου (Φο.Σ.Ε.Τε.Κ).

Περαιτέρω, με το Ν. 4643/2019 (ΦΕΚ 193 Α') συμπληρώθηκε το πλαίσιο λειτουργίας των σταθμών ΑΠΕ που θεσπίστηκε με το Ν. 4414/2016 δίνοντας τη δυνατότητα στους σταθμούς ΑΠΕ να συμμετέχουν απευθείας στη χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρισμού και να αμείβονται από τους εν ισχύ μηχανισμούς της χωρίς να λάβουν λειτουργική ενίσχυση.

3

Φωτοβολταϊκά Συστήματα

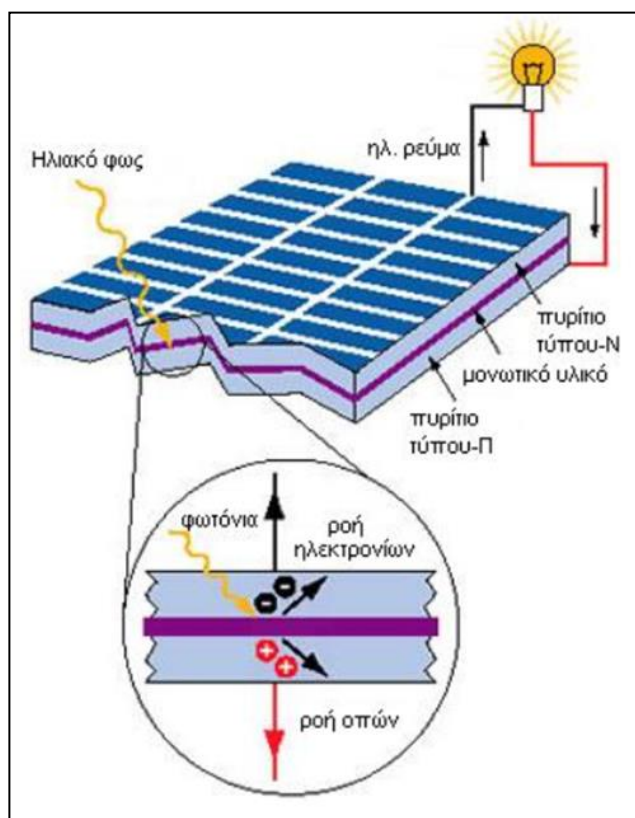
3.1 Εισαγωγή

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο παρατηρήθηκε από τον πειραματικό φυσικό Alexandre-Edmond Becquerel το 1839 καθώς πειραματιζόταν με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης. Το 1873 ανακαλύφθηκε η φωτοαγωγιμότητα του σεληνίου από τον Willoughby Smith. Το 1876 ο William Grylls Adams με τον μαθητή του Richard Evans Day ανακάλυψαν ότι το σελήνιο παράγει ηλεκτρισμό όταν εκτίθεται στο φως. Το 1883 περιγράφεται από τον Charles Fritts η πρώτη κυψέλη από το φωτοβολταϊκό στοιχείο σεληνίου. Το 1887 ο Heinrich Hertz ανακάλυψε ότι διευκολύνεται η δημιουργία βολταϊκού τόξου μεταξύ δυο πολωμένων ηλεκτροδίων όταν ο χώρος μεταξύ των ηλεκτροδίων ακτινοβολείται από υπεριώδη ακτινοβολία. Το 1904 ο Albert Einstein δημοσίευσε εργασία με την οποία έδωσε την εξήγηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου και για αυτή του την προσπάθεια τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ το 1921. Το 1918 ο Jan Czochralski ανέπτυξε μια νέα μέθοδο παραγωγής του μονοκρυσταλλικού πυριτίου το οποίο αργότερα χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή των αντίστοιχων ηλιακών κυψελών. Το 1954 οι ερευνητές του Bell Labs, Gerald Pearson, Daryl Chapin και Calvin Southern Fuller ανακάλυψαν τις πρώτες ηλιακές κυψέλες πυριτίου με απόδοση 4,5% όπου λίγους μήνες αργότερα έφτασε στο 6%. Το 1958 η Hoffman Electronics πετυχαίνει να αυξήσει τον βαθμό απόδοσης στο 9%, ενώ στις 17 Μαρτίου εκτοξεύεται ο Vanguard I, ο πρώτος δορυφόρος με ισχύς από ηλιακές κυψέλες.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι η φυσική διαδικασία κατά την οποία μια φωτοβολταϊκή κυψέλη μετατρέπει το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ηλιακό φως αποτελείται από φωτόνια τα οποία περιέχουν διάφορα ποσά ενέργειας που αντιστοιχούν σε διαφορετικά μήκη κύματος. Όταν αυτά προσπίπτουν σε μια επιφάνεια ένας μέρος την διαπερνά, ένα μέρος

ανακλάται και ένα μέρος απορροφάται από αυτή. Τα φωτόνια που απορροφώνται από το φωτοβολταϊκό κύτταρο αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του πλαισίου να μετακινηθούν και να δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο στις επαφές των διαφορετικών υλικών με αποτέλεσμα να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα.

Στα σύγχρονα φωτοβολταϊκά κύτταρα τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι οι ημιαγωγοί και κατά κύριο λόγο το πυρίτιο. Υπάρχουν δύο τύποι ημιαγωγών: α) οι ημιαγωγοί τύπου-N (type-N), στους οποίους υπάρχουν πολλά ηλεκτρόνια σχεδόν ελεύθερα, β) οι ημιαγωγοί τύπου-Π (type-P) στους οποίους υπάρχουν πολλές ελεύθερες οπές - λέγονται οπές γιατί τα ηλεκτρόνια έχουν "αφήσει" τις θέσεις τους, για αυτό το λόγο οι ημιαγωγοί τύπου-Π έχουν θετικό φορτίο. Όταν ένα φωτόνιο χτυπάει έναν ημιαγωγό τύπου-N το ηλεκτρόνιο φεύγει από την αρχική του θέση και επειδή έχει αρνητικό φορτίο έλκεται από το θετικό φορτίο το οποίο είναι συγκεντρωμένο στον ημιαγωγό τύπου-Π. Εξαιτίας του (μονωτικού) υλικού που υπάρχει ανάμεσα στους ημιαγωγούς τύπου-N και τύπου-Π ο μοναδικός τρόπος διέλευσης από τη μια μεριά στην άλλη είναι μέσω του εξωτερικού φορτίου. Μ' αυτόν τον τρόπο έχουμε την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.



Εικόνα 3. Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκής κυψέλης.

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η ενέργεια που εκλύεται από τον Ήλιο μπορεί να αξιοποιηθεί απευθείας ακόμα και όταν υπάρχει συννεφιά. Η χρήση της ηλιακής ενέργειας είναι παγκόσμια με δημοφιλέστερους τομείς αξιοποίησης την παραγωγή ηλεκτρισμού, τη θέρμανση του νερού και την αφαλάτωση. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από την ηλιακή ενέργεια γίνεται με δύο κυρίως τρόπους, τα φωτοβολταϊκά και τα ηλιοθερμικά συστήματα. Τα Φ/Β, που ονομάζονται επίσης ηλιακά

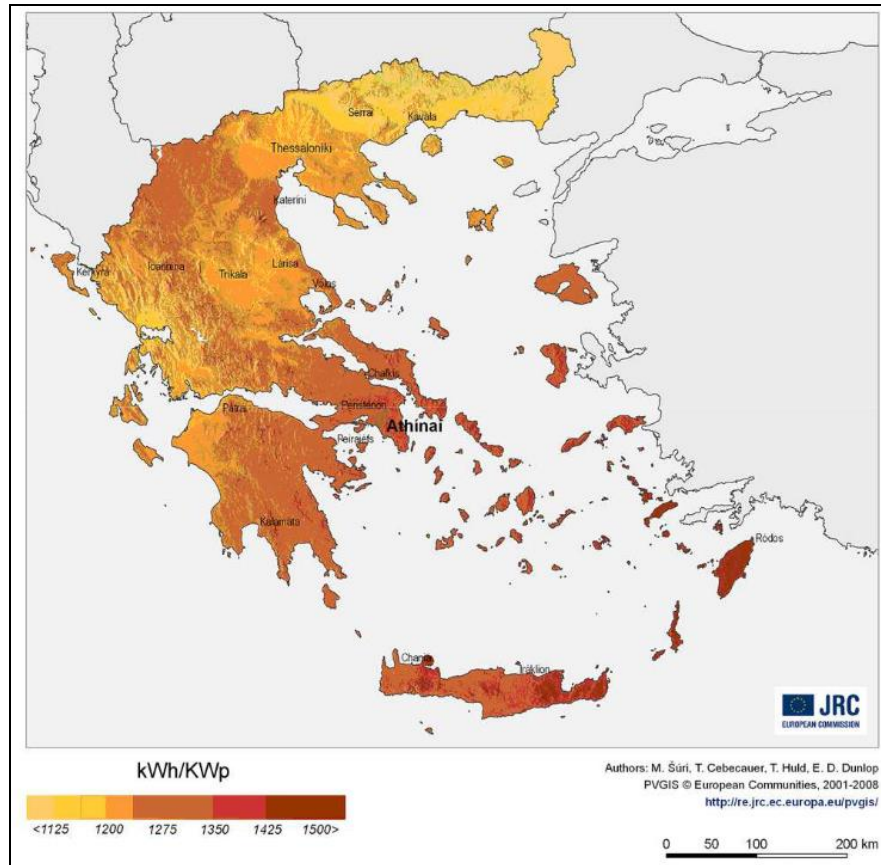
κύτταρα, είναι ηλεκτρονικές συσκευές που μετατρέπουν το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Τα Φ/Β πλαίσια είναι οικεία σαν εικόνα στους περισσότερους ανθρώπους αφού ξεκίνησαν να τη βλέπουν για δεκαετίες στο επάνω μέρος φορητών αριθμομηχανών, ενώ τα τελευταία χρόνια ‘διακοσμούν’ τις όψεις και τις οροφές κτηρίων. Σήμερα, τα Φ/Β είναι μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες ΑΠΕ, έτοιμη να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο μελλοντικό παγκόσμιο μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ηλιακές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μπορούν να συνδυαστούν για παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε εμπορική κλίμακα, ή να οργανωθούν σε μικρότερες διαμορφώσεις, όπως μίνι πλέγματα, ή για προσωπική χρήση. Η χρήση Φ/Β για την τροφοδοσία μίνι-πλεγμάτων είναι ένας πολύ καλός τρόπος προκειμένου να διατεθεί ηλεκτρική ενέργεια σε ανθρώπους που ζουν μακριά από δίκτυα μεταφοράς ενέργειας, ιδιαίτερα σε αναπτυσσόμενες χώρες με εξαιρετικούς πόρους ηλιακής ενέργειας. Παλαιότερα το κόστος κατασκευής ηλιακών συλλεκτών ήταν υψηλό, όμως η ευρεία παραγωγή τους το έχει μειώσει σημαντικά την τελευταία δεκαετία, καθιστώντας τα Φ/Β όχι μόνο προσιτά αλλά συχνά τη φθηνότερη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηλιακά πάνελ έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, 25 με 30 χρόνια, ενώ πλέον κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ενσωματώνονται αισθητικά σε διάφορους τύπους κατασκευών.

Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο ή ηλιακή γεννήτρια ρεύματος και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Για τα αυτόνομα συστήματα υπάρχει το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες.

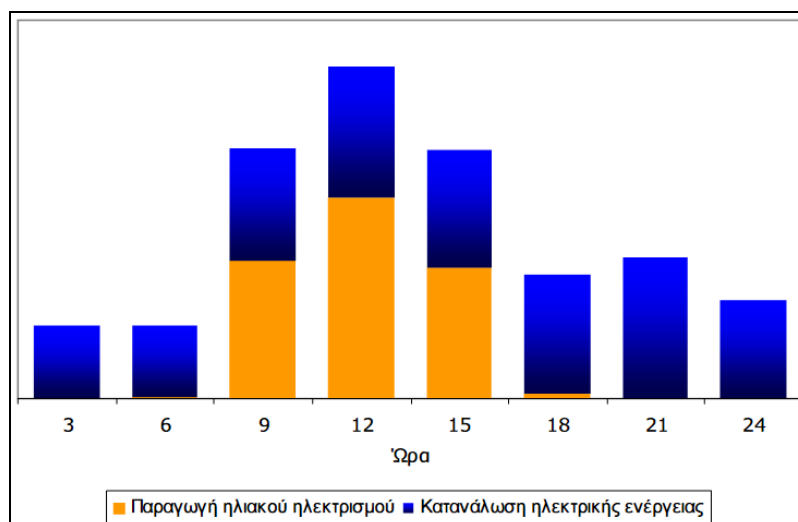
Μία τυπική Φ/Β συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ποσοστό 14% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι εξαιρετικά προβλέψιμη. Σε γενικές γραμμές, ένα Φ/Β σύστημα στην Ελλάδα παράγει κατά μέσο όρο ετησίως περί τις 1200-1650 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kWh/έτος/kWp). Προφανώς στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα Φ/Β παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ’ ότι στις βόρειες.

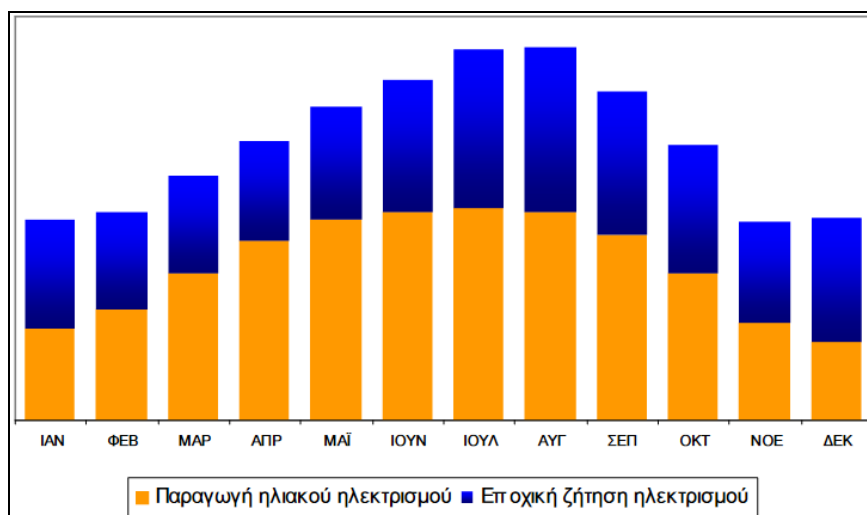


Εικόνα 4. Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (κιλοβατώρες ανά κιλοβάτ – kWh/KWp) από Φ/Β κρυσταλλικού πυριτίου στη βέλτιστη κλίση.[6]

Τα Φ/Β καλύπτουν τη μεσημεριανή αιχμή της κατανάλωσης. Καθώς η παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού ακολουθεί την εποχική ζήτηση.



Εικόνα 5. Ημερήσια παραγωγή & κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β.[6]



Εικόνα 6. Ετήσια παραγωγή & εποχική ζήτηση ηλεκτρισμού από Φ/Β.[6]

3.2 Κατηγορίες Φ/Β Συστημάτων

Σαν κυριότερες κατηγορίες εφαρμογών Φ/Β συστημάτων μπορούν να θεωρηθούν οι εξής:

3.2.1 Καταναλωτικά προϊόντα (1mWp–100Wp)

Τα συστήματα της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μικρής κλίμακας ισχύος όπως τροχόσπιτα, σκάφη αναψυχής, εξωτερικός φωτισμός κήπων, ψύξη και προϊόντα όπως μικροί φορητοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές, φανοί κτλ.

3.2.2 Αυτόνομα ή απομονωμένα συστήματα (100Wp –200kWp)

Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για κατοικίες και μικρούς οικισμούς που δεν είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο.

Τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε:

3.2.2.1 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

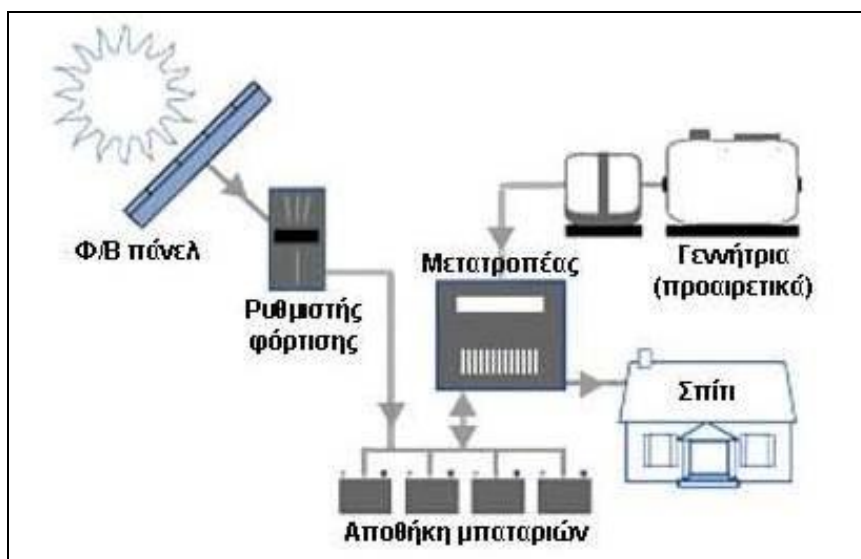
Χρησιμοποιούνται τόσο σε περιπτώσεις μικρών κυρίως εποχικών αναγκών σε ρεύμα, π.χ. τροχόσπιτα, καντίνες, σκάφη αναψυχής, εξοχικές κατοικίες κτλ., όσο και σε περιπτώσεις μόνιμων αναγκών σε ρεύμα μικρής ισχύος ή και σε περιπτώσεις δυσπρόσιτων και απομακρυσμένων από το Δίκτυο περιοχών, όπως π.χ. ηλεκτροδότηση μοναστηριών, συστήματα τηλεπικοινωνιών και ασύρματων κεραιών, συστήματα ελέγχου κυκλοφορίας, αγροτικές εργασίες όπως άντληση νερού, υδατοκαλλιέργειες, κτλ.

3.2.2.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα αδιάλειπτης παροχής ενέργειας (Back Up)

Χρησιμοποιούνται ως εφεδρικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε περιπτώσεις διακοπής ρεύματος. Τα συστήματα αυτά διαθέτουν μονάδες αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες-συσσωρευτές), από όπου αντλείται η ενέργεια σε περιπτώσεις διακοπής ρεύματος.

3.2.2.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα αυτοπαραγωγών

Χρησιμοποιούνται για την ανεξάρτητη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των ιδιοκαταναλώσεων, ενώ η ενέργεια που περισσεύει τις περισσότερες φορές πωλείται στο Δίκτυο.



Εικόνα 7. Φωτοβολταϊκά συστήματα αυτοπαραγωγών.

Ακόμη χρησιμοποιούνται για:

- Ηλεκτροδότηση Ιερών Μονών.
- Αφαλάτωση / άντληση / καθαρισμό νερού.
- Συστήματα εξωτερικού φωτισμού δρόμων, πάρκων, αεροδρομίων κλπ.
- Συστήματα τηλεπικοινωνιών, τηλεμετρήσεων και συναγερμού.
- Συστήματα σηματοδότησης οδικής κυκλοφορίας, ναυτιλίας, αεροναυτιλίας κλπ.
- Αγροτικές εφαρμογές όπως άντληση νερού, ιχθυοκαλλιέργειες, ψύξη αγροτικών προϊόντων, φαρμάκων κλπ.

3.2.3 Μεγάλα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο Φ/Β συστήματα

Η κατηγορία αυτή αφορά Φ/Β σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεγέθους 50kWp έως μερικά MWp, στους οποίους η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο.

3.2.4 Διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα – Οικιακός τομέας

Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν Φ/Β συστήματα τυπικού μεγέθους 1,5kWp έως 20kW, τα οποία έχουν εγκατασταθεί σε στέγες ή προσόψεις κατοικιών και τροφοδοτούν άμεσα τις καταναλώσεις του κτηρίου, η δε πλεονάζουσα ενέργεια διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο, η κατηγορία αυτή αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας αγοράς Φ/Β συστημάτων.

Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε:

3.2.4.1 Φωτοβολταϊκά πάρκα

Πρόκειται για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από 1kW και πάνω που εγκαθίστανται σε αγροτεμάχια και διοχετεύουν την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας στο Δίκτυο με εικοσαετή σύμβαση.

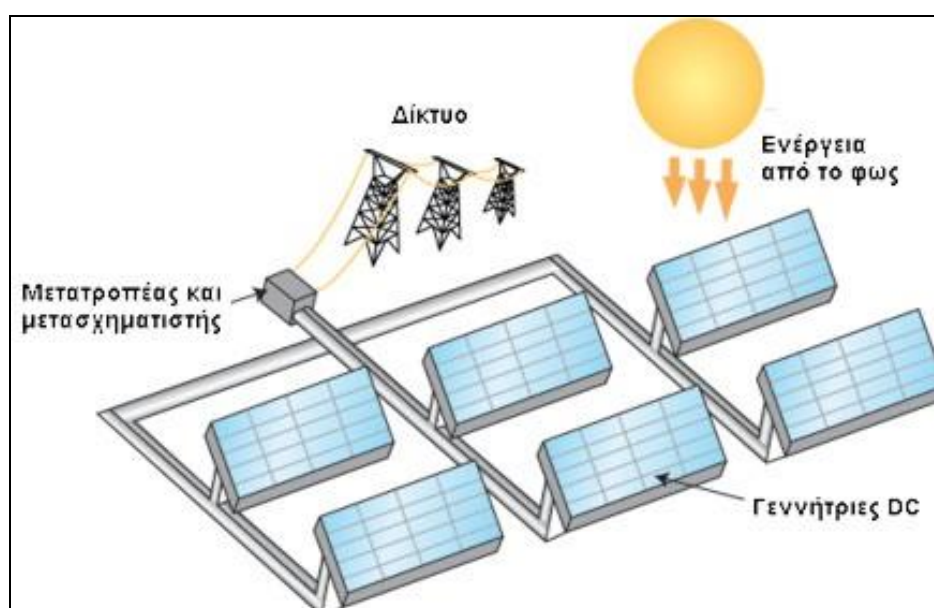
3.2.4.2 Βιομηχανικές στέγες

Πρόκειται για συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από 1kW και πάνω που εγκαθίστανται σε στέγες βιομηχανικών κτιρίων και διοχετεύουν την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας στο Δίκτυο με εικοσαετή σύμβαση.

3.2.4.3 Οικιακές στέγες

Πρόκειται για συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι 10kW που εγκαθίστανται σε στέγες ιδιόκτητων κατοικιών και ιδιόκτητων επαγγελματικών κτηρίων (μόνο για πολύ μικρές επιχειρήσεις) και διοχετεύουν την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας στο Δίκτυο με εικοσιπενταετή σύμβαση.

Οι Φ/Β συστοιχίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δομικά στοιχεία των κτιρίων, εφόσον γίνει σωστός σχεδιασμός. Με τον τρόπο αυτό, αυξάνεται η οικονομική απόδοση του συστήματος, λόγω αποφυγής κόστους συμβατικών οικοδομικών υλικών.



Εικόνα 8. Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.

3.2.5 Υβριδικά Φ/Β συστήματα

Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος προερχόμενου από διάφορες πηγές, όπως ανεμογεννήτριες, πετρελαιογεννήτριες, μικρές υδροηλεκτρικές γεννήτριες και Φ/Β, ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες που υπάρχουν κάθε φορά αξιοποιώντας τα γεωγραφικά πλεονεκτήματα της περιοχής που τοποθετούνται. Ενδεικτικές περιπτώσεις είναι οι τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί και στρατιωτικές εγκαταστάσεις.

3.3 Τεχνολογία Φωτοβολταϊκών

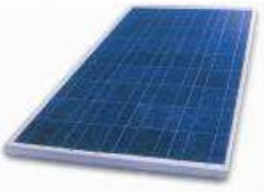
Τα φωτοβολταϊκά μετά την έκθεσή τους στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ένα 5-19% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική σύμφωνα με τη σημερινή τεχνολογία, η οποία όλο και βελτιώνεται. Το πόσο ακριβώς είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε.

Τα διαδεδομένα είδη των Φ/Β συλλεκτών είναι:

- Μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά
- Πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά
- Φωτοβολταϊκά ‘λεπού υμενίου’ (thin-film), όπως:
 - Αμορφα πυριτίου (a-Si)
 - Μικρομορφικά (μ-Si)
 - Ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)
 - Δισεληνοϊνδιοχου χαλκού (CIS-CIGS)
 - Τελουριούχου Κάδμιου (CdTe)
 - Αρσενικούχου Γάλλιου (GsAs)
- Σφαιρικές ηλιακές κυψέλες
- Κυψέλες υψηλής συγκέντρωσης (HCPV) – CPV
- Υβριδικά στοιχεία HIT
- Φ/Β διπλής όψεως

Η επιλογή του είδους των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου ή ακόμα και της οικονομικής ευχέρειας του χρήστη.

Πίνακας 1. Συγκριτικός πίνακας Φ/Β τεχνολογιών.[6]

ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση ανά μονάδα επιφάνειας	a-Si: 4,5-6,5% μ-Si: 8-9% CIS-CIGS: 6-12% CdTe: 6-11%	11-16%	11-19%
Επιφάνεια ανά kWp	9-25 m ²	7-9 m ²	5,5-9 m ²



Εικόνα 9: Εύκαμπτο Φ/Β τεχνολογίας CIGS (thin film).[6]

3.4 Τα τμήματα ενός Φ/Β συστήματος

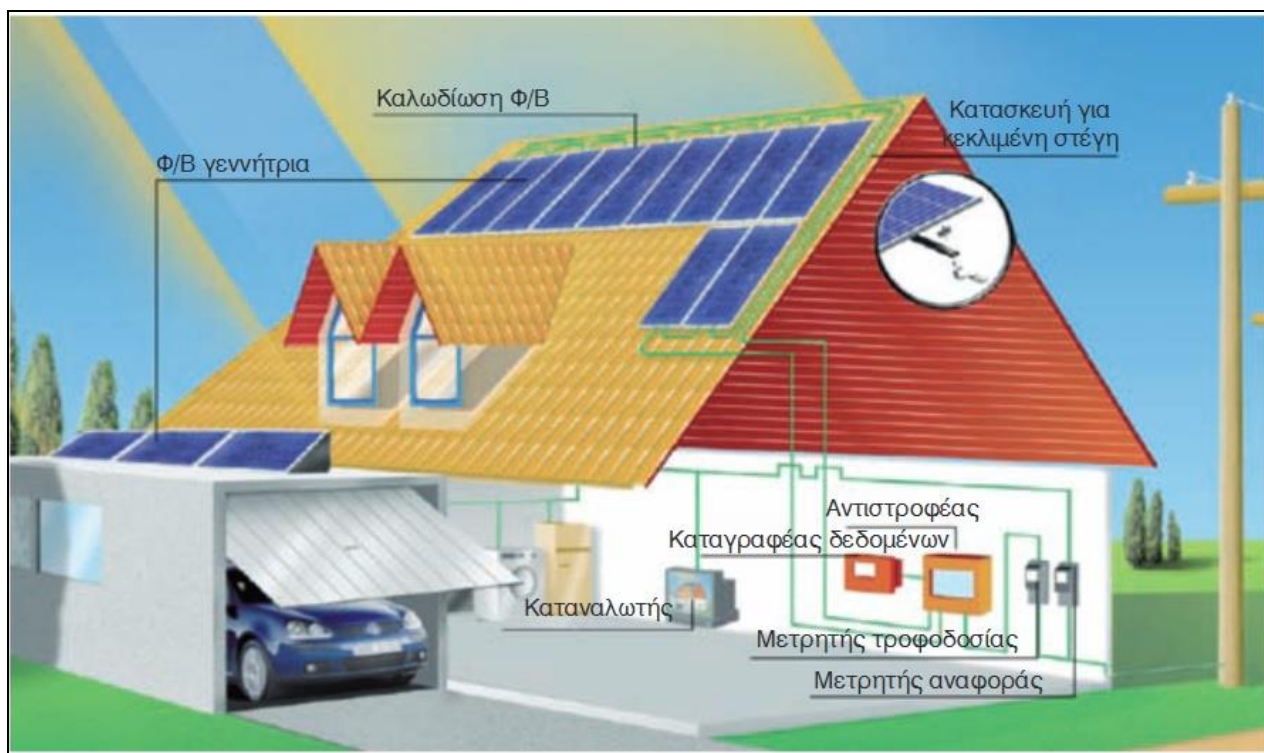
Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό Φ/Β πλαισίων, ανάλογα με τον τύπο και το απαιτούμενο μέγεθος του συστήματος.

Η στήριξη του πλαισίου διασφαλίζεται στις δοκούς υποστήριξης του κτηρίου, έτσι ώστε να μην απαιτείται αντικατάσταση των υφιστάμενων υλικών της στέγης. Τα πλαίσια που ενσωματώνονται σε επίπεδες στέγες τοποθετούνται σε στηρίγματα, για την καλύτερη ευθυγράμμισή τους. Η τεχνική αυτή δε δημιουργεί φθορά στην επίστρωση της στέγης και αποτελεί τη βέλτιστη λύση για οποιαδήποτε στέγη.

Οι καλωδιώσεις σύνδεσης για τα ηλιακά πλαίσια έχουν υψηλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες και στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώ ταυτόχρονα είναι στερεωμένες σε άμεσα συνδέσιμες υποδοχές. Αυτή η εφαρμογή απλουστεύει τη διαδικασία της εγκατάστασης, ενώ παράλληλα αποτρέπει την ακούσια αντιστροφή της πολικότητας στις διασυνδέσεις.

Ο αντιστροφέας τάσης μετατρέπει τη συνεχή τάση που παράγεται από τις Φ/Β κυψέλες σε εναλλασσόμενη, η οποία μπορεί να τροφοδοτήσει το υπάρχον δίκτυο. Η λειτουργία της αντιστροφής είναι πλήρως αυτοματοποιημένη ξεκινάει την αυγή, αμέσως μόλις γίνεται εφικτή η

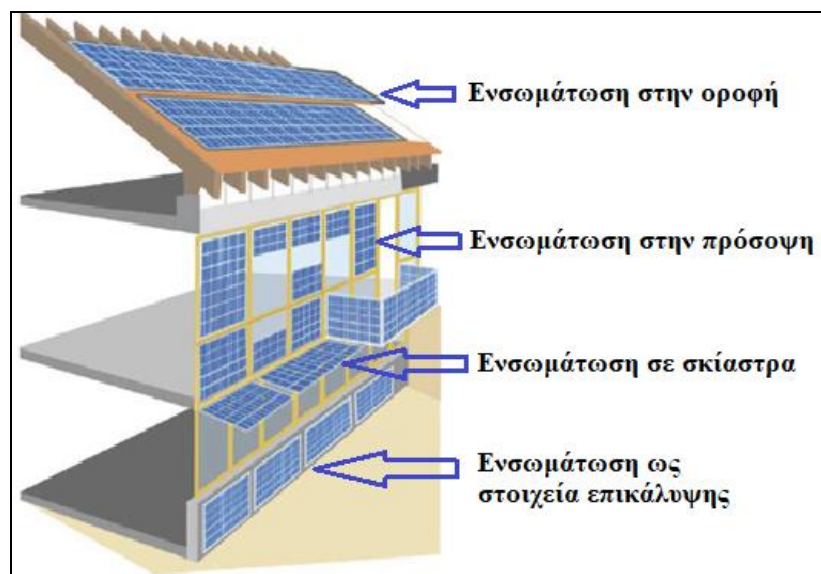
παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και σταματάει μόλις σουρουπώσει. Μετά τον αντιστροφέα τάσης τοποθετείται μετρητής για τη μέτρηση της παραγόμενης ενέργειας.



Εικόνα 10: Τα τμήματα ενός Φ/Β συστήματος.

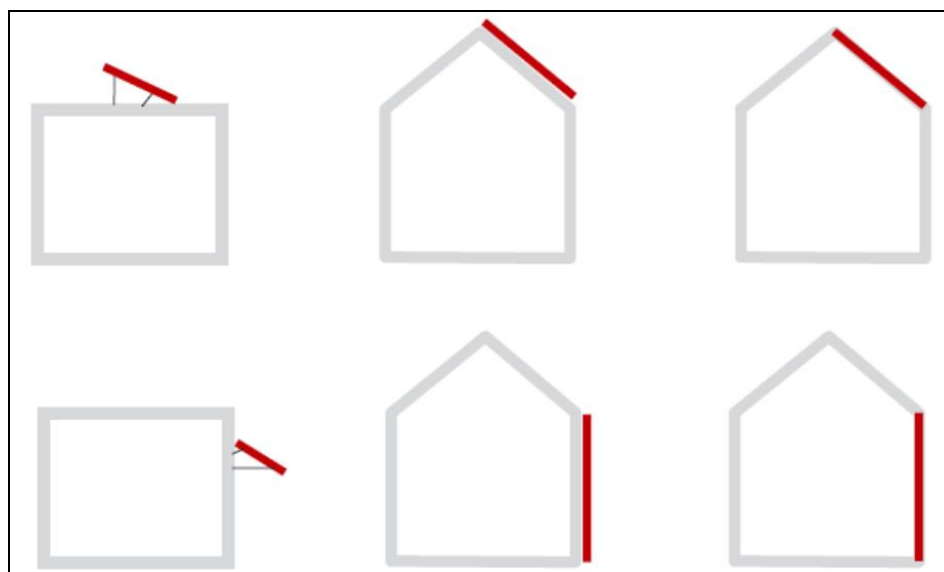
3.5 Ενσωμάτωση Φ/Β σε κτήρια

Τα Φ/Β μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά, όπως αναφέρεται και παραπάνω, παρέχοντας τη δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς, καθώς διατίθενται σε ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη φόρμα, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορικής διαπερατότητας του φωτός ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού. Αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά (π.χ. κεραμοσκεπές ή υαλοστάσια σε προσόψεις) συμβάλλουν στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής (ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση των ηλιακών προσόψεων σε εμπορικά κτήρια). Στην περίπτωση μάλιστα των υαλοστασίων σε προσόψεις εμπορικών κτηρίων, διατίθενται σήμερα διαφανή φωτοβολταϊκά με θερμομονωτικές ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των υαλοστασίων χαμηλής εκπεψιμότητας (low-e), τα οποία επιτυγχάνουν (πέραν της ηλεκτροπαραγωγής) και εξοικονόμηση ενέργειας 15-30% σε σχέση με ένα κτήριο με συμβατικά απλά υαλοστάσια.



Εικόνα 11: Ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά σε κτήριο.

Τα Φ/Β παράγονται σε διάφορα μεγέθη για κάθε εφαρμογή που μπορεί να φανταστεί κάποιος. Συνεπώς δεν υπάρχουν πρότυπα που να χαρακτηρίζουν όλα τα συστήματα. Στη διεθνή αγορά κυκλοφορούν χιλιάδες διαφορετικά συστήματα με μεγάλη ποικιλία μεγεθών και ισχύος.



Εικόνα 12. Διάφοροι τρόποι ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτήρια.[6]

3.6 Προσανατολισμός Φ/Β

Ο τρόπος τοποθέτησης των Φ/Β εξαρτάται από το αν η εγκατάσταση θα γίνει σε δώμα, ταράτσα ή σε κεκλιμένη στέγη. Ο χώρος θα πρέπει να είναι ασκίαστος και, αν είναι δυνατόν, τα Φ/Β να βλέπουν το νότο έχοντας μια κλίση γύρω στις 25 με 30 μοίρες. Στην περίπτωση που η στέγη σκιάζεται ή ο προσανατολισμός της δεν είναι νότιος το Φ/Β έχει μειωμένη απόδοση, χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα ότι δεν είναι βιώσιμο οικονομικά.

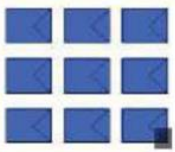
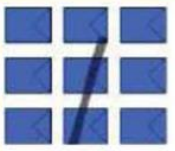
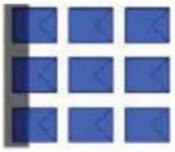
Ο χώρος των τετραγωνικών μέτρων που θα καταλάβουν τα Φ/Β εξαρτάται από το σημείο που θα εγκατασταθούν και από τον τύπο των Φ/Β που θα επιλεγούν (κρυσταλλικά ή thin-film). Παραδείγματος χάρη σε ένα δώμα θα χρειαστούν περίπου 15 τετραγωνικά μέτρα για κάθε κιλοβάτ, ενώ σε μια κεραμοσκεπή 7-10 τ.μ. για κρυσταλλικά πλαίσια.

Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο	Προσανατολισμός		
	Νότιος	Νοτιοανατολικός Νοτιοδυτικός	Ανατολικός Δυτικός
0 ° 	90%	90%	90%
15 ° 	98%	95%	88%
30 ° 	100%	95%	85%
90 ° 	60%	60%	50%

Εικόνα 13. Προσανατολισμός Φ/Β. [6]

3.7 Απώλειες Φ/Β στη σκίαση

Η απόδοση των Φ/Β σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς επηρεάζεται και από την σκίαση αυτών από κάποιο εμπόδιο. Η απόσταση από κάποιο εμπόδιο, λόγω σκίασης, θα πρέπει να είναι περίπου διπλάσια του ύψους του εμποδίου. Έχοντας νότιο προσανατολισμό και την βέλτιστη κλίση η απόδοση που μπορούμε να επιτύχουμε είναι 100%.

Τρόπος σκίασης	Σκίαση (%)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (1 string x 9 modules)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (3 string x 3 modules)
	0,15%	-3,7%	-1,7%
	2,6%	-16,7%	-7%
	11,1%	-36,5%	-30,5%
	12,5%	-18,3%	-17%

Εικόνα 14. Ενδεικτική απόδοση Φ/Β σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς.[6]

3.8 Χαρακτηριστικά Φ/Β Συστημάτων

Η ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των Φ/Β συστημάτων. Το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα είναι σήμερα συγκρίσιμο με το κόστος αιχμής ισχύος, που χρεώνει η εταιρεία ηλεκτρισμού τους πελάτες της.

Η ηλιακή ενέργεια είναι ανανεώσιμη, καθαρή και ανεξάντλητη, και αποτελεί έναν ελεύθερο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία. Τα φωτοβολταϊκά προσφέρουν ανάπτυξη, ωφελούν την οικονομία, και προστατεύουν το περιβάλλον.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των Φ/Β συστημάτων, που τα διαφοροποιούν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι:

- Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον, εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς επιπτώσεις.
- Αθόρυβη λειτουργία των συστημάτων.
- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ σε επίπεδο μερικών δεκάδων W ή και mW.
- Εύχρηστα. Τα μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις, ενσωματωμένα σε κτήρια και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.

- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Βαθμωτά συστήματα, δηλαδή μπορούν να επεκταθούν σε μεταγενέστερη φάση για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών, χωρίς μετατροπή του αρχικού συστήματος.
- Σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία. Οι εγγυήσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές για τις Φ/Β γεννήτριες είναι περισσότερο από 25 χρόνια καλής λειτουργίας.

Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη λεγόμενη «Διάσπαρτη Παραγωγή Ενέργειας» (Distributed Power Generation), η οποία αποτελεί το νέο μοντέλο ανάπτυξης σύγχρονων ενεργειακών συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαφοροποίηση στην παραγωγή ενέργειας, που προσφέρεται από τα Φ/Β συστήματα, σε συνδυασμό με την κατά μεγάλο ποσοστό απεξάρτηση από το πετρέλαιο και την αποφυγή περαιτέρω ρύπανσης του περιβάλλοντος, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες οικονομικής ανάπτυξης σε ένα νέο ενεργειακό τοπίο που αυτή τη στιγμή διαμορφώνεται στις αναπτυσσόμενες χώρες.

3.9 Μειονεκτήματα Φ/Β

Τα βασικά μειονεκτήματα που θα μπορούσε να καταλογίσει κανείς στα Φ/Β συστήματα είναι:

- Το κόστος επένδυσή τους, το οποίο, παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 1700 Ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kW) ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5 κιλοβάτ, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο.
- Απαιτείται καθαρισμός της επιφάνειας των Φ/Β πλαισίων για να αποφευχθεί η μείωση της απόδοσης από τη ρύπανση (αιθάλη, σκόνη, αλάτι θαλάσσης κτλ).
- Ανάγκη αποθήκευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας των αυτόνομων Φ/Β που δεν καταναλώνεται σε συσσωρευτές.

3.10 Περιβαλλοντικό όφελος των Φ/Β

Με τις συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κάθε κιλοβατώρα παραγωγής προκαλεί την έκλυση ενός περίπου κιλού CO₂, ενός καταστροφικού για τα περιβάλλον αερίου που είναι υπεύθυνο για τη μόλυνση της ατμόσφαιρας και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Με τα φωτοβολταϊκά, το φαινόμενο αυτό εκλείπει.

Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα 1kWp (κιλοβάτ) αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3 τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), όσο δηλαδή θα απορροφούσαν 2 στρέμματα δάσους ή περίπου 100 δέντρα, ενώ ταυτόχρονα αποτρέπεται η εκπομπή και άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κτλ.). Για να παραχθεί η ίδια ηλεκτρική ενέργεια με πετρέλαιο απαιτούνται 2,2 βαρέλια πετρελαίου κάθε χρόνο. Από περιβαλλοντική άποψη αποφεύγοντας 1300 κιλά CO₂ ετησίως είναι σαν να κάνει ένα μέσο αυτοκίνητο 7000 χιλιόμετρα λιγότερα κάθε χρόνο.



Εικόνα 15. Η ηλιακή ενέργεια σε 1m^2 ενός Φ/Β ισοδυναμεί με ένα βαρέλι πετρέλαιο.[6]

4

Αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό (Net-Metering)

4.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με τον Ελληνικό σύνδεσμο εταιριών φωτοβολταϊκών [7] ο συμψηφισμός παραγόμενης-καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (γνωστός και ως **Net-Metering**) αποτελεί ένα από τα εργαλεία προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης με ΑΠΕ και εφαρμόζεται σε διάφορες χώρες, κυρίως για εγκαταστάσεις Φ/Β. Το Net-Metering επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος των ιδιοκαταναλώσεών του, ενώ παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας. Έτσι, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση, το πλεόνασμα ‘αποθηκεύεται’ στο δίκτυο και χρησιμοποιείται ανά πάσα στιγμή, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν επαρκεί.

Ο όρος «**net**» προκύπτει από το γεγονός ότι η χρέωση/πίστωση του καταναλωτή αφορά στη διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μία ορισμένη χρονική περίοδο. Η περίοδος αυτή είναι συνήθως ο εκάστοτε κύκλος καταμέτρησης και τιμολόγησης της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αν υπάρχει περίσσεια ενέργειας, αυτή συνήθως δεν χάνεται για τον καταναλωτή αλλά πιστώνεται λογιστικά για μια ορισμένη χρονική περίοδο (συνήθως ένα χρόνο αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις που η λογιστική πίστωση γίνεται για 36-48 μήνες) οπότε και γίνεται η τελική εκκαθάριση.

Δεδομένου ότι οι περισσότεροι μετρητές είναι αμφίδρομοι, η εφαρμογή του Net-Metering δεν απαιτεί συνήθως σημαντικά έξοδα από πλευράς του καταναλωτή, αφού δεν απαιτείται

πρακτικά η εγκατάσταση και δεύτερου μετρητή (όπως ισχύει στην περίπτωση της καταμέτρησης και πώλησης της παραγόμενης πράσινης ενέργειας όταν χρησιμοποιούνται ως εργαλείο ενίσχυσης οι εγγυημένες τιμές πώλησης (feed-in-tariffs), κάτι που ισχύει εδώ και χρόνια και στη χώρα μας).

Οι όροι και προϋποθέσεις ανάπτυξης σταθμών παραγωγής με ενεργειακό συμψηφισμό καθορίστηκαν αρχικά με την ΥΑ ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.24461 (ΦΕΚ Β' 3583/31.12.2014), η οποία στη συνέχεια καταργήθηκε και αντικαταστάθηκε από την ΥΑ ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.175067 (ΦΕΚ Β' 1547/5.5.2017), η οποία καταργήθηκε και αντικαταστάθηκε από την ΥΑ Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382 (ΦΕΚ Β' 759/5.3.2019).

Δικαίωμα εγκατάστασης έχουν τα φυσικά πρόσωπα (νοικοκυριά ή επιτηδευματίες) και τα νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, τα οποία είτε έχουν στην κυριότητά τους τον χώρο εγκατάστασης, είτε έχουν την έγγραφη συναίνεση του ιδιοκτήτη.

Η εγκατάσταση Φ/Β σταθμών παραγωγής από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού είναι εφικτή σύμφωνα με το άρθρο 14Α του ν. 3468/2006, όπως ισχύει, είτε από Ενεργειακές Κοινότητες με εφαρμογή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρο 11 του ν. 4513/2018. Η ισχύς του Φ/Β συστήματος μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20KW ή μέχρι το 50% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης.

Ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραχθείσας από το σταθμό παραγωγής ενέργειας με την καταναλωθείσα ενέργεια στην εγκατάσταση κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού. Αφορά σε σταθμό παραγωγής ο οποίος εγκαθίσταται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης, που συνδέεται στο δίκτυο διανομής μέσω της ίδιας παροχής.

Εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραχθείσας από το σταθμό παραγωγής ενέργειας με την καταναλωθείσα ενέργεια στις εγκαταστάσεις κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού (παροχές κατανάλωσης προς συμψηφισμό), εκ των οποίων τουλάχιστον η μία είτε δεν βρίσκεται στον ίδιο ή όμορο χώρο με το σταθμό παραγωγής ή βρίσκεται στον ίδιο ή όμορο χώρο αλλά δεν συνδέεται ηλεκτρικά με την εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση του σταθμού παραγωγής, δηλαδή ο σταθμός παραγωγής και η εγκατάσταση κατανάλωσης τροφοδοτούνται από διαφορετικές παροχές.

Στο Διασυνδεδεμένο Δίκτυο, αφορά σε σταθμό παραγωγής ο οποίος εγκαθίσταται στην ίδια Περιφερειακή Ενότητα και συνδέεται στο δίκτυο διανομής αρμοδιότητας του αυτού Διαχειριστή με τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης με τις οποίες αντιστοιχίζεται.

Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, ο σταθμός παραγωγής θα εγκαθίσταται στην ίδια Περιφερειακή Ενότητα, και θα συνδέεται στο ίδιο ηλεκτρικό σύστημα και στο δίκτυο διανομής αρμοδιότητας του αυτού Διαχειριστή με τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης με τις οποίες αντιστοιχίζεται. Τόσο η παροχή του σταθμού παραγωγής όσο και οι αντίστοιχες παροχές κατανάλωσης προς συμψηφισμό θα πρέπει να είναι στο όνομα του ίδιου φυσικού ή νομικού προσώπου και να εκπροσωπούνται υποχρεωτικά από τον ίδιο προμηθευτή.

Σε σχέση με τα Φ/Β στη στέγη, στο Net-Metering η παραγόμενη ενέργεια συμψηφίζεται με αυτήν που καταναλώνουμε και δεν πωλείται σε μια συμφωνημένη τιμή στο δίκτυο. Έτσι, ο λογαριασμός του ηλεκτρικού ρεύματος μειώνεται σημαντικά, με το όφελος να αυξάνει κάθε χρόνο, ανάλογα με την αύξηση της τιμής του ρεύματος. Επιπλέον, το Net-Metering αφορά

εξοικονόμηση και όχι εισόδημα, το οποίο θα μπορούσε στο μέλλον κάποια στιγμή να φορολογηθεί.

Σε σχέση με τα Αυτόνομα Φ/Β, με το Net-Metering ο αυτοπαραγωγός δεν χρειάζεται μπαταρίες, διότι χρησιμοποιεί το δίκτυο για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Συνεπώς ένα Φ/Β σύστημα Net-Metering είναι φθηνότερο από ένα Αυτόνομο Φ/Β, για την κάλυψη των ίδιων καταναλώσεων.

Η σύνδεση με το δημόσιο δίκτυο, εξασφαλίζει ουσιαστικά 100% αξιοπιστία στην ηλεκτροδότηση.

4.2 Πλεονεκτήματα Net-Metering

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα του Net-Metering είναι:

- Το κόστος της εγκατάστασης είναι χαμηλό, σε σχέση με άλλα προγράμματα εγκατάστασης Φ/Β που απαιτούνται μπαταρίες.
- Η κατανάλωση γίνεται κοντά στην παραγωγή μειώνοντας τις απώλειες στα καλώδια.
- Η διάρκεια της εγγυημένης σύμβασης συμψηφισμού φτάνει στα 25 έτη.
- Μείωση ή ακόμη και δυνατότητα μηδενισμού του ενεργειακού κόστους.
- Σχετικά σύντομη απόσβεση της επένδυσης.
- Απεξάρτηση από την τιμολογιακή πολιτική και από τις ενδεχόμενες αυξήσεις στο ρεύμα.
- Δυνατότητα τροφοδοσίας ενέργειας ακόμη και σε απομακρυσμένες περιοχές.
- Υπάρχει δυνατότητα χρηματοδότησης από τρίτους.
- Αυξάνεται η προστιθέμενη αξία του ακινήτου.
- Καθαρή ανταλλαγή ενέργειας χωρίς φόρους και τέλη.

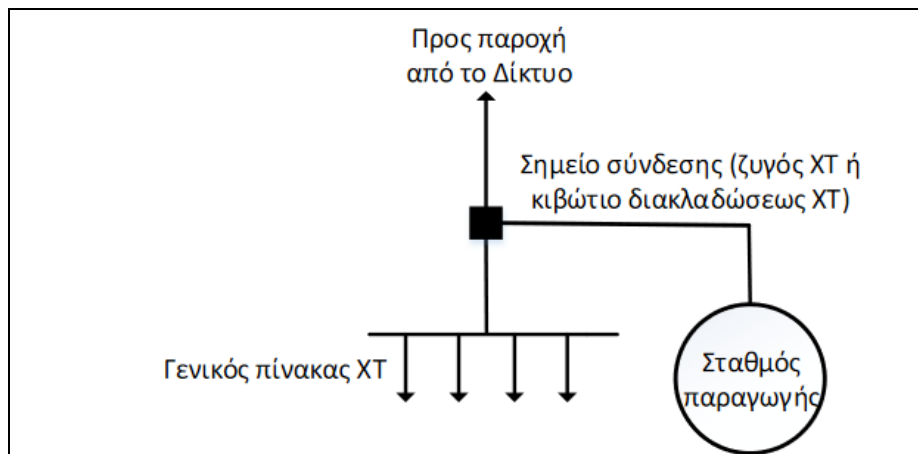
Η εγκατάσταση Φ/Β για Net-Metering εμφανίζει επιπλέον πλεονεκτήματα όπως η αξιοποίηση του υψηλού ηλιακού δυναμικού, το ελάχιστο κόστος συντήρησης, η αθόρυβη λειτουργία και η συμβολή στην μείωση των εκπομπών CO₂.

4.3 Σύνδεση του σταθμού παραγωγής με το Δίκτυο

Η σύνδεση των σταθμών παραγωγής με ενεργειακό συμψηφισμό πραγματοποιείται με χρήση της υφιστάμενης παροχής μέσω της οποίας συνδέεται η εγκατάσταση κατανάλωσης. Προϋπόθεση είναι να υπάρχει το κατάλληλο είδος παροχής ρεύματος στο κτήριο, διαφορετικά θα πρέπει να γίνει επαύξηση της παροχής ρεύματος πριν το αίτημα για σταθμό παραγωγής με ενεργειακό συμψηφισμό. Έως 5kWp, καλύπτει η μονοφασική παροχή ενώ από εκεί και πάνω χρειάζεται τριφασική παροχή.

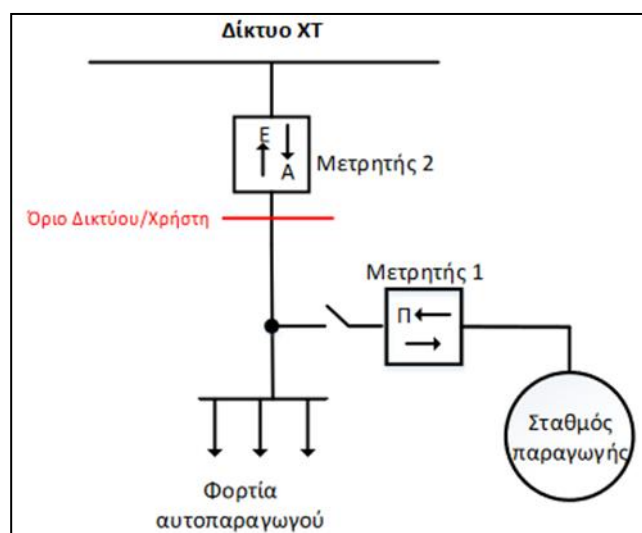
Για την εφαρμογή του ενεργειακού συμψηφισμού απαιτείται η καταγραφή τόσο της εισερχόμενης ενέργειας (ενέργεια που απορροφάται από το Δίκτυο) όσο και της εξερχόμενης ενέργειας (ενέργεια που εγχέεται στο Δίκτυο). Έτσι, εφόσον ο υφιστάμενος μετρητής της εγκατάστασης κατανάλωσης δεν διαθέτει ήδη τη δυνατότητα αυτή, αντικαθίσταται με νέο μετρητή διπλής κατεύθυνσης–καταγραφής. Περαιτέρω απαιτείται η εγκατάσταση και δεύτερου μετρητή για τη μέτρηση της παραγόμενης από το σταθμό ενέργειας.

Ο σταθμός παραγωγής δε συνδέεται στο γενικό πίνακα ΧΤ της εγκατάστασης στις περιπτώσεις των χρηστών ΧΤ αλλά σε σημείο πριν απ' αυτόν, όπως φαίνεται στην εικόνα 16, ή στο ζυγό ΧΤ στις περιπτώσεις των χρηστών ΜΤ, έτσι ώστε η τροφοδότηση του γενικού πίνακα κατανάλωσης να γίνεται κατά την ίδια φορά από το Δίκτυο και από το σταθμό παραγωγής.



Εικόνα 16. Συνδεσμολογία στο Δίκτυο.[7]

Τα Φ/Β πάνελ συνδέονται με έναν αντιστροφέα τάσης (Inverter) που με τη σειρά του συνδέεται με τον Μετρητή 1 (εικόνα 17) της εγκατάστασης, που καταγράφει την παραγόμενη ενέργεια των Φ/Β. Αυτή η παραγόμενη ενέργεια καταναλώνεται απ' ευθείας από τον ιδιοκτήτη του Φ/Β. Η περίσσεια της ενέργειας που δεν καταναλώνεται τη στιγμή της παραγωγής διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ μέσω του Μετρητή 2. Ο Μετρητής 2 είναι διπλής κατεύθυνσης και καταγράφει τόσο το εισερχόμενο προς το κτήριο ρεύμα (συνολική κατανάλωση ιδιοκτήτη), όσο και το εξερχόμενο προς το δίκτυο της ΔΕΗ.



Εικόνα 17. Διάγραμμα εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης ΧΤ.

4.4 Υπολογισμός καταναλισκόμενης ενέργειας

Προκειμένου να προσδιορίσουμε το μέγεθος του Φ/Β συστήματος που πρέπει να εγκατασταθεί σε μια οικία ώστε να λειτουργήσει ο ενεργειακός συμψηφισμός πρέπει να υπολογίσουμε τις καταναλώσεις της. Μια εκτίμηση ηλεκτρικών καταναλώσεων οικίας περίπου 120 τετραγωνικών μέτρων απεικονίζεται στον Πίνακα 2. Η συνολική ημερήσια κατανάλωση υπολογίζεται από τον πολλαπλασιασμό της ωριαίας κατανάλωσης του φορτίου με το πλήθος αυτού, επί τις ώρες λειτουργίας.

Πίνακας 2. Υπολογισμός ηλεκτρικών φορτίων ημερήσιας κατανάλωσης.

Φορτία	Ισχύς (W)	Κατανάλωση (KWh)	Πλήθος	Ώρες λειτουργίας (h/d)	Συνολική Ημερήσια Κατανάλωση (KWh)
Φωτισμός	25	0,025	20	7	3,5
Ηλεκτρικές εστίες	5000	5	1	1	5
Ηλεκτρικός φούρνος	3000	3	1	1,5	4,5
Φούρνος Μικροκυμάτων	800	0,8	1	5 λεπτά	0,067
Θερμοσίφωνας	4000	4	1	30 λεπτά	2
Ψυγείο	90	-	1	24	0,5
Καταψύκτης	110	-	1	24	1,1
Πλυντήριο Πιάτων	3200	3,2	1	30 λεπτά	1,6
Πλυντήριο Ρούχων	2800	2,8	1	40 λεπτά	1,8
Στεγνωτήριο	3000	3	1	30 λεπτά	1,5
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1	30 λεπτά	0,5
Ηλεκτρική σκούπα	700	0,7	1	30 λεπτά	0,35
Τηλεόραση	90	0,09	2	6	1,08
Ηλεκτρικό Πιστολάκι	1500	1,5	1	10 λεπτά	0,25
Ηλεκτρονικός υπολογιστής	250	0,25	1	8	2
Κλιματισμός	1600	1,6	3	4	19,2
Ηλεκτρικό αυτοκίνητο	4000	4	1	1,5	6
Λοιπές Καταναλώσεις	1000	1	-	1	1

Αφού έχουμε τις ημερήσιες καταναλώσεις μπορούμε να υπολογίσουμε τις ετήσιες πολλαπλασιάζοντας την συνολική ημερήσια κατανάλωση με τις μέρες του μήνα επί τους μήνες χρήσης. Η συνολική ετήσια κατανάλωση απεικονίζεται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3. Υπολογισμός συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας.

Φορτία	Συνολική Ημερήσια Κατανάλωση (KWh)	Μέρες ανά μήνα	Μήνες ανά έτος	Συνολική ετήσια κατανάλωση (KWh)
Φωτισμός	3,5	30	12	1260
Ηλεκτρικές εστίες	5	20	12	1200
Ηλεκτρικός φούρνος	4,5	15	12	810
Φούρνος Μικροκυμάτων	0,067	30	12	24
Θερμοσίφωνας	2	30	6	360
Ψυγείο	0,5	30	12	180
Καταψύκτης	1,1	30	12	396
Πλυντήριο Πιάτων	1,6	10	12	192
Πλυντήριο Ρούχων	1,8	10	12	216
Στεγνωτήριο	1,5	10	9	135
Ηλεκτρικό σίδερο	0,5	10	12	60
Ηλεκτρική σκούπα	0,35	15	12	63
Τηλέοραση	1,08	30	12	389
Ηλεκτρικό Πιστολάκι	0,25	15	12	45
Ηλεκτρονικός υπολογιστής	2	30	12	720
Κλιματισμός	19,2	25	9	4320
Ηλεκτρικό αυτοκίνητο	6	22	12	1584
Λοιπές Καταναλώσεις	1	30	12	360
Συνολικά	12314			

Από τους υπολογισμούς του Πίνακα 3, μπορούμε να πούμε ότι το νοικοκυριό χρειάζεται για τις ανάγκες του περίπου 1000KWh το μήνα που αντιστοιχούν περίπου σε 110€, αν τα το υπολογίσουμε με τιμή KWh στα 0,11€. Το συγκεκριμένο κόστος μπορεί να μειωθεί έως και να εξαλειφθεί με τη διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω με τον συμψηφισμό της παραγόμενης, απορροφώμενης και εγγεόμενης ενέργειας στο δίκτυο.

4.5 Συμψηφισμός της απορροφηθείσας από το Δίκτυο ενέργειας με την εγχυθείσα στο Δίκτυο ενέργεια

Στο παράρτημα της Εφαρμογής ενεργειακού συμψηφισμού (Net - Metering) από αυτοπαραγωγούς του ΔΕΔΔΗΕ [8] ο ενεργειακός συμψηφισμός διενεργείται από τον Προμηθευτή με τον οποίο έχει συμβληθεί ο αυτοπαραγωγός, δηλαδή τον Προμηθευτή που εκπροσωπεί την εγκατάσταση κατανάλωσης, με βάση τα πραγματικά δεδομένα καταμέτρησης που παρέχει ο Διαχειριστής του Δικτύου. Ο ενεργειακός συμψηφισμός διενεργείται σε κάθε εκκαθαριστικό λογαριασμό που εκδίδει ο Προμηθευτής, με τελική εκκαθάριση στον πρώτο εκκαθαριστικό λογαριασμό που εκδίδεται με την παρέλευση της τριετίας από την ενεργοποίηση

του σταθμού. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται ανά τριετία μέχρι τη λήξη της Σύμβασης Ενεργειακού Συμψηφισμού.

Ως χρεωστέα ενέργεια (για το ανταγωνιστικό σκέλος του τιμολογίου) λογίζεται η διαφορά των ποσοτήτων που καταγράφονται από το Μετρητή 2 της εικόνας 17, δηλαδή η διαφορά A (Απορροφώμενη) $-E$ (Εγγεόμενη), εφόσον η διαφορά αυτή είναι θετική. Εάν η διαφορά ισούται με μηδέν δεν υφίσταται χρεωστέα ενέργεια, ενώ εάν η διαφορά είναι αρνητική επίσης δεν υφίσταται χρεωστέα ενέργεια, ενώ η διαφορά αυτή πιστώνεται στον επόμενο εκκαθαριστικό λογαριασμό ως πρόσθετη εγγεόμενη ενέργεια. Τυχόν παραμένον μετά την εκκαθάριση της τριετίας πλεόνασμα δεν πιστώνεται στον επόμενο λογαριασμό. Τα παραπάνω αποτυπώνονται στον Πίνακα 4 με ένα παράδειγμα του ΑΔΜΗΕ [8] και αφορά εγκατάσταση καταναλωτή με τετραμηνιαία καταμέτρηση. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση κλιμακούμενης χρέωσης στο τιμολόγιο κατανάλωσης ή πολυζωνικού τιμολογίου, ο συμψηφισμός πραγματοποιείται με τρόπο ώστε να προκύπτουν οι χαμηλότερες χρεώσεις για τον αυτοπαραγωγό στο επίπεδο του εκάστοτε εκκαθαριστικού λογαριασμού.

Πίνακας 4. Συμψηφισμός της απορροφηθείσας από το Δίκτυο ενέργειας με την εγχυθείσα στο Δίκτυο ενέργεια.[8]

		Ποσότητες ενέργειας (kWh)						
Έτος	Τετράμηνο	Απορροφώμενη (Α)	Εγγεόμενη (Ε)	Συμψηφιζόμενη (N=A-E)	Χρεωστέα	Πιστούμενη διαφορά	Παραγόμενη (Π)	Κατανάλωση (Κ= Α+Π-Ε)
1 ^ο	A	1500	900	600	600	0	1500	2100
	B	700	1500	-800	0	800	2300	1500
	Γ	1000	800	200	0	600	1300	1500
2 ^ο	A	1200	1000	200	0	400	1400	1600
	B	800	1500	-700	0	1100	2400	1700
	Γ	1100	900	200	0	900	1300	1500
3 ^ο	A	1300	1000	300	0	600	1500	1800
	B	1000	1400	-400	0	1000	2500	2100
	Γ	1200	900	300	0	700	1400	1700
ΤΡΙΕΤΙΑ		9800	9900	-100	0	0	15600	15500

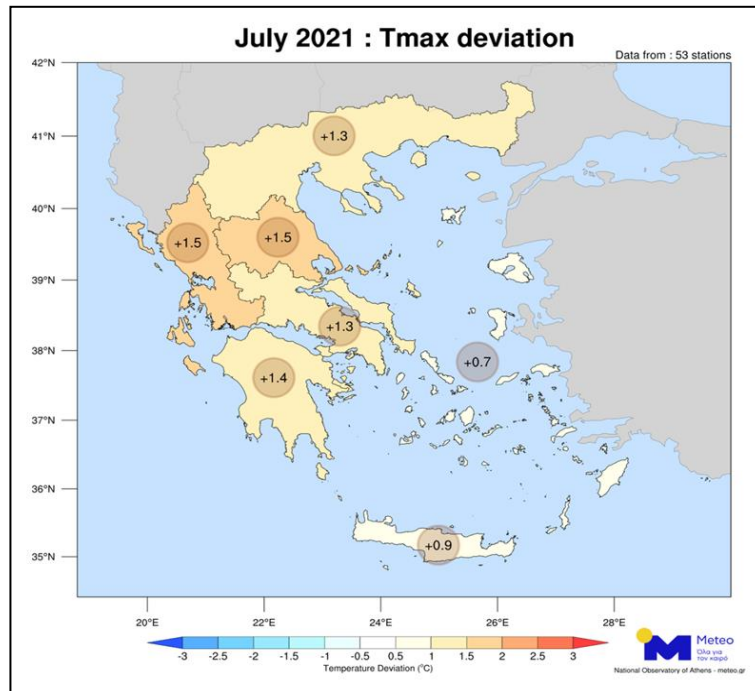
 Μετρούμενα μεγέθη

Η τελική διαφορά των 100kWh από τον τριετή συμψηφισμό δεν μεταφέρεται περαιτέρω και δεν αποζημιώνεται, δεδομένου ότι η συνολική ετήσια παραγωγή του σταθμού ήταν 15600kWh ενώ η συνολική πραγματική κατανάλωση ήταν 15500kWh, και επομένως χάνεται για τον αυτοπαραγωγό.

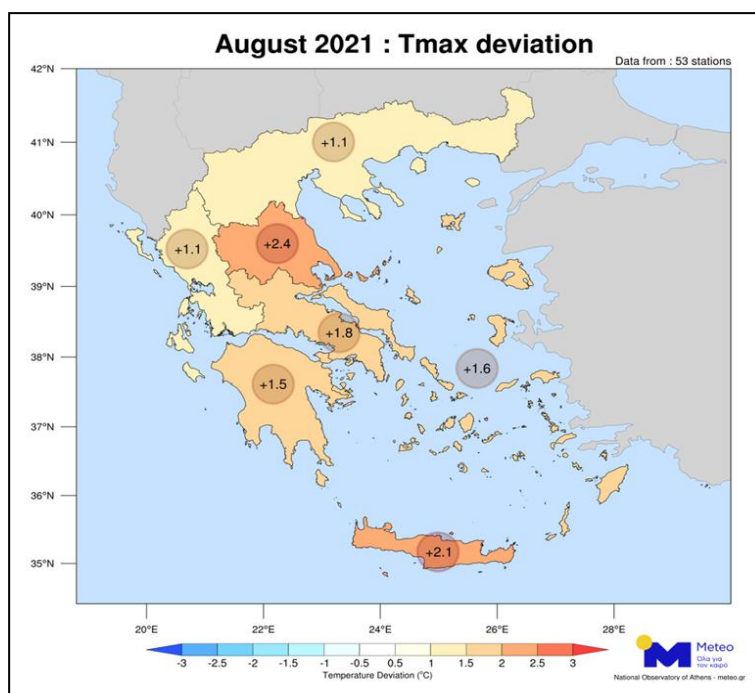
Σε συνέχεια του κεφαλαίου 4.4, το νοικοκυριό του παραδείγματος προκειμένου να απαλλαγεί από το οικονομικό βάρος του λογαριασμού ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να επενδύσει στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκής μονάδας ισχύος 8KWp, σε επιφάνεια περίπου 40 τ.μ σε στέγη, διαθέτοντας σήμερα 7000€ έως 8000€ περίπου.

4.6 Πρόσφατες διαπιστώσεις και προοπτικές

Οι θερμοκρασιακές συνθήκες που όλοι βιώσαμε τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 2021 είναι ένα ξεκάθαρο σημάδι ότι η κλιματική αλλαγή είναι εδώ. Το φετινό καλοκαίρι, ειδικά Ιούλιο – Αύγουστο, η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε πάνω από 2 βαθμούς από τη μέση τιμή της προηγούμενης δεκαετίας, ξεπερνώντας κατά τόπους και τους 47 βαθμούς Κελσίου.



Εικόνα 18. Απόκλιση μέγιστης θερμοκρασίας Ιουλίου 2021. [16]



Εικόνα 19. Απόκλιση μέγιστης θερμοκρασίας Αυγούστου 2021. [16]

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του καιρού ήταν η απουσία των μετεμιών και η επικράτηση κυρίως μέτριας έντασης ανέμων. Το μετέμι εμφανίστηκε μόνο 28 ημέρες όταν συνήθως ξεπερνά τις 40 κατά τη διάρκεια των 2 θερινών μηνών.

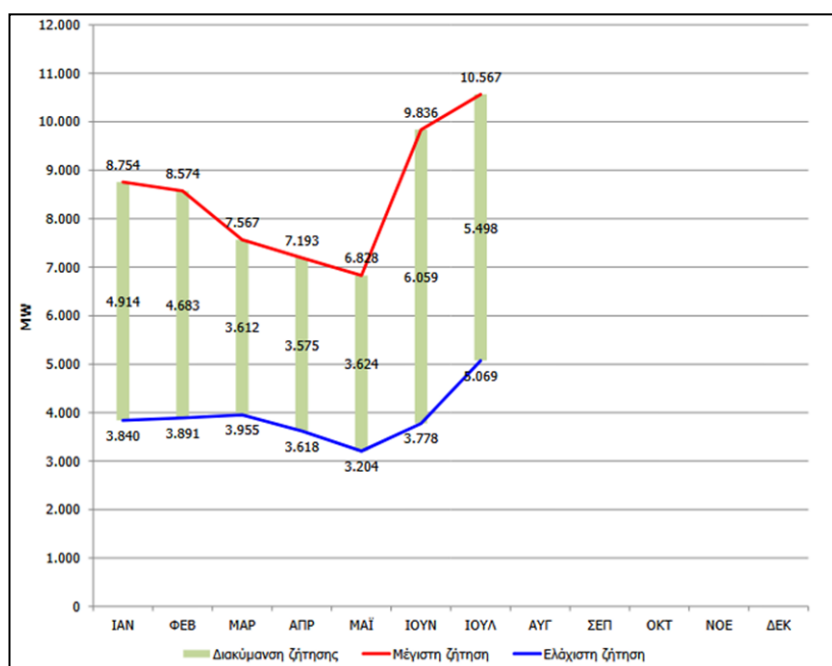
Οι φετινοί καύσωνες πέρα από τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες είχαν και μεγάλη διάρκεια επιδεινώνοντας περαιτέρω τις συνθήκες ζωής στις μεγάλες πόλεις με τα κλιματιστικά μηχανήματα να δουλεύουν ακατάπαυστα για πολλές ημέρες.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Αστεροσκοπείου, το φετινό καλοκαίρι ήταν μακράν το θερμότερο εδώ και 43 χρόνια όπως αποτυπώνεται και στην Εικόνα 19.



Εικόνα 20. Αθροισμα θερμών ωρών το καλοκαίρι κατά την περίοδο 1979-2021.

Αυτό οδήγησε σε τεράστια αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που ξεπέρασε τα 10000MW φτάνοντας τα 10567MW στις 30/7 το μεσημέρι. Ενδεικτικό του μεγέθους της αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας φέτος το καλοκαίρι, είναι ότι στη Μελέτη επάρκειας ισχύος του ΑΔΜΗΕ [17] για τη δεκαετία 2020-2030, το δυσμενέστερο σενάριο, χωρίς τα διάσπαρτα φωτοβολταϊκά, προέβλεπε θερινή αιχμή στα 10420MW και ξεπεράστηκε.

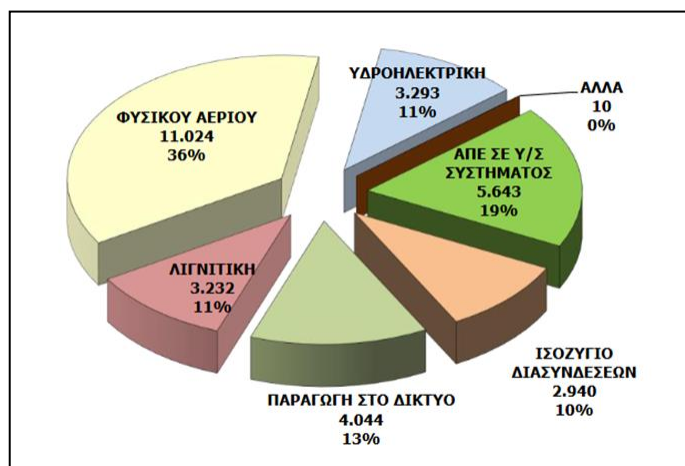


Εικόνα 21. Μέγιστη & ελάχιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. [18]

Πίνακας 5. Μέγιστη ωριαία συνολική ηλεκτρική ενέργεια (MW).

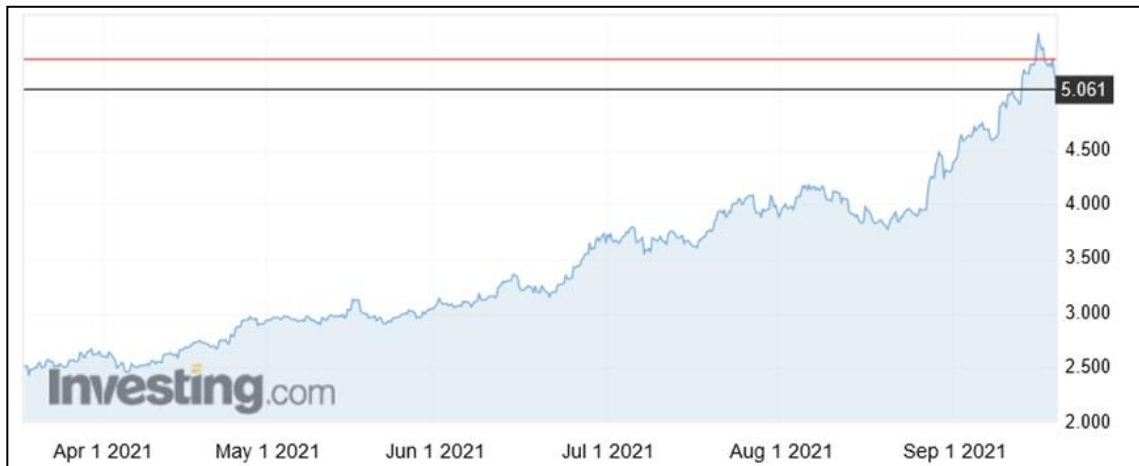
ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΡΙΑΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MW)	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέγιστη ζήτηση	8.754	8.574	7.567	7.193	6.828	9.836	10.567					
Ημερομηνία μεγίστου	18/01	16/02	23/03	01/04	26/05	30/06	30/07					
Ώρα μεγίστου	13	13	13	14	13	15	14					

Οι καιρικές συνθήκες στις περιόδους αυξημένης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας δεν ήταν ευνοϊκές για τα Αιολικά πάρκα παρά μόνο για τα Φ/Β που απορρόφησαν μεγάλο μέρος της μεσημεριανής αιχμής. Το ενεργειακό κενό (βραδινή αιχμή 9700MW) καλύφθηκε κυρίως από θερμικές μονάδες φυσικού αερίου και λιγνίτη, από τα υδροηλεκτρικά καθώς και από εισαγωγές.



Εικόνα 22. Ανάλυση πηγών ηλεκτρικής ενέργειας 2021 έως τον Ιούλιο.

Οι διεθνείς οικονομικές συνθήκες, όπου μετά τον covid-19 οι οικονομίες ξανανοίγουν, σε συνδυασμό με την έλλειψη φυσικού αερίου και τα κερδοσκοπικά παιχνίδια με την τιμή του, έχουν προκαλέσει ένα ράλι στις τιμές ενέργειας παρότι ακόμη βρισκόμαστε στο καλοκαίρι και όχι στο χειμώνα της αυξημένης ζήτησης. Αυτό οφείλεται και στη μειωμένη παραγωγή των ΑΠΕ λόγω των χαμηλής έντασης ανέμων που επικράτησαν στην Ευρώπη κάτι που οδήγησε με τη σειρά του τους Διαχειριστές δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας να αυξήσουν την παραγωγή από φυσικό αέριο. Στη χώρα μας το πρόγραμμα απολιγνιτοποίησης φρέναρε πρόσκαιρα προκειμένου οι λιγνιτικές μονάδες, παρά το υψηλό κόστος δικαιωμάτων CO₂, να καλύψουν μέρος της ζήτησης ιδιαίτερα τον Αύγουστο.



Εικόνα 23. Εξέλιξη τιμής φυσικού αερίου.



Εικόνα 24. Εξέλιξη τιμής ρύπων CO2.

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες οδήγησαν σε μία μεγάλη αύξηση του κόστους παραγωγής και πώλησης στη χονδρική της ηλεκτρικής ενέργειας, φτάνοντας την οριακή τιμή συστήματος από τα 58 Ευρώ/MWh το 2020 σε πάνω από 137 Ευρώ/MWh.

Πίνακας 6. Μεσοσταθμική τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο σύστημα-Έτος 2021. [19]

Περίοδος	Αγορά Επόμενης ημέρας και Ενδοημερήσια αγορά (€/MWh)	Αποκλίσεις (€/MWh)	Λογαριασμοί Προσανυλίσεων (€/MWh)	Σύνολο (€/MWh)	Κατανάλωση (MWh)
202101	55,612	0,836	7,663	64,11	4.357.097
202102	50,878	0,320	11,451	62,649	3.921.233
202103	58,621	1,179	9,425	69,225	4.120.223
202104	64,037	1,873	8,025	73,936	3.709.425
202105	63,352	1,809	11,188	76,349	3.667.184
202106	86,528	1,221	10,666	98,415	4.160.465
202107	103,466	1,468	7,787	112,721	5.498.513
202108	120,030	-0,623	9,335	136,743	5.164.089
202109					
202110					
202111					
202112					
Έτος 2021	79,289	0,962	9,345	89,596	34.598.229

Παρατηρήσεις:

Τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα δεν είναι οριστικά. Περιλαμβάνουν μη πιστοποιημένες μετρήσεις βάσει των αρχικών εκκαθαρίσεων που πραγματοποιούνται την εβδομάδα που έπεται κάθε Εβδομάδας Εκκαθάρισης, καθώς και πιστοποιημένες μετρήσεις.

Οι προβλέψεις για την εξέλιξη της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας τον επικείμενο χειμώνα είναι δυσοίωνες, γι' αυτό και οι Κυβερνήσεις προσπαθούν να απορροφήσουν ένα μέρος των αυξήσεων ελαφρύνοντας τους λογαριασμούς ρεύματος των νοικοκυριών και ενθαρρύνοντας μέσω επιδοτήσεων, όπως τα προγράμματα εξοικονομώ, τη βελτίωση της ενεργειακής κλάσης των κατοικιών.

Σήμερα η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος αυτοπαραγωγής σε συνδυασμό με Net-Metering γίνεται ακόμα πιο συμφέρουσα λόγω των υψηλών τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα νοικοκυριά που θα επιλέξουν να επενδύσουν στην πράσινη ενέργεια από τον ήλιο μπορούν εκτός από το να μειώσουν το κόστος του λογαριασμού ρεύματος να αποσβέσουν γρηγορότερα την επένδυση.

Στο παράδειγμά μας χρησιμοποιήσαμε τη μέση τιμή κόστους ηλεκτρικής ενέργειας του 2020, αν αντί αυτής χρησιμοποιήσουμε την τιμή που δείχνει να κλείνει το 2021, τα 90 Ευρώ/MWh τότε οι υπολογισμοί μας διαφοροποιούνται όπως παρακάτω.

Η μηνιαία κατανάλωση των 1000KWh αντί για 110€ πλέον αντιστοιχεί σε $1000 \times 0,17 = 170€$ που σημαίνει 2040€ το χρόνο. Αν συγκρίνουμε το ετήσιο κόστος των 2040€ με τη δαπάνη εγκατάστασης ενός Φ/Β 8KWp των 7000€ παρατηρούμε ότι η απότομη αύξηση του κόστους για την ενέργεια μειώνει εξίσου απότομα το χρόνο απόσβεσης.

Το περιβαλλοντικό όφελος είναι εξίσου μεγάλο, αν αναλογιστούμε ότι μόνο το συγκεκριμένο νοικοκυριό θα μειώσει την συνεισφορά του στα αέρια του θερμοκηπίου κατά περίπου 10 τόνους CO₂.

5

Βιώσιμη ανάπτυξη

5.1 Εισαγωγή

Η βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη αναφέρεται στην οικονομική ανάπτυξη που σχεδιάζεται και υλοποιείται λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος και την βιωσιμότητα. Γνώμονας της αειφορίας είναι η μέγιστη δυνατή απολαβή αγαθών από το περιβάλλον, χωρίς όμως να διακόπτεται η φυσική παραγωγή αυτών των προϊόντων σε ικανοποιητική ποσότητα και στο μέλλον.

Η βιώσιμη ανάπτυξη προϋποθέτει ανάπτυξη των παραγωγικών δομών της οικονομίας παράλληλα με τις υποδομές για μία ευαίσθητη στάση απέναντι στο φυσικό περιβάλλον και στα οικολογικά προβλήματα (όπως ορίζουν παραδοσιακές επιστήμες σαν τη γεωγραφία).

Η βιωσιμότητα υπονοεί ότι οι φυσικοί πόροι υφίστανται εκμετάλλευση με ρυθμό μικρότερο από αυτόν με τον οποίον ανανεώνονται, διαφορετικά λαμβάνει χώρα περιβαλλοντική υποβάθμιση. Θεωρητικά, το μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα της περιβαλλοντικής υποβάθμισης είναι η ανικανότητα του γήινου οικοσυστήματος να υποστηρίξει την ανθρώπινη ζωή (οικολογική κρίση).

Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης προέκυψε τις τελευταίες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα λόγω της αυξημένης ανησυχίας όσον αφορά το μέλλον του πλανήτη και την επιβίωση των νέων γενεών στο ολόένα και περισσότερο επιβαρυνμένο περιβάλλον.

Σημείο αναφοράς για τις εξελίξεις στη μελέτη της οικολογικά ευαίσθητης ανάπτυξης αποτελεί το πρωτόκολλο του Κιότο, που υπογράφηκε το 1997 (ως συμπλήρωμα της Σύμβασης-Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές του 1992) και τέθηκε μερικώς σε ισχύ από το 2005. Το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί έναν 'οδικό χάρτη', στον οποίο περιλαμβάνονται τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της κλιματικής

αλλαγής που προκαλείται λόγω της αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Ορισμένες από τις τάσεις και τα ζητήματα που απασχολούν τη βιώσιμη ανάπτυξη στην Ευρώπη από τη δεκαετία του 1990 είναι η προώθηση χρήσης ενεργειακά καθαρών μορφών μετακίνησης (π.χ. ηλεκτρικά αυτοκίνητα), η βιωσιμότερη αναθεώρηση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής, ο οικολογικός χαρακτηρισμός καταναλωτικών προϊόντων, η βιοτεχνολογία, η εξάλειψη φυλετικών και σεξιστικών διακρίσεων στον εργασιακό τομέα κλπ.

Συναφείς όροι, οι οποίοι συνήθως χρησιμοποιούνται με σχεδόν ταυτόσημη έννοια, είναι η πράσινη ανάπτυξη και η πράσινη οικονομία. Ωστόσο πρέπει να τονισθεί πως η πράσινη ανάπτυξη δίνει προτεραιότητα στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα και όχι στην οικονομική ανάπτυξη ενώ σχετίζεται, έως έναν βαθμό τουλάχιστον, με τα πράσινα κόμματα της πολιτικής οικολογίας. Από την άλλη, η πράσινη οικονομία αποτελεί ουσιαστικά εφαρμογή των οικολογικών οικονομικών, μίας ετερόδοξης οικονομολογικής σχολής με παρεμφερείς προβληματισμούς, δίνοντας έμφαση στις ήπιες μορφές ενέργειας. Η αειφόρος ανάπτυξη, η πράσινη ανάπτυξη και η πράσινη οικονομία, εκτός των άλλων, μπορούν να αξιοποιούν και τα σύγχρονα τεχνολογικά εργαλεία που παρέχει η επιστήμη των περιβαλλοντολόγων μηχανικών, καθώς και τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

5.2 Παγκόσμια αντιμετώπιση Βιώσιμης Ανάπτυξης

Από το συνέδριο των Ηνωμένων Εθνών (ΗΕ) του 1972 για το Ανθρώπινο Περιβάλλον, η διακυβέρνηση της αειφόρου ανάπτυξης έχει επεκταθεί σημαντικά σε τοπικό, εθνικό, περιφερειακό και διεθνές επίπεδο. Η ανάγκη για ολοκλήρωση της οικονομικής ανάπτυξης, της διαχείρισης και προστασίας των φυσικών πόρων και της κοινωνικής δικαιοσύνης και ένταξης εισήχθη για πρώτη φορά από την έκθεση Brundtland του 1987 «Το κοινό μας μέλλον» (Brundtland Report «Our Common Future»), και ήταν κεντρική στο πλαίσιο των συζητήσεων στη διάσκεψη του 1992 των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και Ανάπτυξη (United Nations Conference on Environment and Development, UNCED) γνωστή και ως Σύνοδος Κορυφής της Γης. Το 1993, η Γενική Συνέλευση ίδρυσε την Επιτροπή για την Αειφόρο Ανάπτυξη (Commission on Sustainable Development, CSD), ως πολιτικό όργανο υψηλού επιπέδου των Ηνωμένων Εθνών αρμόδιο για την παρακολούθηση και την προώθηση της εφαρμογής των αποτελεσμάτων της Διάσκεψης του Ρίο, συμπεριλαμβανομένης της Ατζέντας 20 [9].

Η παγκόσμια διάσκεψη κορυφής του 2002 για την αειφόρο ανάπτυξη προχώρησε στην ενσωμάτωση των τριών διαστάσεων (κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική) της αειφόρου ανάπτυξης σε αναπτυξιακές πολιτικές σε όλα τα επίπεδα μέσω της έγκρισης του σχεδίου εφαρμογής του Γιοχάνεσμπουργκ (Johannesburg Plan of Implementation, JPOI). Δημιουργήθηκε μια διαδικασία για τη συζήτηση θεμάτων που σχετίζονται με την αειφόρο ανάπτυξη των μικρών νησιωτικών αναπτυσσόμενων κρατών με αποτέλεσμα δύο σημαντικά σχέδια δράσης - το σχέδιο δράσης των Μπαρμπάντος και τη στρατηγική του Μαυρίκιου. Το τρίτο διεθνές συνέδριο για τα αναπτυσσόμενα κράτη των μικρών νησιών, το οποίο πραγματοποιήθηκε το 2014, προχώρησε σε αυτές τις διαδικασίες παραχωρώντας το SAMOA Pathway (States Accelerated Modalities of Action).

Το 2012 στη Διάσκεψη Ρίο + 20, η διεθνής κοινότητα αποφάσισε να ιδρύσει ένα Πολιτικό Forum Υψηλού Επιπέδου για την Αειφόρο Ανάπτυξη για να αντικαταστήσει στη συνέχεια την Επιτροπή Βιώσιμης Ανάπτυξης. Το πολιτικό Forum υψηλού επιπέδου για την αειφόρο ανάπτυξη πραγματοποίησε την πρώτη του συνάντηση στις 24 Σεπτεμβρίου 2013. Στη διάσκεψη του Ρίο + 20, τα κράτη μέλη αποφάσισαν να ξεκινήσουν μια διαδικασία για την ανάπτυξη ενός συνόλου στόχων αειφόρου ανάπτυξης (Sustainable Development Goals, SDGs), οι οποίοι αποτελούσαν τη βάση για τους Αναπτυξιακούς Στόχους της Χιλιετίας και συγκλίνουν με την αναπτυξιακή ατζέντα μετά το 2015. Η διαδικασία της άφιξης στην αναπτυξιακή ατζέντα μετά το 2015 ήταν υπό την ηγεσία των κρατών μελών με ευρεία συμμετοχή μεγάλων ομάδων και άλλων ενδιαφερόμενων φορέων της κοινωνίας των πολιτών. Στις 25 Σεπτεμβρίου 2015, η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών ενέκρινε ομόφωνα την καθολική, διαμορφωμένη και ολοκληρωμένη Ατζέντα του 2030 για την βιώσιμη ανάπτυξη, μαζί με ένα σύνολο 17 στόχων αειφόρου ανάπτυξης και 169 συναφών στόχων.

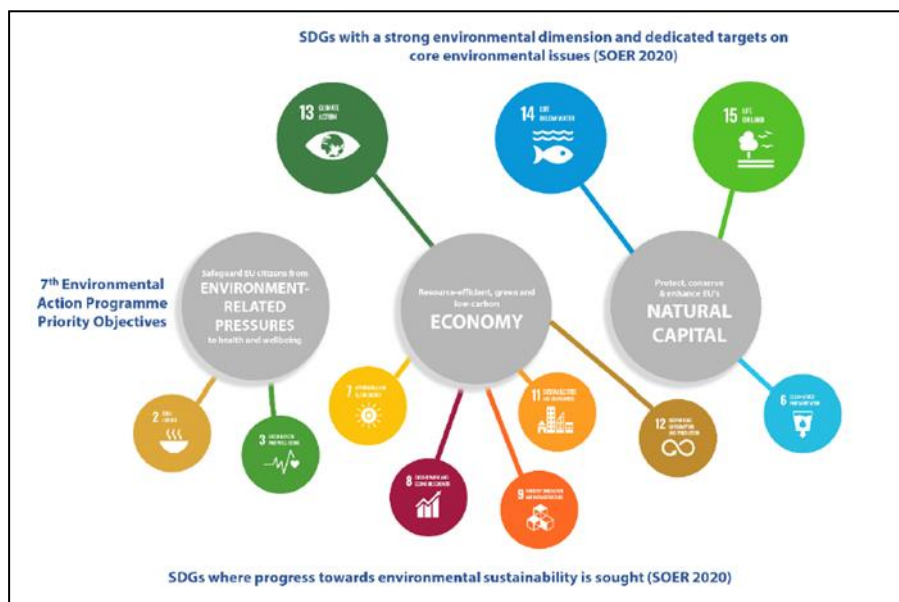


Εικόνα 25. Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης / Sustainable Development Goals, SDGs.[9]

Οι SDGs συγκεντρώνονται σε πέντε τομείς, οι οποίοι είναι γνωστοί και ως «5Ps» της Ατζέντας του 2030: άνθρωποι, πλανήτες, ευημερία, ειρήνη και συνεργασία. Το σύμπλεγμα πλανητών καλύπτει SDGs με περιβαλλοντική εστίαση και στοχεύει, μεταξύ άλλων, στην προστασία του πλανήτη από την υποβάθμιση προωθώντας τη βιώσιμη κατανάλωση και παραγωγή, τη βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων και λαμβάνοντας επείγουσα δράση για την κλιματική αλλαγή. Η εξάλειψη της φτώχειας σε όλες τις μορφές και διαστάσεις της, συμπεριλαμβανομένης της ακραίας φτώχειας, είναι η μεγαλύτερη παγκόσμια πρόκληση και απαραίτητη προϋπόθεση για αειφόρο ανάπτυξη. Όλες οι χώρες και όλοι οι ενδιαφερόμενοι, ενεργώντας συνεργατικά, θα εφαρμόσουν αυτό το σχέδιο. Στόχος είναι να απελευθερωθεί η ανθρώπινη φυλή από την τυραννία της φτώχειας και να θεραπευθεί καθώς και να διασφαλιστεί ο πλανήτης μας. Απαιτούνται τολμηρά και μετασχηματιστικά βήματα επείγοντως για να μετατοπιστεί ο κόσμος σε μια βιώσιμη και ανθεκτική πορεία. Οι 17 Στόχοι Αειφόρου Ανάπτυξης

(SDGs) και οι 169 υποστόχοι δείχνουν την κλίμακα και τη φιλοδοξία αυτής της νέας παγκόσμιας Ατζέντας.

Η ενέργεια αποτελεί κομβικό σημείο στο θέμα της βιώσιμης ανάπτυξης διότι αλληλοεπιδρά και με τους τρεις βασικούς άξονες της αειφόρου ανάπτυξης, το περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία.



Εικόνα 26. SDGs που επιδιώκουν πρόοδο στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα.[9]

5.3 Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης Ηνωμένων Εθνών (2016-2030) / Sustainable Development Goals, (SDGs)

Οι δεκαεπτά στόχοι [9] βιώσιμης ανάπτυξης οι οποίοι συμφωνήθηκαν στο συνέδριο των ΗΕ αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω:

1. Στόχος 1: Μηδενική Φτώχεια - Δίνουμε τέλος σε όλες τις μορφές της φτώχειας, παντού.
2. Στόχος 2: Μηδενική Πείνα - Δίνουμε τέλος στην πείνα, πετυχαίνουμε την επισιτιστική ασφάλεια, βελτιώνουμε τη διατροφή και τη βιώσιμη γεωργία.
3. Στόχος 3: Καλή Υγεία και Ευημερία - Διασφαλίζουμε μία ζωή με υγεία και προάγουμε την ευημερία για όλους, σε όλες τις ηλικίες.
4. Στόχος 4: Ποιοτική Εκπαίδευση - Διασφαλίζουμε την ελεύθερη, ισότιμη και ποιοτική εκπαίδευση προάγοντας τις ευκαιρίες για δια βίου μάθηση.
5. Στόχος 5: Ισότητα των Φύλων - Επιτυγχάνουμε την ισότητα των φύλων και την χειραφέτηση όλων των γυναικών και των κοριτσιών.
6. Στόχος 6: Καθαρό Νερό και Αποχέτευση - Διασφαλίζουμε τη διαθεσιμότητα και τη βιώσιμη διαχείριση του νερού και των εγκαταστάσεων υγιεινής για όλους.

7. Στόχος 7: Φτηνή και Καθαρή Ενέργεια - Διασφαλίζουμε την πρόσβαση σε οικονομική, αξιόπιστη, βιώσιμη και σύγχρονη ενέργεια για όλους.
8. Στόχος 8: Αξιοπρεπής Εργασία και Οικονομική Ανάπτυξη - Προάγουμε τη διαρκή, βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς οικονομική ανάπτυξη και την πλήρη και παραγωγική απασχόληση και αξιοπρεπή εργασία για όλους.
9. Στόχος 9: Βιομηχανία, Καινοτομία και Υποδομές - Οικοδομούμε ανθεκτικές υποδομές, προάγουμε την ανοιχτή και βιώσιμη βιομηχανοποίηση και ενθαρρύνουμε την καινοτομία.
10. Στόχος 10: Λιγότερες Ανισότητες - Μειώνουμε την ανισότητα εντός και μεταξύ των χωρών.
11. Στόχος 11: Βιώσιμες Πόλεις και Κοινότητες - Δημιουργούμε ασφαλείς, προσαρμοστικές βιώσιμες πόλεις και ανθρώπινους οικισμούς, χωρίς αποκλεισμούς.
12. Στόχος 12: Υπεύθυνη Κατανάλωση και Παραγωγή - Διασφαλίζουμε τη βιώσιμη κατανάλωση και μεθόδους παραγωγής.
13. Στόχος 13: Δράση για το Κλίμα - Αναλαμβάνουμε άμεση δράση για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και των συνεπειών της.
14. Στόχος 14: Ζωή στο Νερό - Προστατεύουμε και χρησιμοποιούμε με βιώσιμο τρόπο τους ωκεανούς, τις θάλασσες και τους θαλάσσιους πόρους για βιώσιμη ανάπτυξη.
15. Στόχος 15: Ζωή στη Στεριά - Προωθούμε τη βιώσιμη χρήση των χερσαίων οικοσυστημάτων και δασών, καταπολεμούμε την ερημοποίηση, αναστρέφουμε την υποβάθμιση του εδάφους και της βιοποικιλότητας.
16. Στόχος 16: Ειρήνη, Δικαιοσύνη και Ισχυροί Θεσμοί – Προάγουμε τις ειρηνικές και χωρίς αποκλεισμούς κοινωνίες, παρέχουμε πρόσβαση στη δικαιοσύνη για όλους και οικοδομούμε αποτελεσματικούς θεσμούς σε όλα τα επίπεδα.
17. Στόχος 17: Συνεργασία για τους Στόχους - Ενισχύουμε τα μέσα εφαρμογής και ανανεώνουμε την Παγκόσμια Συνεργασία για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη.

5.4 Στόχος 7 (SDGs 7) Φτηνή και καθαρή ενέργεια

Σύμφωνα με το περιφερειακό κέντρο πληροφόρησης του ΟΗΕ [10] η ενέργεια είναι κεντρικής σημασίας για κάθε σοβαρή πρόκληση και ευκαιρία με την οποία έρχεται αντιμέτωπος ο κόσμος μας. Η εργασία, η ασφάλεια, η κλιματική αλλαγή, η παραγωγή τροφίμων και η αύξηση του εισοδήματος προϋποθέτουν απαραίτητως πρόσβαση σε ενέργεια. Η βιώσιμη ενέργεια είναι ευκαιρία διότι μεταμορφώνει τις ζωές, την οικονομία και τον πλανήτη.

Η ενέργεια από ΑΠΕ είναι απαραίτητη για την επίτευξη του SDG7 καθώς και άλλων SDGs. Ιδιαίτερα η ηλιακή και η αιολική ενέργεια θα είναι καθοριστικής σημασίας για την επίτευξη της νέας παγκόσμιας ατζέντα βιώσιμης ανάπτυξης στα επόμενα χρόνια.

Ο Γενικός Γραμματέας των Ηνωμένων Εθνών, Μπαν Κι Μουν, ηγήθηκε της πρωτοβουλίας Sustainable Energy for All (Βιώσιμη Ενέργεια για Όλους), αποβλέποντας στο να διασφαλίσει την καθολική πρόσβαση σε σύγχρονες υπηρεσίες ενέργειας, να βελτιώσει την αποδοτικότητα αλλά και να αυξήσει τη χρήση των ΑΠΕ. Πράγμα το οποίο επιδιώκει ο στόχος 7

«Διασφαλίζουμε την πρόσβαση σε προσιτή, αξιόπιστη, βιώσιμη και σύγχρονη ενέργεια για όλους» και ο οποίος στην μελέτη μας έχει άμεση σχέση με τον στόχο 11 «Βιώσιμες πόλεις και κοινότητες» συνδέοντάς τους με την χρήση ΑΠΕ στα αστικά περιβάλλοντα.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι τα στοιχεία δείχνουν ότι:

- Ένας στους πέντε ανθρώπους δεν έχει πρόσβαση σε σύγχρονης μορφής ηλεκτρική ενέργεια.
- Τρία δισεκατομμύρια άνθρωποι στηρίζονται στην ξυλεία, τον γαιάνθρακα, τον ξυλάνθρακα και τα ζωικά απόβλητα για θέρμανση και μαγείρεμα.
- Η ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στην κλιματική αλλαγή αντιπροσωπεύοντας το 60% των συνολικών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.
- Η μείωση της έντασης του άνθρακα στον τομέα της ενέργειας αποτελεί μια σημαντική επιδίωξη των μακροπρόθεσμων στόχων για το κλίμα.

Ο Στόχος 7 «Διασφαλίζουμε την πρόσβαση σε προσιτή, αξιόπιστη, βιώσιμη και σύγχρονη ενέργεια για όλους» αποφασίστηκε να επιτευχθεί αναλύοντας τον σε 5 υποκατηγορίες:

1. 7.1 Έως το 2030, διασφάλιση της καθολικής πρόσβασης σε προσιτές, αξιόπιστες και σύγχρονες υπηρεσίες ενέργειας.
2. 7.2 Έως το 2030, σημαντική αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα.
3. 7.3 Έως το 2030, διπλασιασμός του παγκόσμιου ποσοστού βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας.
4. 7.α Έως το 2030, ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας ώστε να διευκολυνθεί η πρόσβαση στην έρευνα και τη τεχνολογία καθαρής ενέργειας–συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, της ενεργειακής αποδοτικότητας και των προηγμένων και καθαρών τεχνολογιών ορυκτών καυσίμων–και να προωθηθούν οι επενδύσεις σε ενεργειακές υποδομές και τεχνολογίες καθαρής ενέργειας.
5. 7.β Έως το 2030, επέκταση των υποδομών και αναβάθμιση της τεχνολογίας για την παροχή σύγχρονων και βιώσιμων υπηρεσιών ενέργειας για όλους στις αναπτυσσόμενες χώρες, και ιδίως στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, στα μικρά αναπτυσσόμενα νησιωτικά καθώς και στα περικλειστά αναπτυσσόμενα κράτη, σύμφωνα με τα αντίστοιχα προγράμματα στήριξής τους.

5.5 Εθνικό Σχέδιο για την κλιματική αλλαγή

Σύμφωνα με το εθνικό σχέδιο για την κλιματική αλλαγή (ΕΣΕΚ) [12] όσον αφορά τις ΑΠΕ οι βασικές προτεραιότητες είναι:

- Η κάλυψη των εγχώριων ηλεκτρικών καταναλώσεων κυρίως από ΑΠΕ.
- Αναμόρφωση αδειοδοτικού και χωροταξικού πλαισίου. Επιτάχυνση και αποτελεσματικότητα αδειοδότησης.
- Συμμετοχή μονάδων ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς χορήγηση λειτουργικής ενίσχυσης.

- Προώθηση διεσπαρμένων συστημάτων ΑΠΕ και ενδυνάμωση συμμετοχικού ρόλου τοπικών κοινωνιών – καταναλωτών.
- Διασφάλιση βιωσιμότητας και ρευστότητας του μηχανισμού χορήγησης λειτουργικής ενίσχυσης στις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ.
- Ανάπτυξη και ενίσχυση ενεργειακών δικτύων και βέλτιστη ένταξη και λειτουργία μονάδων ΑΠΕ.
- Κανονιστικές υποχρεώσεις ελάχιστης συμμετοχής ΑΠΕ στην κάλυψη ενεργειακών αναγκών στον κτηριακό τομέα.
- Προώθηση της χρήσης συστημάτων ΑΠΕ για κάλυψη θερμικών αναγκών.
- Σύζευξη ενεργειακών τομέων για μέγιστη αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού από τις ΑΠΕ και προώθηση νέων τεχνολογιών.
- Προώθηση χρήσης προηγμένων βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών.
- Προώθηση της ηλεκτροκίνησης.

5.6 Αξιολόγηση κύκλου ζωής / Life Cycle Assessment (LCA)

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής / Life Cycle Assessment (LCA) [13] είναι μια μέθοδος για τη συστηματική ανάλυση περιβαλλοντικής απόδοσης προϊόντων ή διαδικασιών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, συμπεριλαμβανομένης της εξαγωγής πρώτων υλών, της κατασκευής, της χρήσης και της απόρριψης και ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής (end-of-life). Η έννοια των μελετών κύκλου ζωής αναπτύχθηκε με την πάροδο του χρόνου, κυρίως στη δεκαετία του '70 και του '80. Οι μελέτες κύκλου ζωής είχαν επικεντρωθεί στην ποσοτικοποίηση της ενέργειας και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν και των αποβλήτων που απελευθερώθηκαν στο περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής.

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) υιοθέτησε ένα πρότυπο περιβαλλοντικής διαχείρισης στη δεκαετία του 1990, ξεκινώντας από τις 14.000 σειρές προτύπων, με τη σειρά 14.040 να εστιάζει στη θέσπιση μεθοδολογιών για την LCA. παρόμοιες προσεγγίσεις έχουν υιοθετηθεί και από άλλους διεθνείς οργανισμούς. Μια σημαντική πτυχή του προτύπου ISO είναι μια επαναλαμβανόμενη τετραπλή φάση-πλαίσιο για τη διεξαγωγή αναλύσεων LCA. Τα τέσσερα βήματα περιλαμβάνουν: καθορισμό στόχου και σκοπού, ανάλυση αποθεμάτων, εκτίμηση επιπτώσεων κύκλου ζωής, και επεξήγηση.

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής είναι ένα εργαλείο για την ανάλυση των επιπτώσεων στο περιβάλλον που προκύπτει από μια δεδομένη διαδικασία, όπως για παράδειγμα την κατασκευή, τη χρήση και την κατεδάφιση ενός κτηρίου. Είναι μια καθιερωμένη και ρυθμιζόμενη μέθοδος που τώρα βρίσκει το δρόμο της στην αξιολόγηση του δομημένου περιβάλλοντος από μεμονωμένα κατασκευαστικά στοιχεία πάνω από κτήρια σε ολόκληρα αστικά τμήματα. Αποτελείται συνήθως από μια σειρά κατηγοριών επιπτώσεων όπως η κλιματική αλλαγή, η εξάντληση των πόρων, η οικοτοξικότητα ή οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία.

Η αυξανόμενη ζήτηση για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προκαλεί στις κοινωνίες να βρουν βιώσιμη και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Το LCA είναι ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η συλλογή πραγματικών δεδομένων για μια τέτοια μελέτη είναι μια αρκετά δύσκολη

υπόθεση, καθώς αυτά τα σύνολα δεδομένων έχουν πολύ υψηλές παραλλαγές με τη χρονική και χωρική διακύμανση. Όπως αναφέραμε και παραπάνω η βιωσιμότητα εξαρτάται από τρεις πυλώνες κοινωνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης της ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Οι κοινωνικοί, οικονομικοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί μειώνουν το δυναμικό των βιώσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

6

Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΟΗΕ [14] τα τελευταία 20 χρόνια, οι αστικές περιοχές γνώρισαν ραγδαία ανάπτυξη. Επί του παρόντος, πάνω από 3,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι κατοικούν σε αστικές περιοχές (περίπου το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού). Ειδικότερα, οι αναπτυσσόμενες χώρες υφίστανται ραγδαία αλλαγή από αγροτικές σε αστικές οικονομίες, καθώς μεταμορφώνονται από τους αστικοποιητικούς πληθυσμούς τους. Αν και η έκταση της αστικοποίησης στις αναπτυσσόμενες χώρες διαφέρει σε μέγεθος και ρυθμό, η πρόκλησή τους είναι να σταθεροποιήσουν την αυξανόμενη πίεση για ασφαλή ενεργειακό εφοδιασμό, να κατασκευάσουν γέφυρες πρόσβασης, δικαιοσύνης και ενδυνάμωσης, να ελαχιστοποιήσουν την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, να βελτιώσουν την ανθρώπινη υγεία, τα μέσα διαβίωσης και να δημιουργήσουν κατευθύνσεις νέας ανάπτυξης. Ο παγκόσμιος πληθυσμός έχει διπλασιαστεί από το 1960 και αναμένεται να ξεπεράσει τα 9 δισεκατομμύρια έως το 2050. Το 99% αυτής της αύξησης του πληθυσμού, καθώς και το 50% της αστικής ανάπτυξης, αναμένεται να συμβεί στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Για να προετοιμαστούμε για μια αστική εισροή ανθρώπων έως το 2050, είναι ζωτικής σημασίας να δημιουργηθούν πόλεις με χαμηλή περιεκτικότητα σε CO₂, ανθεκτικές και βιώσιμες. Οι πόλεις όχι μόνο συμβάλλουν στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή, εκπέμποντας την πλειονότητα των ανθρωπογενών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά επίσης είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και των ακραίων καιρικών φαινομένων. Εξετάζουμε τις επιλογές για τη δημιουργία βιώσιμων ενεργειακών συστημάτων μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας, ιδίως στους τομείς των κτηρίων και των μεταφορών, παρέχοντας ισχυρές, αποκεντρωμένες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μέσω τεχνικών εξελίξεων στην πυκνότητα ισχύος, οι ΑΠΕ που είναι ενσωματωμένες στην πόλη θα ταιριάζουν καλύτερα για να ικανοποιήσουν τις υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις των αναπτυσσόμενων αστικών περιοχών.

Αρκετές οικονομικές, τεχνικές, συμπεριφορές και πολιτικές προκλήσεις πρέπει να ξεπεραστούν για την καινοτομία και για τη βελτίωση της αστικής βιωσιμότητας.

Με την προηγμένη τεχνολογία, σημειώθηκε αύξηση του αριθμού των οικολογικών πόλεων σε όλο τον κόσμο. Αυτές οι πόλεις περιλαμβάνουν υποδομές με εξαρτήματα εξοικονόμησης νερού, μονωμένους τοίχους, παράθυρα με διπλά τζάμια, νότιου προσανατολισμού για τη βελτιστοποίηση της παθητικής θερμότητας, ηλιακές φωτοβολταϊκές στέγες, τοίχους και επιτόπιους σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Η υλοποίηση ΑΠΕ σε αστικά περιβάλλοντα περιορίζεται μερικές φορές από την αναντιστοιχία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης και από την ένταξή τους στο ενεργειακό σύστημα. Τα έξυπνα δίκτυα (smart grid) θα μπορούσαν να παρέχουν τις απαραίτητες διασυνδέσεις και τον έλεγχο για την αποτελεσματική διαχείριση της παροχής ισχύος. Η εφαρμογή τέτοιων μέτρων στο αστικό περιβάλλον παρέχει πολλά οφέλη, όπως βελτιωμένη ενεργειακή ασφάλεια και αξιοπιστία, μειωμένο κόστος μεταφοράς, φέρνοντας τον τοπικό ενεργειακό εφοδιασμό πιο κοντά στη ζήτηση, απασχόληση υφιστάμενων υποδομών και ελαχιστοποίηση της ζήτησης.

Οι αστικές περιοχές μπορούν να θεωρηθούν μεγάλοι δυνητικοί παραγωγοί ενέργειας παράλληλα με το αξιοσημείωτο μέρος της κατανάλωσης ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο υποσχόμενη βιώσιμη ενέργεια στην οποία τα αστικά περιβάλλοντα μπορούν να παράγουν ηλεκτρισμό χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά συστήματα τοποθετημένα στις οροφές ή σε άλλα σημεία των κτηρίων. Το βασικό πλεονέκτημα της χρήσης της ηλιακής ενέργειας ως ενεργειακού πόρου, σε σύγκριση με την υδροηλεκτρική ενέργεια, είναι ότι δεν απαιτεί νερό και συνεπώς εξαλείφει τις περιβαλλοντικές ανησυχίες σχετικά με την αύξηση της κατανάλωσης νερού και τις επακόλουθες ελλείψεις. Οι μειώσεις κόστους στην εφαρμογή των ηλιακών τεχνολογιών τις κατέστησαν ανταγωνιστικές ως προς το κόστος με την παραγωγή ενέργειας με βάση τα ορυκτά καύσιμα τόσο στα μεσαία όσο και στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Εκτιμάται ότι η παγκόσμια συγκεντρωτική χωρητικότητα ηλιακής ενέργειας θα είναι 337 GW για το 2030 και 1089 GW το 2050.

Στο μέλλον, η ανάπτυξη της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επί τόπου θα μπορούσε να οδηγήσει σε κτήρια μηδενικών εκπομπών και σε οικολογικές πόλεις με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Νέες καινοτόμες τεχνολογίες προχωρούν καθημερινά, καθιστώντας τις πόλεις πιο ενεργητικά βιώσιμες. Η χρήση ανανεώσιμης ενέργειας μεγάλης κλίμακας όπως τα φωτοβολταϊκά σε αστικά περιβάλλοντα έχει μεγάλη σημασία ως μια μελλοντική βιώσιμη ενεργειακή επιλογή τόσο για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης αστικής ενέργειας όσο και για τη μείωση των εκπομπών CO₂. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να προχωρά, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα γίνουν όλο και πιο αποτελεσματικές, φιλικές προς το χρήστη, οικονομικά αποδοτικές, προσβάσιμες και τελικά βιώσιμες.

Όλα τα παραπάνω μπορεί πριν κάποια χρόνια να φάνταζαν ουτοπικά, πλέον με την υπερθέρμανση του πλανήτη, ειδικότερα με αυτά που βιώσαμε το φετινό καλοκαίρι στο βόρειο ημισφαίριο από τους παρατεταμένους καύσωνες την ανομβρία και τη γενικότερη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, έχουν οδηγήσει πολύ κόσμο να προβληματίζεται για το πως θα μειώσει τις ενεργειακές του ανάγκες και το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα.

Συνοψίζοντας, το προτεινόμενο επενδυτικό σχέδιο για τη χρήση Φ/Β στα κτήρια, χαρακτηρίζεται από θετικές επιπτώσεις στο ενεργειακό αποτύπωμα της χώρας βοηθώντας να

επιτύχει γρηγορότερα τους εθνικούς στόχους της Agenda 2030. Είναι οικονομικά βιώσιμο σε μια χώρα σαν την Ελλάδα που ο ήλιος είναι ένα από τα βασικά της προνόμια δίνοντας την ευκαιρία για μια καλύτερη και περιβαλλοντικά ουδέτερη ποιότητα ζωής.

Τέλος μια πρόταση για επιπλέον μελέτη στην εργασία μου θα ήταν με αφορμή την είσοδο του ηλεκτρικού αυτοκινήτου στη ζωή της πόλης να εξεταστεί η εκμετάλλευσή του για αποθήκευση ενέργειας (και διοχέτευσή της στο δίκτυο) από τον παραγωγό – καταναλωτή ή από ομάδα αυτοπαραγωγών βλέποντας τις δυνατότητες και τα οφέλη.

Βιβλιογραφία

- [1] “Energy_Report_202012_v2,” Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ), 2020. [Online]. Available: https://www.admie.gr/sites/default/files/attached-files/type-file/2021/05/Energy_Report_202012_v2b.pdf. [Accessed 7 February 2021].
- [2] “Renewable Energy Sources,” RAE, [Online]. Available: <https://www.rae.gr/apc/>. [Accessed 8 September 2021].
- [3] Ι. Φραγκιαδάκης, “Φωτοβολταϊκά Συστήματα,” in 2nd ed. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 2006.
- [4] Σ. Καπλάνης, σε *Ηπιες Μορφές Ενέργειας Ι. Εκδόσεις ΙΩΝ*, 2003.
- [5] “ΚΑΠΕ - CRES,” [Online]. Available: http://www.cres.gr/cres/pages/apc/apc_pv.html. [Accessed September 2021].
- [6] “PV_Guide_Aug_2013,” Hellenic Association of Photovoltaics Companies, [Online]. Available: https://helapco.gr/pdf/PV_Guide_Aug_2013.pdf. [Accessed 31 January 2021].
- [7] “HELAPCO_Net_Metering,” Hellenic Association of Photovoltaic Companies, [Online]. Available: https://helapco.gr/pdf/HELAPCO_Net_Metering.pdf. [Accessed 31 January 2021].
- [8] “Εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού (net metering),” ΔΕΔΔΗΕ, [Online]. Available: <https://www.deddie.gr/media/3485/%cf%83%cf%85%cf%87%ce%bd%ce%ad%cf%82-%ce%b5%cf%81%cf%89%cf%84%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82-%ce%b1%cf%80%ce%b1%ce%bd%cf%84%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82-%ce%b3%ce%b9%ce%b1-%cf%84%ce%b7%ce%bd-%ce%b5%cf%86%ce%b1%cf%81%ce%bc%>. [Accessed 10 September 2021].
- [9] “THE 17 GOALS Sustainable Development,” United Nations, [Online]. Available: <https://sdgs.un.org/goals>. [Accessed 22 May 2021].
- [10] “ΣΤΟΧΟΣ 7 - ΦΤΗΝΗ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ - Περιφερειακό Κέντρο Πληροφόρησης του ΟΗΕ - Greece,” United Nations, [Online]. Available: <https://unric.org/el/%cf%83%cf%84%ce%bf%cf%87%ce%bf%cf%83-7-%cf%86%cf%84%ce%b7%ce%bd%ce%b7-%ce%ba%ce%b1%ce%b9-%ce%ba%ce%b1%ce%b8%ce%b1%cf%81%ce%b7-%ce%b5%ce%bd%ce%b5%cf%81%ce%b3%ce%b5%ce%b9%ce%b1/>. [Accessed 22 May 2021].

- [11] “Ηλιακή_ Φωτοβολταϊκά,” Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, [Online]. Available: <https://ypen.gov.gr/energeia/ape/technologies/iliaki-fotovoltaika/>. [Accessed 10 September 2021].
- [12] “Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα-ΕΣΕΚ,” Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, November 2019. [Online]. Available: <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2019/11/%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%A3%CF%87%CE%AD%CE%B4%CE%B9%CE%BF-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE>. [Accessed 8 September 2021].
- [13] “Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector A review,” ScienceDirect, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113005777>. [Accessed 22 May 2021].
- [14] “Sustainable Urban Energy Is the Future,” United Nations, [Online]. Available: <https://www.un.org/en/chronicle/article/sustainable-urban-energy-future>. [Accessed 22 May 2021].
- [15] I. B. Franco, T. Chatterji, E. Derbyshire and J. Tracey, Actioning the Global Goals for Local Impact, 2020.
- [16] “Meteo,” [Online]. Available: <https://www.meteo.gr/>. [Accessed September 2021].
- [17] “Μελέτη επάρκειας ισχύος για την περίοδο 2020-2030,” ΑΔΜΗΕ, 2019. [Online]. Available: <https://www.admie.gr/sites/default/files/users/dssas/meleti-eparkeias-ishyos-2020-2030.pdf>. [Accessed September 2021].
- [18] “Μηνιαίο δελτίο ενέργειας,” ΑΔΜΗΕ, Ιούλιος 2021. [Online]. Available: https://www.admie.gr/sites/default/files/attached-files/type-file/2021/08/Energy_Report_202107_v1.pdf. [Accessed September 2021].
- [19] “Μεσοσταθμική τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο σύστημα-Έτος 2021.,” ΑΔΜΗΕ, 14 September 2021. [Online]. Available: <https://www.admie.gr/agora/enimerotika-deltia/mesostathmiki-timi-agoras>. [Accessed 15 September 2021].