



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

**ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ, ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ & ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΙΟΟΙΚΟΝΟΜΙΑ, ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΗ
ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**Η διείσδυση των φωτοβολταϊκών στις χώρες της ΕΕ ως
παράγοντας επίτευξης των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης**

Ελευθερία Ντάλλα

Πειραιάς 2023



UNIVERSITY OF PIRAEUS

SCHOOL OF ECONOMICS, BUSINESS AND INTERNATIONAL STUDIES

DEPARTMENT OF ECONOMICS

**MSc. in Bioeconomy, Circular Economy & Sustainable
Development**

**Photovoltaic penetration in EU countries as a factor in
achieving sustainable development goals**

Eleftheria Ntalla

Piraeus 2023

Περίληψη

Ο κόσμος προχωράει ταχέως προς μια παγκόσμια ατζέντα που καθοδηγείται από τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ). Οι στόχοι αυτοί συνεπάγονται μια πορεία προς τη βιώσιμη ανάπτυξη και η ηλιακή ενέργεια μπορεί να παίξει τον αρωγό σε αυτή την μετάβαση. Ο πιο γνωστός τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας είναι τα λεγόμενα φωτοβολταϊκά κύτταρα ή ηλιακοί συλλέκτες, και η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών προβλέπεται να επιταχυνθεί σε όλο τον κόσμο τα επόμενα χρόνια. Αυτό ισχύει τόσο για τα μεγαλεπήβολα έργα με επενδύσεις πολλών δισεκατομμυρίων όσο και για τα μικρά ηλιακά συστήματα που εγκαθίστανται σε ιδιωτικές κατοικίες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εμπορικές εγκαταστάσεις κ.ο.κ. Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, γνωστή και ως το Πράσινο Ντιλ της ΕΕ, φαίνεται να υιοθετεί αυτή τη σύσταση, προτείνοντας ένα πρόγραμμα πολιτικής για την ΕΕ ώστε αυτή να καταστεί κλιματικά ουδέτερη το 2050 και να μετασχηματίσει εγγενώς την κοινωνία και την οικονομία προς μια πιο βιώσιμη κατεύθυνση. Παρόλο που, ο στόχος μιας κλιματικά ουδέτερης ευρωπαϊκής ηπείρου είχε ήδη διατυπωθεί στη Συμφωνία των Παρισίων, πολλοί αξιωματούχοι της Επιτροπής θεωρούν το Πράσινο Ντιλ της ΕΕ ως μια άνευ προηγουμένου αλλαγή στις ευρωπαϊκές πολιτικές, επειδή καλύπτονται οι περισσότεροι τομείς, ενώ όλοι οι τομείς πολιτικής ευθυγραμμίζονται στο πλαίσιο ενός στόχου. Σε αυτή την εργασία επιδιώκουμε να μελετήσουμε την διείσδυση των φωτοβολταϊκών στις χώρες της ΕΕ ως παράγοντας επίτευξης των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης.

Abstract

The world is rapidly moving towards a global agenda driven by the Sustainable Development Goals (SDGs). These goals imply a path towards sustainable development and solar energy can play a facilitator in this transition. The best-known way of harnessing solar energy are the so-called photovoltaic cells or solar panels and the development of photovoltaics is projected to be worldwide accelerated in the upcoming years. This applies, both to mega projects with multi-billion dollar investments and small solar systems installed in private homes, industrial plants, commercial facilities and so on. The European Green Deal, seems to take this recommendation on board, proposing a policy agenda for the EU to become climate neutral in 2050 and inherently transform society and the economy into a more sustainable direction. Although, the goal of a climate neutral European continent was already articulated in the Paris Agreement, many Commission officials consider the EU Green Deal as an unprecedented change in European policies because it covers most sectors and all the policy areas are aligned under one goal. In this thesis we seek to study the penetration of PV in EU countries, as a factor in achieving sustainable development goals.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Περιεχόμενα.....	5
Κατάλογος Πινάκων.....	7
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	8
Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 1: Ηλιακή Ενέργεια.....	12
1.1. Η ηλιακή ενέργεια.....	12
1.2. Τρόποι αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.....	14
1.3. Φωτοβολταϊκά Συστήματα και ηλιακή ενέργεια.....	16
1.4. Παγκόσμιο επενδυτικό ενδιαφέρον.....	19
1.5. Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών έναντι μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	20
1.6. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	23
Κεφάλαιο 2: Το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής και της ενέργειας.....	24
2.1. Οι επιπτώσεις του μεταβαλλόμενου κλίματος.....	24
2.1.1. Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην οικονομία.....	28
2.2. Από το Πρωτόκολλο Κιότο στη Συμφωνία του Παρισιού.....	31
2.3. Ενεργειακή Πολιτική Ευρώπης.....	35
2.4. Ενεργειακός Χάρτης Πορείας για το 2050: Πράσινο Ντιλ της ΕΕ.....	37
Κεφάλαιο 3: Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης.....	40
3.1. Ιστορική αναδρομή.....	41
3.2. Ατζέντα 2030.....	43
3.3. Επίδραση του Covid-19 στους Σ.Β.Α.....	45
3.4. Ενεργειακή Μετάβαση και Σ.Β.Α.....	47
3.5. Ηλιακή ενέργεια και Σ.Β.Α.....	51
Κεφάλαιο 4: Διείσδυση φωτοβολταϊκών στην Ε.Ε.....	58
4.1. Κατάσταση των φωτοβολταϊκών στην ΕΕ μετά τη συμφωνία του Παρισιού.....	58
4.2. Τα φωτοβολταϊκά στην ΕΕ σε σχέση με τον υπόλοιπο κόσμο.....	63

4.3. Η αγορά της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια το 2030.....	65
4.4. Φωτοβολταικα σε στέγες σε επιλεγμένες χώρες.....	66
4.4.1. Η περίπτωση της Γερμανίας.....	68
4.4.2. Η περίπτωση της Ισπανίας.....	69
4.4.3. Η περίπτωση της Ελλάδας.....	70
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα.....	72
Αναφορές.....	76

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Δυνητικές επιπτώσεις των ηλιακών τεχνολογιών (φωτοβολταϊκά) στους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης. (σελ 55)

Κατάλογος Διαγραμμάτων

- Γράφημα 1: Τρόποι αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας. (σελ 15)
- Γράφημα 2: Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο. (σελ 17)
- Γράφημα 3: Επενδύσεις σε τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας παγκοσμίως από το 2004 έως το 2019. (σελ 19)
- Γράφημα 4: Η επίδραση των αλλαγών στην κατανομή της θερμοκρασίας στα ακραία φαινόμενα. (σελ 25)
- Γράφημα 5: Χάρτης εκτίμησης των επιπέδων έκθεσης των διαφόρων χωρών σε φυσικούς κινδύνους. (σελ 27)
- Γράφημα 6: Προβλέψεις ζημιών για το κλίμα σε ένα δεδομένο επίπεδο αύξησης της θερμοκρασίας με βάση τις εκτιμήσεις των Dietz και Stern (2014), Weitzman (2012) και Nordhaus (2013). (σελ 28)
- Γράφημα 7: Οι 17 στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης του ΟΗΕ. (σελ 42)
- Γράφημα 8: Αριθμός ετήσιων επιστημονικών εγγράφων (σελ 48)
- Γράφημα 9: Συνδεδεμένη και συσσωρευμένη φωτοβολταϊκή ισχύς (MW). (σελ 57)
- Γράφημα 10: Εξέλιξη εγκαταστάσεων ΑΠΕ. (σελ 59)
- Γράφημα 11: Ευρωπαϊκή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2030 για την κάλυψη του στόχου ΑΠΕ 35%. (σελ 60)
- Γράφημα 12: Ετήσιες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών στην ΕΕ. (σελ 62)
- Γράφημα 13: Εξέλιξη των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. (σελ 64)
- Γράφημα 14: Τεχνικό δυναμικό των φωτοβολταϊκών συστημάτων στέγης σε κάθε κράτος μέλος της ΕΕ εκφρασμένο σε GWh/έτος. (σελ 65)
- Γράφημα 15: Τεχνικές δυνητικές ικανότητες ηλεκτρικής ενέργειας των φωτοβολταϊκών σε στέγες στο σημερινό κτιριακό απόθεμα της ΕΕ και μερίδιο (%) του ανταγωνιστικού ως προς το κόστος των τεχνικών δυνητικών ικανοτήτων (σελ 66)

Εισαγωγή

Ο κόσμος προχωράει γρήγορα προς μια παγκόσμια ατζέντα που καθοδηγείται από τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ). Οι 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ) εγκρίθηκαν από τους παγκόσμιους ηγέτες και παρέχουν μια στρατηγική για τη μακροπρόθεσμη ανάπτυξη όλων των χωρών, εστιάζοντας στην οικονομική ανάπτυξη, την κοινωνική ένταξη και τη διατήρηση του περιβάλλοντος. Δικαίως υπάρχει προσανατολισμός προς την επίτευξη μιας ολοκληρωμένης ατζέντας μέσω των ΣΒΑ, η οποία όμως δεν επιτεύχθηκε επαρκώς με τους προηγούμενους Αναπτυξιακούς Στόχους της Χιλιετίας (ΑΣΧ).

Οι στόχοι αυτοί συνεπάγονται μια πορεία προς τη βιώσιμη ανάπτυξη και η ηλιακή ενέργεια μπορεί να παίξει τον αρωγό σε αυτή την μετάβαση. Τα πράσινα κτίρια, όπως ορίζονται από τους Dingetal. (2018), είναι εκείνα που ωφελούν το περιβάλλον. Η προώθηση και η εφαρμογή πρακτικών πράσινων κτιρίων οφείλει να γίνει έτσι κεντρικό στοιχείο της σύγχρονης πολιτικής κατεύθυνσης, καθώς θεωρείται ότι προωθεί υγιείς, ασφαλείς, άνετες και φιλικές προς το περιβάλλον κοινωνίες. Εκτιμάται ότι η θέρμανση και η ψύξη χώρων, καθώς και η παραγωγή ζεστού νερού, αντιπροσωπεύουν περίπου το ήμισυ της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Επειδή η θέρμανση χώρων και νερού κυριαρχείται από ορυκτά καύσιμα, και η ζήτηση ψύξης αυξάνεται ραγδαία σε έθνη με δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας πολύ υψηλής έντασης άνθρακα, αυτές οι τελικές χρήσεις αντιπροσωπεύουν σημαντικό δυναμικό για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, τη βελτίωση της ενεργειακής ασφάλειας και τη μείωση των εκπομπών CO₂. Τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης κτιρίων με χαμηλό ή μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα και υψηλή ενεργειακή απόδοση έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ έως το 2050 και έτσι να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί από τη Συμφωνία του Παρισιού, δηλαδή τη διατήρηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας πολύ κάτω από τους 2°C.

Η πλειονότητα αυτών των τεχνολογιών, όπως η ηλιακή θερμική ενέργεια, η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, οι αντλίες θερμότητας και η αποθήκευση θερμικής ενέργειας, είναι ήδη εμπορικά προσβάσιμες. Είναι η λιγότερο δαπανηρή πηγή ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντικαταστήσει μέρος της ενέργειας από ορυκτά καύσιμα ενώ παράλληλα η αγορά φωτοβολταϊκής ηλιακής ενέργειας έχει αποκτήσει τεχνολογική ωριμότητα και μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη αυτών των κλιματικών στόχων. Για αυτό και τα φωτοβολταϊκά έχουν σημειώσει αξιοσημείωτη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, κυρίως

λόγω της ευκολίας χρήσης του, καθώς και λόγω των διαφόρων πολιτικών που εφαρμόζουν οι κυβερνήσεις παγκοσμίως. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι η ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια, υπό τη μορφή των φωτοβολταϊκών, παρουσιάζει από το 2009 το μεγαλύτερο μερίδιο των νέων επενδύσεων στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτό θέτει τα φωτοβολταϊκά ως μία από τις πιο υποσχόμενες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης, όπως έχουν επισημάνει πολλές μελέτες, είτε ως μέσο για την επίτευξη κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, είτε ως λύση για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας με παράλληλη ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών προβλημάτων που συνδέονται με τα ορυκτά και πυρηνικά καύσιμα, είτε ως βιώσιμη επιλογή για την αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας. Επιπλέον, σχετικές μελέτες έχουν επισημάνει ότι αυτού του είδους τα συστήματα μπορούν να αποτελέσουν λύση για τον μετριασμό της ενεργειακής φτώχειας

Να σημειώσουμε ότι στις αστικές και προαστιακές περιοχές, τα φωτοβολταϊκά συστήματα τοποθετούνται συνήθως σε στέγες (κεραμοσκεπές ή επίπεδες). Για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το τοπικό δίκτυο χαμηλής τάσης ως εικονική αποθήκευση, χρησιμοποιώντας κάποιο είδος ρύθμισης μέτρησης/σύνδεσης με τον διαχειριστή του δικτύου.

Σε αυτή την εργασία επιδιώκουμε να μελετήσουμε την διείσδυση των φωτοβολταϊκών στις χώρες της ΕΕ ως παράγοντας επίτευξης των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης. Η διάρθρωση της εργασίας έχει ως εξής. Στο Κεφάλαιο 1 αναφερόμαστε στην ηλιακή ενέργεια, στο Κεφάλαιο στο ζήτημα της κλιματικής αλλαγής, στο Κεφάλαιο 3 στους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης και στο Κεφάλαιο 4 στην διείσδυση των φωτοβολταϊκών στην ΕΕ, ενώ στον επίλογο συνοψίζουμε τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας.

Κεφάλαιο 1: Ηλιακή Ενέργεια

1. Η ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο. Όπως και άλλα αστέρια, ο ήλιος είναι μια μεγάλη μπάλα αερίων που αποτελείται κυρίως από υδρογόνο και ήλιο. Ο ήλιος παράγει ενέργεια στον πυρήνα του με μια διαδικασία που ονομάζεται πυρηνική σύντηξη και εκπέμπει περισσότερη ενέργεια σε ένα δευτερόλεπτο από όση έχουν χρησιμοποιήσει οι άνθρωποι από την αρχή της ιστορίας τους. Κατά τη διάρκεια της πυρηνικής σύντηξης, η εξαιρετικά υψηλή πίεση και η θερμή θερμοκρασία του ήλιου αναγκάζουν τα άτομα υδρογόνου να διαχωρίζονται και οι πυρήνες τους (οι κεντρικοί πυρήνες των ατόμων) να συντήκονται ή να ενώνονται (Western Washington University, 2022). Τέσσερις πυρήνες υδρογόνου συντήκονται για να γίνουν ένα άτομο ηλίου. Όμως το άτομο του ηλίου ζυγίζει λιγότερο από τους τέσσερις πυρήνες που ενώθηκαν για να το σχηματίσουν. Κάποια ύλη χάνεται κατά την πυρηνική σύντηξη. Η χαμένη ύλη εκπέμπεται στο διάστημα ως ενέργεια ακτινοβολίας. Περίπου το 15 % της ενέργειας του ήλιου που προσπίπτει στη γη αντανακλάται πίσω στο διάστημα, ένα άλλο 30 τοις εκατό χρησιμοποιείται για την εξάτμιση του νερού, το οποίο, ανυψωμένο στην ατμόσφαιρα, παράγει βροχή (Colorado University, n.d.). Η ηλιακή ενέργεια απορροφάται επίσης από τα φυτά, τη γη και τους ωκεανούς. Το υπόλοιπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.

Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους ήδη από τον 7ο αιώνα π.Χ. όπου αντανακλούσαν τις ακτίνες του ήλιου πάνω σε γυαλιστερά αντικείμενα για να ανάψουν φωτιές. Αργότερα, τον 3ο αιώνα π.Χ., οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι αξιοποίησαν την ηλιακή ενέργεια με καθρέφτες για να ανάψουν πυρσούς, ενώ έχει καταγραφεί να κάνουν παρόμοια χρήση οι Κινέζοι το 20μ.Χ. για να ανάψουν πυρσούς για θρησκευτικές τελετές (Eere, n.d.). Το 1839 και σε ηλικία μόλις 19 ετών, ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό (ΦΒ) φαινόμενο, ενώ πειραματιζόταν με ένα ηλεκτρολυτικό κύτταρο αποτελούμενο από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια τοποθετημένα σε ένα ηλεκτρικά αγώγιμο διάλυμα - η παραγωγή ηλεκτρισμού αυξάνεται όταν εκτίθεται στο φως. Τις επόμενες δεκαετίες υπήρξε τεράστιο ενδιαφέρον για τις δυνατότητες της ηλιακής ενέργειας. Μεταξύ του 1880 και του 1914, σύμφωνα με μια εκτίμηση, δημοσιεύθηκαν σχεδόν πενήντα άρθρα

για την ηλιακή ενέργεια στο Scientific American, ένα από τα πιο έγκυρα περιοδικά με μεγάλη επιρροή (Miller, 2004).

Βέβαια, άλλο είναι το ενδιαφέρον για την ηλιακή ενέργεια και άλλο θέμα είναι η ανάπτυξη της εμπορικής χρήσης της ηλιακής ενέργειας σε μια εποχή που τα ορυκτά καύσιμα ήταν φθηνά και ευρέως διαθέσιμα και τα μειονεκτήματα της χρήσης τους δεν ήταν κατανοητά. Έτσι, οι πρώτες επιχειρηματικές προσπάθειες στον τομέα της ηλιακής ενέργειας, έλαβαν χώρα σε συγκεκριμένες τοποθεσίες όπου η χρήση του ήλιου αντί του άνθρακα είχε περισσότερο νόημα. Χαρακτηριστικά, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1890 αρκετές εταιρείες ηλιακών θερμοσιφώνων ξεκίνησαν στην Καλιφόρνια, η οποία είχε πολύ ήλιο και καθόλου άνθρακα (Richardson, 2022).

Η βιομηχανία ηλιακής ενέργειας παρουσίασε αυξημένη ζήτηση στη δεκαετία του 1970 λόγω του εμπάργκο πετρελαίου. Την δεκαετία του 1970 ο Dr. Elliot Berman, με τη βοήθεια της Exxon Corporation, σχεδιάζει ένα σημαντικά λιγότερο δαπανηρό ηλιακό κύτταρο, μειώνοντας την τιμή από 100 δολάρια το βατ σε 20 δολάρια το βατ. Οι ηλιακές κυψέλες αρχίζουν να τροφοδοτούν τα προειδοποιητικά φώτα πλοήγησης και τις κόρνες σε πολλές υπεράκτιες εξέδρες φυσικού αερίου και πετρελαίου, φάρους, σιδηροδρομικές διαβάσεις και οι οικιακές ηλιακές εφαρμογές άρχισαν να θεωρούνται λογικές εφαρμογές σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπου οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας που συνδέονται με το δίκτυο δεν μπορούσαν να ανταπεξέλθουν οικονομικά. Την ίδια δεκαετία ιδρύεται το Ινστιτούτο Μετατροπής Ενέργειας στο Πανεπιστήμιο του Delaware για την έρευνα και ανάπτυξη φωτοβολταϊκών και ηλιοθερμικών συστημάτων λεπτής μεμβράνης και γίνεται το πρώτο εργαστήριο παγκοσμίως αφιερωμένο στην έρευνα και ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1976, το Ερευνητικό Κέντρο Lewis της NASA αρχίζει να εγκαθιστά 83 φωτοβολταϊκά συστήματα σε κάθε ήπειρο εκτός από την Αυστραλία (Eere, n.d.).

Η ηλιακή ενέργεια συνέχισε να αυξάνεται με περισσότερα φορολογικά κίνητρα και πολιτικές υπέρ της ηλιακής ενέργειας, σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους του εξοπλισμού. Σήμερα, οι δορυφόροι, τα διαστημόπλοια που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη, τροφοδοτούνται από την ηλιακή ενέργεια. Η έρευνα και η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών θα συνεχίσει να παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον για νέα υλικά, σχέδια κυψελών και νέες προσεγγίσεις στην ανάπτυξη ηλιακών υλικών και προϊόντων. Τα φωτοβολταϊκά αξιοποιούνται τόσο σε μικρή κλίμακα (σε σπίτια) όσο και σε μεγάλη (ηλεκτρικές και

πετρελαϊκές εταιρείες). Προδιαγράφεται ένα μέλλον όπου τα ρούχα που θα φοράμε και ο τρόπος μεταφοράς μας θα μπορούσαν να παράγουν καθαρή και ασφαλή ενέργεια.

2. Οι τρόποι αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας

Ο πιο γνωστός τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας είναι τα λεγόμενα φωτοβολταϊκά κύτταρα ή ηλιακοί συλλέκτες, που βρίσκονται σε διαστημόπλοια μέχρι σε στέγες και φορητές αριθμομηχανές. Τα κύτταρα είναι κατασκευασμένα από ημιαγωγικά υλικά όπως αυτά που βρίσκονται στα τσιπ των υπολογιστών. Όταν το ηλιακό φως χτυπάει τις κυψέλες, χτυπάει ηλεκτρόνια από τα άτομά τους. Καθώς τα ηλεκτρόνια ρέουν μέσα στο κύτταρο, παράγουν ηλεκτρισμό. Σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα, τα ηλιοθερμικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές για τη συγκέντρωση της ηλιακής ενέργειας ως πηγή θερμότητας. Στη συνέχεια, η θερμότητα χρησιμοποιείται για να βράσει το νερό και να κινηθεί ένας ατμοστρόβιλος που παράγει ηλεκτρική ενέργεια με τον ίδιο τρόπο που παράγουν τα εργοστάσια άνθρακα και τα πυρηνικά εργοστάσια, παρέχοντας ηλεκτρική ενέργεια.

Σε μια άλλη τεχνική, χρησιμοποιείται μηχανικός εξοπλισμός, όπως αντλίες και ανεμιστήρες, και μια εξωτερική πηγή ενέργειας για να βοηθήσει στη θέρμανση του σπιτιού όταν η ηλιακή ενέργεια δεν είναι αρκετή. Αυτά ονομάζονται ενεργά συστήματα καθώς χρησιμοποιούν ειδικούς ηλιακούς συλλέκτες που μοιάζουν με κουτιά καλυμμένα με γυαλί. Οι σκουρόχρωμες μεταλλικές πλάκες στο εσωτερικό των κουτιών απορροφούν το ηλιακό φως και το μετατρέπουν σε θερμότητα (το μαύρο απορροφά το ηλιακό φως περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο χρώμα). Ο αέρας ή ένα υγρό ρέει μέσα από τους συλλέκτες και θερμαίνεται από αυτή τη θερμότητα. Ο θερμαινόμενος αέρας ή το υγρό διανέμεται στη συνέχεια στο υπόλοιπο σπίτι, όπως ακριβώς θα γινόταν με ένα συνηθισμένο σύστημα κλιβάνου. Οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως ψηλά στις στέγες, όπου μπορούν να συλλέξουν το περισσότερο ηλιακό φως. Τοποθετούνται επίσης στη νότια πλευρά της στέγης, όπου δεν υπάρχουν ψηλά δέντρα ή ψηλά κτίρια που θα τους σκιάζουν (Colorado University, n.d.).

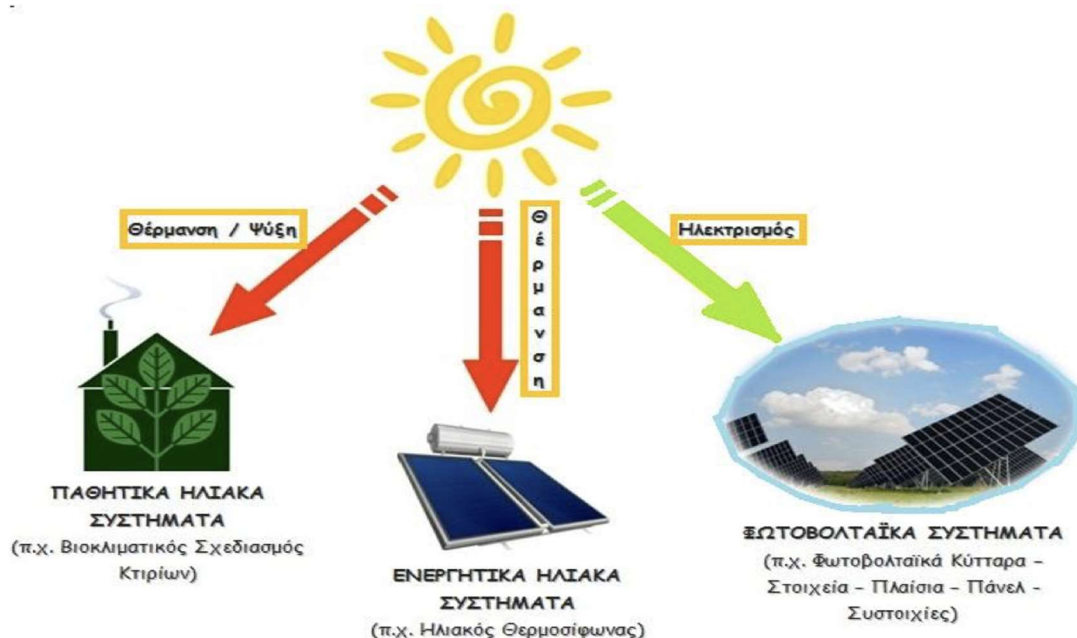
Άλλες ηλιακές τεχνολογίες είναι παθητικές. Για παράδειγμα, μεγάλα παράθυρα τοποθετημένα στην ηλιόλουστη πλευρά ενός κτιρίου επιτρέπουν στο ηλιακό φως να απορροφά θερμότητα από τα απορροφητικά υλικά στο δάπεδο και τους τοίχους. Αυτές οι επιφάνειες στη συνέχεια απελευθερώνουν τη θερμότητα τη νύχτα για να κρατήσουν το κτίριο

ζεστό (nationalgeographic, 2011). Ομοίως, απορροφητικές πλάκες σε μια οροφή μπορούν να θερμάνουν υγρό σε σωλήνες που τροφοδοτούν ένα σπίτι με ζεστό νερό. Να σημειώσουμε ότι, πολλοί ιδιοκτήτες σπιτιών εγκαθιστούν εξοπλισμό (όπως ανεμιστήρες για την κυκλοφορία του αέρα) για να αξιοποιήσουν περισσότερο τα παθητικά ηλιακά σπίτια τους. Όταν σε ένα παθητικό ηλιακό σπίτι προστίθεται ειδικός εξοπλισμός, το αποτέλεσμα ονομάζεται υβριδικό σύστημα.

Έτσι, ένας ηλιακός συλλέκτης κάνει τρία πράγματα:

1. Επιτρέπει το ηλιακό φως στο εσωτερικό του γυαλιού (ή του πλαστικού),
2. Απορροφά το ηλιακό φως και το μετατρέπει σε θερμότητα,
3. Παγιδεύει το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας στο εσωτερικό του.

Συνοψίζοντας, η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να γίνει μέσα από τα ηλιακά συστήματα τα οποία διακρίνονται σε θερμικά και φωτοβολταϊκά. Από τη μία, τα θερμικά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια κατευθείαν σε θερμότητα και διαιρούνται σε ενεργητικά και παθητικά. Από την άλλη τα φωτοβολταϊκά, μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Το Γράφημα 1 παρουσιάζει τους 3 τρόπους αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας. Στη παρούσα εργασία εστιάζουμε στα φωτοβολταϊκά συστήματα.

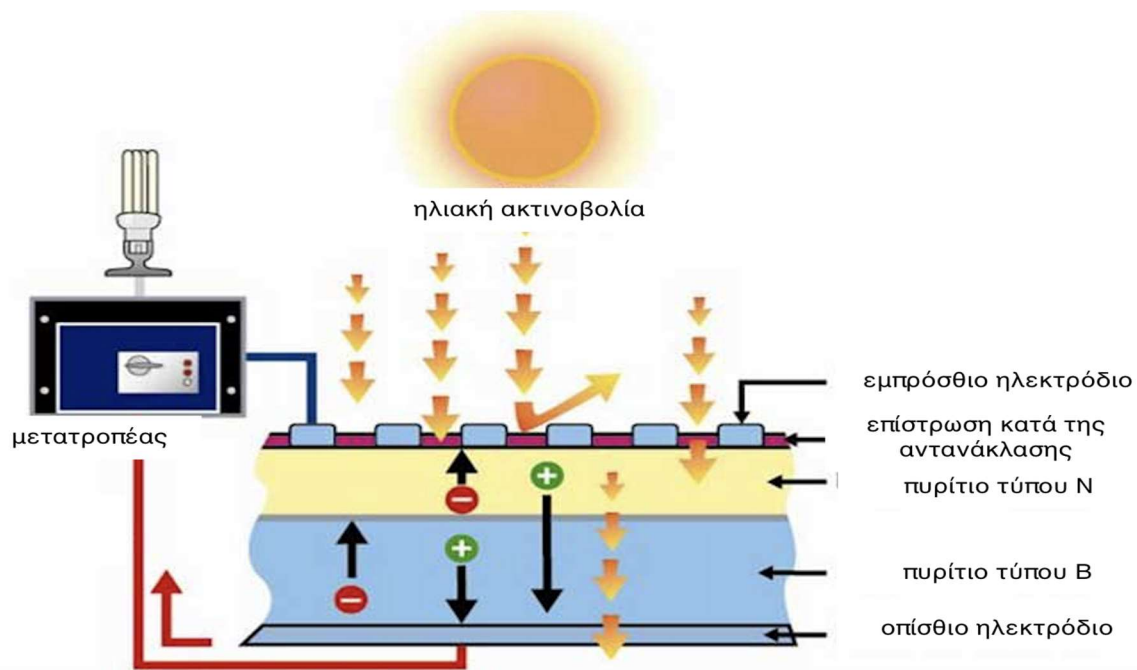


Γράφημα 1: Τρόποι αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας. Πηγή: Μήτσης και Γιαννισόπουλος, 2017.

1.3. Φωτοβολταϊκά Συστήματα και ηλιακή ενέργεια

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι μια διαδικασία που παράγει τάση ή ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο όταν αυτό εκτίθεται στο ηλιακό φως (Γράφημα 2). Αυτά τα ηλιακά κύτταρα αποτελούνται από δύο διαφορετικούς τύπους ημιαγωγών - έναν τύπου P και έναν τύπου N - που ενώνονται μεταξύ τους για να δημιουργήσουν μια ένωση P-N. Πιο αναλυτικά, ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο αποτελείται από δύο λεπτές φέτες πυριτίου που είναι τοποθετημένες μεταξύ τους και συνδεδεμένες σε μεταλλικά σύρματα. Η επάνω “φέτα” πυριτίου, που ονομάζεται στρώμα N, είναι πολύ λεπτή και έχει προστεθεί σε αυτήν μια χημική ουσία που παρέχει στο στρώμα περίσσεια ελεύθερων ηλεκτρονίων. Η κάτω “φέτα”, ή στρώμα P, είναι πολύ πιο παχιά και της έχει προστεθεί μια χημική ουσία ώστε να έχει πολύ λίγα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Όταν τα δύο στρώματα τοποθετούνται μαζί, συμβαίνει κάτι πολύ ενδιαφέρον - παράγεται ένα ηλεκτρικό πεδίο που εμποδίζει τα ηλεκτρόνια να ταξιδέψουν από το πάνω στρώμα στο κάτω στρώμα. Αυτή η μονόδρομη διασταύρωση με το ηλεκτρικό της πεδίο γίνεται το κεντρικό τμήμα του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Όταν το φωτοβολταϊκό στοιχείο εκτίθεται στο ηλιακό φως, δέσμες φωτεινής ενέργειας, γνωστές ως φωτόνια, μπορούν να εκτοξεύσουν μερικά από τα ηλεκτρόνια από το κάτω στρώμα P από τις τροχιές τους μέσω του ηλεκτρικού πεδίου που έχει δημιουργηθεί στη διασταύρωση P-N και να εισέλθουν στο στρώμα N. Το στρώμα N, με την αφθονία ηλεκτρονίων που διαθέτει, αναπτύσσει περίσσεια αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων. Αυτή η περίσσεια ηλεκτρονίων παράγει μια ηλεκτρική δύναμη που ωθεί τα πρόσθετα ηλεκτρόνια μακριά. Αυτά τα πλεονάζοντα ηλεκτρόνια ωθούνται μέσα στο μεταλλικό σύρμα πίσω στο κάτω στρώμα P, το οποίο έχει χάσει μερικά από τα ηλεκτρόνια του. Αυτό το ηλεκτρικό ρεύμα θα συνεχίσει να ρέει όσο ακτινοβολούμενη ενέργεια με τη μορφή φωτός προσπίπτει στο κύτταρο και η οδός ή το κύκλωμα παραμένει κλειστό.



Γράφημα 2: Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο. Πηγή: DOCTORSOLAR - Ιδία επεξεργασία.

Η αποδοτικότητα είναι ένα θέμα σχεδιασμού για τα φωτοβολταϊκά κύτταρα, καθώς υπάρχουν πολλοί παράγοντες που περιορίζουν την αποδοτικότητά τους. Ο κύριος παράγοντας είναι ότι το 1/4 της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στη Γη δεν μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια από έναν ημιαγωγό πυριτίου. Η φυσική των ημιαγωγών απαιτεί μια ελάχιστη ενέργεια φωτονίου για την απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από μια κρυσταλλική δομή, γνωστή ως ενέργεια του χάσματος ζώνης. Εάν ένα φωτόνιο έχει λιγότερη ενέργεια από το χάσμα ζώνης, το φωτόνιο απορροφάται ως θερμική ενέργεια. Για το πυρίτιο, η ενέργεια του χάσματος ζώνης είναι 1,12 ηλεκτρονιοβόλτ (Wolfson, 2012). Δεδομένου ότι η ενέργεια των φωτονίων από τον ήλιο καλύπτει ένα ευρύ φάσμα ενεργειών, ένα μέρος της εισερχόμενης ενέργειας από τον ήλιο δεν έχει αρκετή ενέργεια για να απομακρύνει ένα ηλεκτρόνιο σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου. Ακόμη και από το φως που μπορεί να απορροφηθεί, εξακολουθεί να υπάρχει πρόβλημα. Οποιαδήποτε ενέργεια πάνω από την ενέργεια του χάσματος ζώνης θα μετατραπεί σε θερμότητα. Αυτό μειώνει επίσης την αποδοτικότητα, επειδή αυτή η θερμική ενέργεια δεν χρησιμοποιείται για καμία χρήσιμη εργασία. Από τα ηλεκτρόνια που διατίθενται, δεν θα φτάσουν όλα στην επαφή με το μέταλλο και θα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Ορισμένα ηλεκτρόνια δεν θα επιταχυνθούν επαρκώς από την τάση στο εσωτερικό του ημιαγωγού ώστε να εγκαταλείψουν το σύστημα. Αυτά τα

φαινόμενα συνδυάζονται για να δημιουργήσουν μια θεωρητική απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων πυριτίου είναι περίπου 33% (Wolfson, 2012).

Υπάρχουν τρόποι βελτίωσης της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων, οι οποίοι συνοδεύονται από αυξημένο κόστος. Ορισμένες από αυτές τις μεθόδους περιλαμβάνουν την αύξηση της καθαρότητας του ημιαγωγού, τη χρήση ενός πιο αποδοτικού ημιαγωγικού υλικού, όπως το αρσενιούχο γάλλιο, με την προσθήκη πρόσθετων στρωμάτων ή επαφών p-n στο κύτταρο ή με τη συγκέντρωση της ενέργειας του ήλιου με τη χρήση συγκεντρωτικών φωτοβολταϊκών. Από την άλλη πλευρά, τα φωτοβολταϊκά κύτταρα θα υποβαθμιστούν επίσης, αποδίδοντας λιγότερη ενέργεια με την πάροδο του χρόνου, λόγω διαφόρων παραγόντων, όπως η έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία και οι καιρικές συνθήκες. Μια ολοκληρωμένη έκθεση του Εθνικού Εργαστηρίου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (NREL) αναφέρει ότι ο μέσος ρυθμός υποβάθμισης είναι 0,5% ετησίως.

Η τρέχουσα τεχνολογία φωτοβολταϊκών κυψελών δεν είναι πολύ αποδοτική. Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι συνήθως σε θέση να επεξεργαστούν το 15% έως 22% της ηλιακής ενέργειας σε αξιοποιήσιμη ενέργεια, ανάλογα με παράγοντες όπως η τοποθέτηση, ο προσανατολισμός, οι καιρικές συνθήκες και άλλα παρόμοια (Vournoulias, 2022). Η ποσότητα του ηλιακού φωτός που τα συστήματα ηλιακών συλλεκτών είναι σε θέση να μετατρέψουν σε πραγματική ηλεκτρική ενέργεια ονομάζεται απόδοση και το αποτέλεσμα καθορίζει την απόδοση των ηλιακών συλλεκτών.

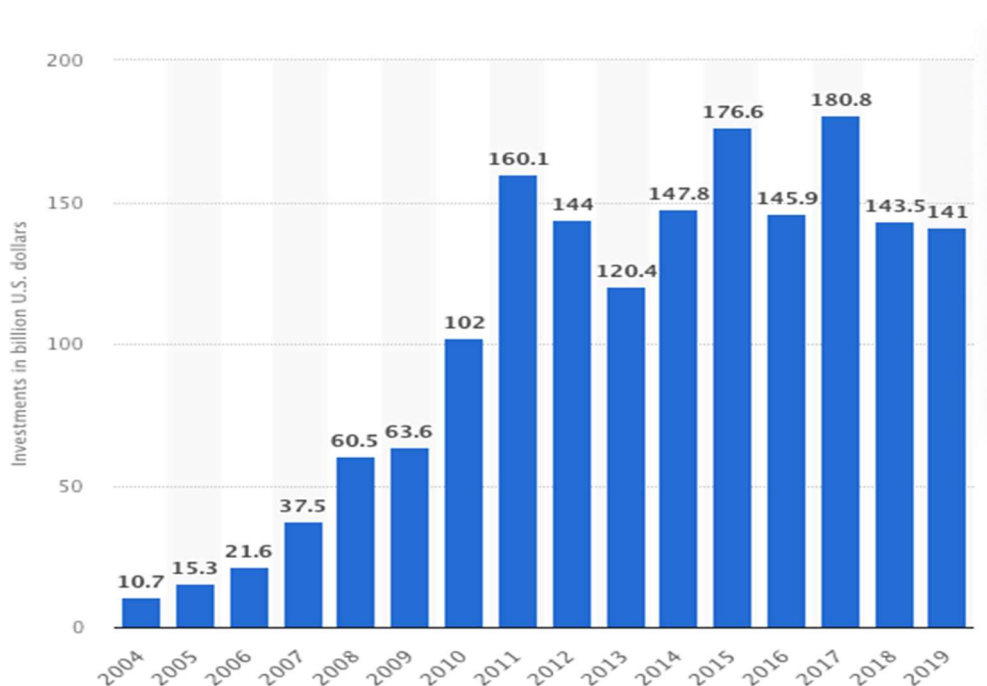
Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι η απόδοση ενός μεμονωμένου ηλιακού στοιχείου δεν ισοδυναμεί με την απόδοση των ηλιακών συλλεκτών (μονάδων) ως σύστημα. Ενώ η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών είναι γενικά γύρω στο 15-20%, η απόδοση των ηλιακών κυψελών μπορεί να φτάσει το 42% σε ορισμένες περιπτώσεις. Ωστόσο, εκτός εάν αναφέρεται διαφορετικά, η απόδοση των ηλιακών κυψελών μετράται σε εργαστηριακές συνθήκες. Επομένως, αν και το 42% είναι μια εντυπωσιακή απόδοση, οι εργαστηριακές συνθήκες είναι διαφορετικές από την πραγματική ζωή και αυτό δεν ισχύει για τους οικιακούς χρήστες (Vournoulias, 2022).

Οι μονάδες ορυκτών καυσίμων, από την άλλη πλευρά, μετατρέπουν το 33-38% της χημικής ενέργειας του καυσίμου τους σε ηλεκτρική ενέργεια (Steen, 2000). Το κόστος ανά κιλοβατώρα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι σήμερα τρεις έως τέσσερις φορές ακριβότερο από ό,τι από συμβατικές πηγές. Ωστόσο, οι φωτοβολταϊκές κυψέλες έχουν νόημα για πολλές χρήσεις σήμερα, όπως η παροχή ενέργειας

σε απομακρυσμένες περιοχές ή άλλες περιοχές όπου η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας είναι δύσκολη. Οι επιστήμονες ερευνούν τρόπους βελτίωσης της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών κυψελών ώστε να καταστεί πιο ανταγωνιστική σε σχέση με τις συμβατικές πηγές.

1.4. Παγκόσμιο επενδυτικό ενδιαφέρον

Ένας τεράστιος σωρός περιβαλλοντικών, οικονομικών και πολιτικών προβλημάτων, τα οποία συσσωρεύτηκαν τις τελευταίες δεκαετίες στο πλαίσιο της πλήρους εξάρτησης των δυτικών οικονομιών από τα ορυκτά καύσιμα, προκαλεί ανησυχία στους καταναλωτές με τη μορφή υψηλών τιμών για το φυσικό αέριο και την ηλεκτρική ενέργεια. Είναι ενθαρρυντικό ότι παρατηρείται ραγδαία ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών, καθώς επίσης αύξηση της χρηματοδότησης των ηλιακών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Όλα αυτά έχουν καταστήσει τον τομέα αυτό ανταγωνιστική εναλλακτική λύση έναντι των ορυκτών καυσίμων. Το Γράφημα 3 παρουσιάζει τις παγκόσμιες επενδύσεις σε τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας μεταξύ 2004 και 2019. Το 2019, οι παγκόσμιες επενδύσεις στον τομέα αυτό ανήλθαν σε περίπου 141 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ. Η Ευρώπη, η Κίνα και οι Ηνωμένες Πολιτείες είναι οι κύριοι επενδυτές στον τομέα αυτό.



Γράφημα 3: Επενδύσεις σε τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας παγκοσμίως από το 2004 έως το 2019. Πηγή: Statista, 2023.

Η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών προβλέπεται να επιταχυνθεί σε όλο τον κόσμο τα επόμενα χρόνια. Αυτό ισχύει τόσο για τα μεγαλεπήβολα έργα με επενδύσεις πολλών δισεκατομμυρίων όσο και για τα μικρά ηλιακά συστήματα που εγκαθίστανται σε ιδιωτικές κατοικίες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εμπορικές εγκαταστάσεις κ.ο.κ. Για παράδειγμα, στην πρωτεύουσα της Γερμανίας (μια από τις πρωτοπόρους ευρωπαϊκές χώρες στην αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας), από τις αρχές του 2023 θα τεθεί σε ισχύ η εντολή για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στις στέγες όλων των νέων κτιρίων ή των κτιρίων που έχουν υποστεί επισκευές στις στέγες. Προφανώς, αυτή η τάση αύξησης του μεριδίου των ΑΠΕ στο παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα θα συνοδεύεται από την ταχεία ανάπτυξη της βιομηχανίας εξόρυξης και επεξεργασίας πυριτίου, παραγωγής φωτοβολταϊκών μονάδων και μηχανικής. Αυτό θα προκαλέσει αύξηση της μακροπρόθεσμης τραπεζικής χρηματοδότησης, καθώς και των εμπορικών και βιομηχανικών δανείων στον τομέα της ηλιακής ενέργειας και των συναφών τομέων (ESFC, 2023).

1.5. Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών έναντι μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Τα πλεονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας είναι πολλά με κυριότερο ότι μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και τα αέρια του θερμοκηπίου. Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, η ηλιακή ενέργεια δεν χρησιμοποιεί ρύπους και δεν χρειάζεται άλλους πόρους για να λειτουργήσει εκτός από καθαρό νερό. Τα δάση, όπως και τα φωτοβολταϊκά πάρκα, προσφέρουν οφέλη για την αλλαγή του κλίματος. Για να είμαστε σαφείς, τα δάση προσφέρουν τεράστια οφέλη που δεν έχουν καμία σχέση με τη δέσμευση του άνθρακα, μεταξύ άλλων χρησιμεύοντας ως κρίσιμος βιότοπος για την αυτοφυή χλωρίδα και πανίδα, φιλτράροντας το πόσιμο νερό, αποτρέποντας τη διάβρωση και παρέχοντας γραφικά και ψυχαγωγικά οφέλη σε εκατομμύρια ανθρώπους. Ωστόσο, όσον αφορά το σημαντικό ζήτημα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, ένα στρέμμα ηλιακών συλλεκτών φαίνεται να αντισταθμίζει περισσότερες εκπομπές κάθε χρόνο από ό,τι μπορεί να δεσμεύσει ένα στρέμμα φυτεμένο με δέντρα.

Χαρακτηριστικά, στη Βιρτζίνια, όπου η κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι το φυσικό αέριο, η ένταση των εκπομπών της ηλεκτρικής ενέργειας είναι 679 κιλά διοξειδίου του άνθρακα ανά μεγαβατώρα (MWh), χωρίς να περιλαμβάνονται άλλα αέρια του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με το Εθνικό Εργαστήριο LawrenceBerkeley, η ηλιακή ενέργεια σε κλίμακα

κοινής ωφέλειας παράγει μεταξύ 394 και 447 MWh ανά στρέμμα ετησίως. Έτσι, ένα στρέμμα ηλιακών συλλεκτών που παράγει ηλεκτρική ενέργεια χωρίς εκπομπές εξοικονομεί από 267.526 έως 303.513 λίβρες ή 121 έως 138 μετρικούς τόνους διοξειδίου του άνθρακα ετησίως. Συγκριτικά, σύμφωνα με την EPA, το μέσο στρέμμα δάσους στις Ηνωμένες Πολιτείες δεσμεύει 0,84 μετρικούς τόνους διοξειδίου του άνθρακα ετησίως. Έτσι, ένα στρέμμα ηλιακών συλλεκτών στη Βιρτζίνια μειώνει περίπου 144 έως 166 φορές περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα ετησίως από ό,τι ένα στρέμμα δάσους (Eisensohn, 2022).

Βέβαια, προκύπτει και το ερώτημα τι γίνεται με τον άνθρακα που απελευθερώνεται όταν αφαιρείται ένα στρέμμα δάσους. Σύμφωνα με την EPA, το μέσο στρέμμα δάσους περιέχει 81 μετρικούς τόνους άνθρακα, αν και ο ακριβής αριθμός εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα είδη των δέντρων του δάσους. Περίπου το ήμισυ αυτής της ποσότητας δεσμεύεται στο έδαφος. Ακόμη και αν και οι 81 μετρικοί τόνοι άνθρακα, που περιλαμβάνουν 297 μετρικούς τόνους διοξειδίου του άνθρακα, απελευθερωθούν κατά τη μετατροπή σε ηλιακό πάρκο, οι εκπομπές αυτές θα αντισταθμιστούν εντός 2-3 ετών λειτουργίας (Eisensohn, 2022).

Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι ότι τα ηλιακά πάνελ μειώνουν την εξάρτηση από το εθνικό δίκτυο και τις οικιακές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επενδύοντας σε ένα σύστημα ηλιακών συλλεκτών και μπαταριών αποθήκευσης, μπορούν να εξοικονομηθούν έως και 70% από τους λογαριασμούς ενέργειας και ταυτόχρονα να μειωθεί σημαντικά το αποτύπωμα άνθρακα. Σύμφωνα με το EnergySavingTrust (2022), ένα μέσο σπίτι στο Ηνωμένο Βασίλειο που εφαρμόζει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα θα μπορούσε να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 1,3 έως 1,6 τόνους ετησίως. Έτσι, ενώ η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μην είναι σε θέση να οδηγήσει σε πλήρη ανεξαρτητοποίηση από το εθνικό δίκτυο, έχει τη δυνατότητα να ωφελήσει ωστόσο σημαντικά τις κατοικίες και το περιβάλλον.

Ακόμα, ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται και άρα οι μη ανανεώσιμοι πόροι προβλέπεται ότι θα εξαντληθούν στο μέλλον. Όμως η ενέργεια που αξιοποιείται από τον ήλιο, η πηγή ενέργειας ενός ηλιακού συστήματος, είναι απεριόριστη όσο υπάρχει ήλιος. Αυτό μειώνει την πίεση σε πεπερασμένους πόρους όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, οι οποίοι συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι ότι τα ηλιακά πάνελ είναι μακράς διάρκειας. Αν και υπάρχουν πολλά περιθώρια βελτίωσης στη διαδικασία κατασκευής, οι ηλιακές τεχνολογίες έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής - διαρκούν περίπου 30 χρόνια, με σχετικά χαμηλό κόστος συντήρησης. Φυσικά, και αυτό ωφελεί τελικά το περιβάλλον, με λιγότερες ανάγκες

αντικατάστασης και συντήρησης, οι οποίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε όγκο αποβλήτων.

Όπως κάθε διαδικασία παραγωγής, έτσι και η κατασκευή ηλιακών συλλεκτών απαιτεί τη χρήση νερού. Ωστόσο, η συνολική ποσότητα νερού που απαιτείται για την ηλιακή ενέργεια εξακολουθεί να είναι σημαντικά μικρότερη από άλλες πηγές ενέργειας, οι οποίες χρειάζονται νερό για σκοπούς ψύξης. Εφόσον οι ηλιακοί συλλέκτες δεν καταναλώνουν νερό και δεν εκπέμπουν ρύπους, η εγκατάσταση ενός ηλιακού συλλέκτη επιτρέπει σε ένα νοικοκυριό να μειώσει τόσο τη χρήση νερού όσο και την ατμοσφαιρική ρύπανση που συνδέεται με την ηλεκτρική ενέργεια του δικτύου. Συγκεκριμένα, έρευνες διαπιστώνουν ότι οι ηλιακοί συλλέκτες στο Τέξας έχουν πολύ μεγάλο και θετικό αντίκτυπο τόσο στο νερό όσο και στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, μειώνοντας το συνδυασμένο αποτύπωμα ενός νοικοκυριού κατά περίπου 75% (Spiller, 2017).

Ακόμα, η ηλιακή ενέργεια αυξάνει την αξία των ακινήτων. Συγκεκριμένα, κάθε κιλοβάτ εγκατεστημένης ηλιακής ενέργειας αυξάνει τη συνολική αξία μεταπώλησης ενός ακινήτου. Σύμφωνα με το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (NationalRenewableEnergyLaboratory), κάθε δολάριο που εξοικονομεί ένας ηλιακός θερμοσίφωνας από τους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνει την αξία του σπιτιού κατά 20 δολάρια. Και σύμφωνα με το Zillow, τα σπίτια με ηλιακούς συλλέκτες πωλούνται κατά 4% υψηλότερα από εκείνα χωρίς αυτούς (Brill, 2022). Παρατηρείται ότι η ζήτηση για ηλιακούς συλλέκτες είναι υψηλότερη από ποτέ, με τους αγοραστές σπιτιών να αποκτούν όλο και μεγαλύτερη περιβαλλοντική συνείδηση και ταυτόχρονα να θέλουν να εξοικονομήσουν χρήματα. Αυτή η ζήτηση είναι που συχνά αυξάνει την αξία των σπιτιών που διαθέτουν ηλιακούς συλλέκτες. Έτσι, οι ηλιακές τεχνολογίες μπορούν σίγουρα να θεωρηθούν μακροπρόθεσμη επένδυση για τον ιδιοκτήτη σπιτιού.

Τέλος, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε γη που δεν αξιοποιείται επαρκώς. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να τοποθετηθεί σχεδόν οπουδήποτε, γεγονός που σημαίνει ότι αναξιοποίητη γη ή κατοικήσιμες περιοχές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ηλιακούς συλλέκτες χωρίς να διαταράσσεται σε σημαντικό βαθμό η βιοποικιλότητα. Βέβαια, όπως επισημαίνουν και οι Pascaris et al. (2021) οι διασυνδέσεις μεταξύ των διαφόρων διαστάσεων της κοινωνικής αποδοχής υποδηλώνουν ότι η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών εξαρτάται από την υιοθέτηση της τεχνολογίας από την αγορά μέσω της κοινοτικής αποδοχής και του υποστηρικτικού τοπικού ρυθμιστικού περιβάλλοντος. Καθώς τα φωτοβολταϊκά συστήματα

ξεπερνούν τις εξειδικευμένες εφαρμογές για να γίνουν μεγαλύτερες και πιο διαδεδομένες, οι διαστάσεις της κοινωνικής αποδοχής, συμπεριλαμβανομένων των ευκαιριών και των εμποδίων που συνδέονται με κάθε διάσταση, μπορούν να βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεων για την ενίσχυση της ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών. Χρειάζεται δηλαδή συνεννόηση μεταξύ των σχεδιαστών χρήσεων γης, των προγραμματιστών ηλιακών συστημάτων και των δημοτικών αρχών ώστε να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις που ενσωματώνουν στρατηγικά και ουσιαστικά τη γεωργία και την ηλιακή ενέργεια. Μια σωστή συνεννόηση είναι το κλειδί για τα πολλαπλά οφέλη, όπως η διατήρηση της γεωργικής γης, η τοπική οικονομική ανάπτυξη και η ευρεία υιοθέτηση των τεχνολογιών ηλιακής ενέργειας.

1.6. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Παρά την ικανότητα της ηλιακής ενέργειας να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, να δημιουργεί θέρμανση και μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των νοικοκυριών, το κόστος και η αποδοτικότητα εξακολουθούν να αποτελούν τα βασικά εμπόδια που την εμποδίζουν να υιοθετηθεί σε ευρεία κλίμακα. Ενώ τα συστήματα ηλιακών συλλεκτών τελικά αποσβέσουν το κόστος τους, η διάρκεια ζωής της τεχνολογίας τείνει να παραβλέπεται σε μεγάλο βαθμό. Ουσιαστικά θα έπρεπε να περάσει από τη σωστή διαδικασία ανακύκλωσης, κάτι που πολλές φορές δεν λαμβάνεται υπόψη με αποτέλεσμα να δημιουργούνται απόβλητα. Χαρακτηριστικά, η διάρκεια ζωής των σύγχρονων φωτοβολταϊκών μπορεί να κυμαίνεται από 30 έως 50 χρόνια. Το κάδμιο χρησιμοποιείται για την υψηλή απόδοση ορισμένων φωτοβολταϊκών και δεν έχουν ληφθεί οικολογικά αποδεκτά μέτρα για την αξιοποίηση του καδμίου που έχει λήξει. Έτσι, οι ηλιακοί συγκεντρωτές μπορούν να αλλοιώσουν τις ιδιότητες της Γης και να αλλάξουν τη πανίδα της καθώς και τη σύσταση του αέρα που συνδέεται με την αντανάκλαση του φωτός του ήλιου (Ugli, 2019). Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να αλλάξει την υγρασία, το θερμικό ισοζύγιο και την κατεύθυνση του ανέμου. Αν αναλογιστεί κανείς επίσης την ενέργεια που χρειάζεται για την εξόρυξη, την κατασκευή και την απόρριψη, υπάρχουν πολλά ερωτήματα σχετικά με το αν η ηλιακή ενέργεια είναι πραγματικά καθαρή.

Κεφάλαιο 2: Το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής και της ενέργειας

2.1. Οι επιπτώσεις του μεταβαλλόμενου κλίματος

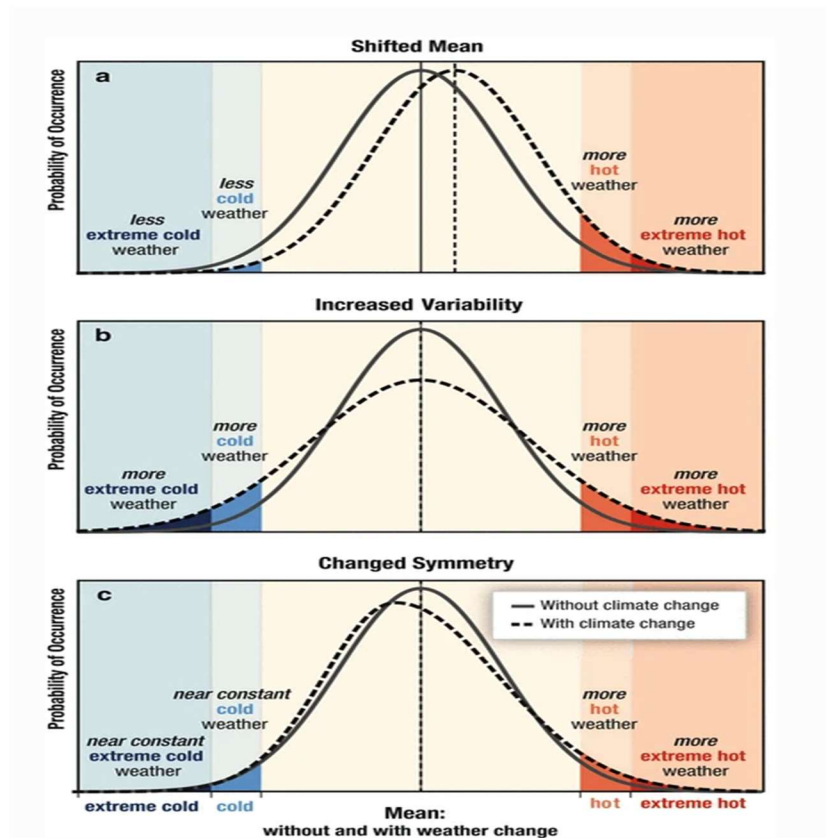
Οι φυσικοί κίνδυνοι που οδηγούν σε φυσικές καταστροφές μπορούν να προκαλέσουν τεράστιες επιπτώσεις στις κοινωνίες, το περιβάλλον και την οικονομία των χωρών που πλήττονται. Οι τομείς που συνδέονται στενά με το κλίμα, όπως η γεωργία, ο τουρισμός και το νερό, αντιμετωπίζουν μεγάλη επιβάρυνση από τα ακραία φαινόμενα. Ορισμένες μορφές ακραίων κλιματικών φαινομένων έχουν αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Ένα βασικό ερώτημα που προσπαθεί να απαντήσει η βιβλιογραφία είναι η σύνδεσή τους με την ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή και πώς θα επηρεάσει η αλλαγή του κλίματος την εμφάνιση φυσικών κινδύνων στο μέλλον.

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC¹) δημοσίευσε το 2012 μια ειδική έκθεση για τα ακραία φαινόμενα και τις καταστροφές. Στην έκθεση αυτή, η IPCC αξιολόγησε τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στα ακραία γεγονότα και τις συνέπειες αυτών των γεγονότων για την κοινωνία και το περιβάλλον, καθώς και τις επιπτώσεις στη διαχείριση των κινδύνων (IPCC 2012α). Η εμπειρογνωμοσύνη από την επιστήμη της κλιματικής αλλαγής και της διαχείρισης κινδύνου καταστροφών συνδυάστηκε με επιστήμονες με γνώσεις στην προσαρμογή, την τρωτότητα και την ανάλυση επιπτώσεων. Αυτό το έγγραφο των 592 σελίδων αποτελεί διεπιστημονική συμβολή από περισσότερους από 200 συγγραφείς από 62 χώρες- παραθέτει χιλιάδες επιστημονικές μελέτες και έχει υποβληθεί σε τρεις γύρους αναθεώρησης από εμπειρογνώμονες και κυβερνήσεις, διασφαλίζοντας ότι τα αποτελέσματα είναι επιστημονικά ορθά και διαφανή.

Η εν λόγω έκθεση καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα ακραία κλιματικά φαινόμενα αποτελούν φυσικό μέρος του κλιματικού συστήματος, ωστόσο *“Η αλλαγή του κλίματος οδηγεί σε αλλαγές στη συχνότητα, την ένταση, τη χωρική έκταση, τη διάρκεια και τον χρόνο των ακραίων καιρικών και κλιματικών φαινομένων και μπορεί να οδηγήσει σε πρωτοφανή ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα”* (IPCC 2012β). Επομένως, τα ακραία φαινόμενα μπορεί να είναι συνέπεια της μεταβολής της μέσης τιμής του κλίματος, της διακύμανσης ή

¹Είναι μια επιστημονική διακυβερνητική επιτροπή υπό την αιγίδα του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών και ιδρύθηκε το 1988 από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό και το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών.

της πιθανότητας. Μια μετατόπιση στη μέση τιμή, για παράδειγμα, της κατανομής της θερμοκρασίας θα μπορούσε να αυξήσει τις ακραίες ζεστές καιρικές συνθήκες και να μειώσει τις ακραίες ψυχρές καιρικές συνθήκες. Η αυξημένη μεταβλητότητα θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση τόσο των ακραίων θερμών όσο και των ψυχρών καιρικών συνθηκών (Γράφημα 4). Ποσοστιαία η μεγαλύτερη μεταβολή καταγράφεται στις ουρές της συνάρτησης κατανομής πιθανότητας των κλιματικών μεταβλητών (Trenberth 2011), όπου καταγράφονται τα ακραία κλιματικά φαινόμενα.



Γράφημα 4: Η επίδραση των αλλαγών στην κατανομή της θερμοκρασίας στα ακραία φαινόμενα. Διαφορετικές αλλαγές στην κατανομή της θερμοκρασίας μεταξύ του σημερινού και του μελλοντικού κλίματος και οι επιπτώσεις τους στις ακραίες τιμές των κατανομών: (α) επιπτώσεις μιας απλής μετατόπισης ολόκληρης της κατανομής προς ένα θερμότερο κλίμα- (β) επιπτώσεις μιας αύξησης της μεταβλητότητας της θερμοκρασίας χωρίς μετατόπιση του μέσου όρου- (γ) επιπτώσεις μιας αλλαγής του σχήματος της κατανομής, σε αυτό το παράδειγμα μια αλλαγή στην ασυμμετρία προς το θερμότερο τμήμα της κατανομής.

Πηγή: IPCC 2012β.

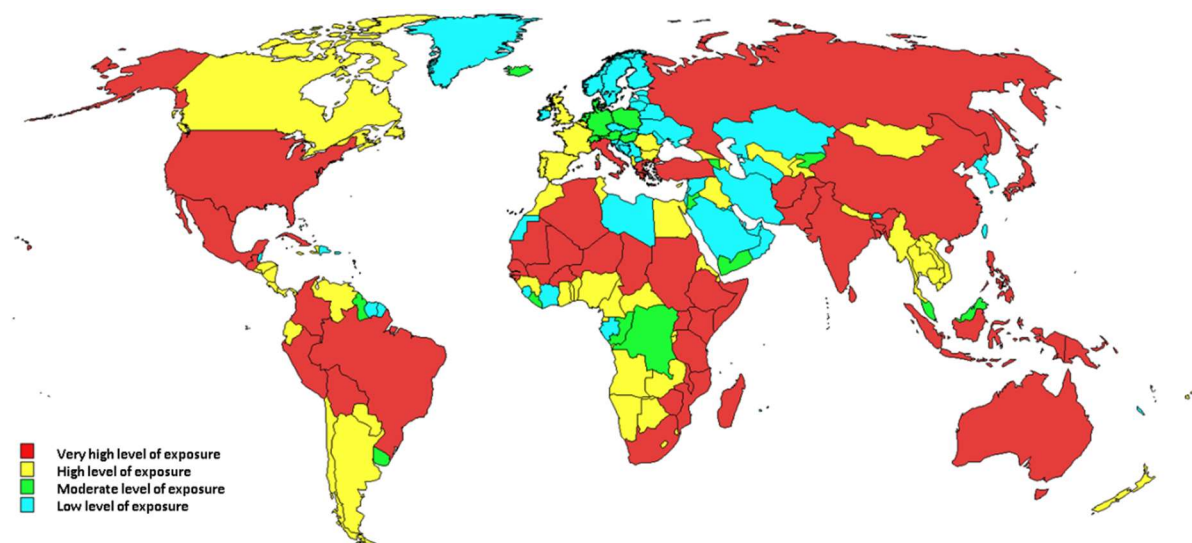
Παράλληλα με αυτή την ανάλυση μιας μεταβαλλόμενης κατανομής πιθανοτήτων, οι Hansenetal (2012) απεικονίζουν τη μετατόπιση της κατανομής της παγκόσμιας ανωμαλίας της θερμοκρασίας τα τελευταία 30 χρόνια αναλύοντας τις προηγούμενες καλοκαιρινές θερμοκρασίες και εκφράζοντάς τες σε μονάδες τυπικής απόκλισης. Παρουσιάζουν πώς η κατανομή της ανωμαλίας έχει διευρυνθεί τις τελευταίες τρεις δεκαετίες σε σχέση με τον μέσο όρο της περιόδου 1951-1980, καθιστώντας τα ακραία θερμά καλοκαίρια πιο συχνά. Διαπίστωσαν επίσης ότι το ποσοστό της παγκόσμιας χερσαίας έκτασης που βιώνει ακραίες θερμές καλοκαιρινές εξάρσεις έχει αυξηθεί σημαντικά, κατά περισσότερο από μια τάξη μεγέθους.

Μέχρι σήμερα, μόνο λίγες μελέτες έχουν επιχειρήσει την απόδοση ακραίων συμβάντων- για παράδειγμα, ο καύσωνα στην Ευρώπη το 2003 (Stottetal. 2004) ή στη Μόσχα το 2010 (Doleetal. 2010), η πλημμύρα στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2000 (Palletal. 2011) και τα αυξημένα ακραία γεγονότα βροχόπτωσης στο βόρειο ημισφαίριο (Minetal. 2011) έχουν αποτελέσει αντικείμενο έρευνας για την απόδοση συμβάντων. Ορισμένες μελέτες διαπίστωσαν ότι ένα ορισμένο ποσοστό της αιτίας των κλιματικών ακραίων συμβάντων μπορεί να αποδοθεί στην ανθρώπινη επίδραση στο κλίμα, ενώ άλλες όχι.

Στην περίπτωση του ευρωπαϊκού καύσωνα του 2003, οι Stott κ.ά. (2004) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ανθρώπινη επιρροή έχει τουλάχιστον διπλασιάσει τον κίνδυνο καύσωνα με μέσες καλοκαιρινές θερμοκρασίες τόσο υψηλές όσο αυτές που καταγράφηκαν στην Ευρώπη το 2003. Οι Palletal. (2011) εξέτασαν το πλημμυρικό γεγονός που συνέβη στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2000 κατά τη διάρκεια του πιο βροχερού καλοκαιριού από την έναρξη των καταγραφών το 1766. Διαπίστωσαν ότι σε εννέα από τις δέκα περιπτώσεις τα αποτελέσματα των μοντέλων τους έδειξαν ότι οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου του εικοστού αιώνα αύξησαν τον κίνδυνο πλημμυρών που σημειώθηκαν στην Αγγλία και την Ουαλία το φθινόπωρο του 2000 κατά περισσότερο από 20 % και σε δύο από τις τρεις περιπτώσεις κατά περισσότερο από 90 %". Παρομοίως, οι Minetal. (2011) εξέτασαν την αυξημένη ένταση των ακραίων βροχοπτώσεων στο βόρειο ημισφαίριο και διαπίστωσαν ότι η ανθρωπογενής επιρροή της αύξησης της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου έπαιξε ρόλο στο πρότυπο των ακραίων βροχοπτώσεων.

Μελέτες που αξιολόγησαν τον ανθρώπινο αντίκτυπο στο ρωσικό κύμα καύσωνα του 2010 δημοσίευσαν αμφιλεγόμενα αποτελέσματα. Οι Dole et al. (2011) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το κύμα καύσωνα ήταν πιθανότατα φυσικής προέλευσης, οι Rahmstorf και

Camou (2011) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι επηρεάστηκε από ανθρωπογενή επίδραση. Είναι σημαντικό λοιπόν να σημειωθεί ότι δεν οφείλονται όλα τα ακραία κλιματικά φαινόμενα στις ανθρώπινες επιπτώσεις στο κλίμα. Οι Perlwitz et al. (2009) έδειξαν ότι το ψυχρό κύμα στη Βόρεια Αμερική το 2008 οφειλόταν κυρίως στην ψύξη της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας στον τροπικό Ειρηνικό, η οποία αποτελεί μέρος της φυσικής μεταβλητότητας των ωκεανών. Ωστόσο, διαπίστωσαν επίσης ότι η ψύξη αντισταθμίστηκε εν μέρει από τη συνεχιζόμενη επίδραση του ανθρώπου στο κλίμα.

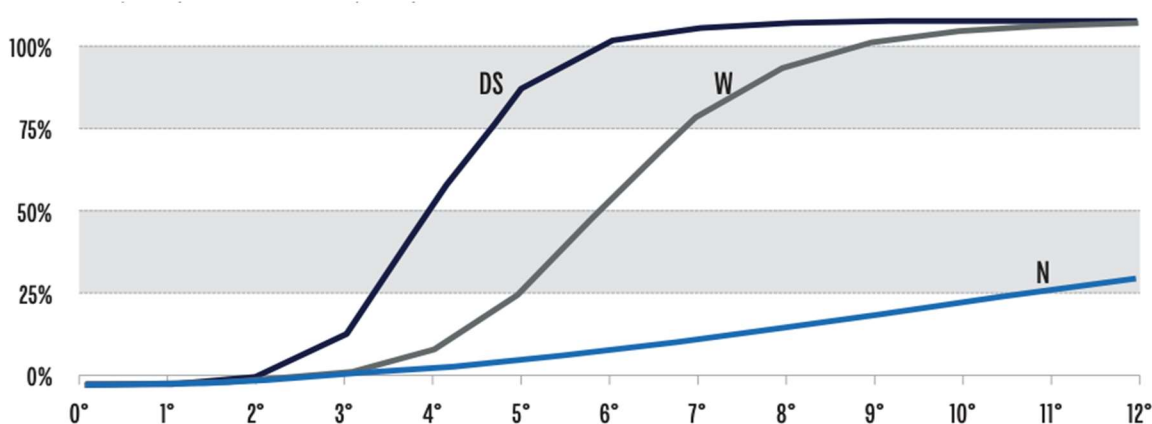


Γράφημα 5: Χάρτης εκτίμησης των επιπέδων έκθεσης των διαφόρων χωρών σε φυσικούς κινδύνους. Πηγή: André (2012)

Συνοψίζοντας, τα ακραία καιρικά φαινόμενα έχουν συμβεί στο παρελθόν και θα συνεχίσουν να συμβαίνουν και στο μέλλον. Το πιθανότερο, ωστόσο, είναι ότι η συχνότητα και η ένταση των ακραίων φαινομένων θα μεταβληθούν, καθώς το περιβάλλον στο οποίο συμβαίνουν έχει μεταβληθεί λόγω της κλιματικής αλλαγής (Banholzer et al., 2014). Οι περισσότερες εκτεθειμένες χώρες σε καταστροφικά φυσικά φαινόμενα όπως φαίνεται και στο Γράφημα 5 είναι οι ΗΠΑ, το Μεξικό, το βόρειο τμήμα της Νότιας Αμερικής, η Μικρά Ασία, η Κεντρική και Ανατολική Ασία, η Ωκεανία και η Υποσαχάρια Αφρική, το Σουδάν και η Ανατολική Αφρική. Όσον αφορά την Ευρώπη, που είναι και η περιοχή ενδιαφέροντος μας, υψηλές τιμές παρατηρούνται στις ακτές του Ατλαντικού και πολύ υψηλές στη Μεσόγειο με έμφαση την Ιταλία και την Ελλάδα (André, 2012). Το GAR (UNISDR 2013) προειδοποιεί μάλιστα ότι τα χειρότερα δεν έχουν έρθει ακόμη. Άρα, δεν είναι υπερβολή να τονίζουμε ότι ο ανθρώπινος αντίκτυπος στο κλίμα είναι σαφής (IPCC 2013).

2.1.1. Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Οικονομία

Οι πρώτες εκτιμήσεις σχετικά με την επίπτωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη για το παγκόσμιο ΑΕΠ προέκυψαν στις αρχές της δεκαετίας του 1990 και έκτοτε έχουν υπάρξει αρκετές μελέτες που έχουν συμφωνήσει αλλά και διαψεύσει τις αρχικές εκτιμήσεις. Οι Covington και Thamotheram (2015) βασίζονται στην ανάλυσή τους στις λεγόμενες συναρτήσεις κλιματικής ζημίας που ποσοτικοποιούν τον κίνδυνο που αντιμετωπίζει η οικονομία ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής. Η οικονομική κλιματική ζημία ορίζεται ως η κλασματική απώλεια της ετήσιας οικονομικής παραγωγής σε ένα δεδομένο επίπεδο αύξησης της θερμοκρασίας σε σύγκριση με την παραγωγή στην ίδια οικονομία χωρίς αύξηση της θερμοκρασίας. Οι συναρτήσεις κλιματικής ζημίας απεικονίζουν το επίπεδο της παραγωγής που χάνεται σε ένα εύρος εκτιμήσεων για την αύξηση της θερμοκρασίας, με όλες τις συναρτήσεις να προβλέπουν μεγαλύτερη απώλεια στην ετήσια οικονομική παραγωγή όσο αυξάνεται το επίπεδο της αύξησης της θερμοκρασίας. Ωστόσο, μεταξύ των εκτιμώμενων συναρτήσεων κλιματικής ζημίας δεν υπάρχει συναίνεση ως προς τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσονται οι ζημιές καθώς αυξάνεται σταδιακά η αύξηση της θερμοκρασίας. Το ακόλουθο γράφημα 6 μια σειρά από εκτιμώμενες συναρτήσεις οικονομικής ζημίας, οι οποίες φέρουν τα ονόματα των αντίστοιχων δημιουργών τους. Συζητάμε εν συντομία κάθε συνάρτηση κλιματικής ζημίας παρακάτω, εστιάζοντας στο όριο των 4°C, δεδομένου ότι η Παγκόσμια Τράπεζα εκτιμά ότι υπάρχει 40% πιθανότητα υπέρβασης αυτού του επιπέδου μέχρι το 2100, υποθέτοντας ότι οι εκπομπές θα ακολουθήσουν μια συνήθη επιχειρησιακή πορεία.



Γράφημα 6: Προβλέψεις ζημιών για το κλίμα σε ένα δεδομένο επίπεδο αύξησης της θερμοκρασίας με βάση τις εκτιμήσεις των Dietz και Stern (2014), Weitzman (2012) και Nordhaus (2013). Πηγή: Covington & Thamootheram (2015)

Η συνάρτηση κλιματικών ζημιών "N-damages", που πήρε το όνομά της από τον εμπνευστή της Nordhaus (2013), χρησιμοποιείται ευρέως από τους οικονομολόγους και είναι η λιγότερο ανησυχητική από τις τρεις συναρτήσεις κλιματικών ζημιών. Η κλιματική ζημία βάσει αυτής της συνάρτησης θα είναι προοδευτική, με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται κανένα σημείο καμπής και ο παγκόσμιος πληθυσμός να έχει το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να αντισταθμίσει τις όποιες αρνητικές επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι μέχρι το έτος κατά το οποίο ο κόσμος θα είναι 4°C θερμότερος, η ετήσια οικονομική παραγωγή θα είναι μόλις 4% χαμηλότερη από τη βασική περίπτωση χωρίς αύξηση της θερμοκρασίας. Η βασική περίπτωση στη μελέτη του Nordhaus προβλέπει αύξηση της θερμοκρασίας κατά περίπου 3,8% μέχρι το 2100. Ο Nordhaus πιστεύει ότι ο οικονομικός αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής είναι πιθανό να είναι μικρός κατά τις επόμενες δύο δεκαετίες και ότι η γεωργία είναι ο πιο εκτεθειμένος τομέας στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Αν και οι σωρευτικές επιπτώσεις είναι λογικές στο σημείο που θα επιτευχθούν οι 4°C, η απώλεια σε όρους μέσης ετήσιας ανάπτυξης θα είναι εξαιρετικά μικρή και δύσκολα διακριτή, δεδομένου ότι θα χρειαστούν πολλές δεκαετίες για να επιτευχθεί η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 4°C με βάση τις τρέχουσες εκτιμήσεις.

Η συνάρτηση "W-damages" παρήχθη από τον Weitzman (2012) και εκτιμά ότι μέχρι τη στιγμή που θα επιτευχθεί η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 4°C, θα χαθεί το 9% της ετήσιας οικονομικής παραγωγής σε σχέση με τη βάση χωρίς επίδραση της αύξησης της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με αυτό το σενάριο, είναι πιθανό να επηρεαστούν οι κλάδοι που είναι σε μεγάλο βαθμό προδιατεθειμένοι στον κίνδυνο της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως για παράδειγμα οι ασφάλειες, η γεωργία και η δασοκομία.

Η τελική συνάρτηση κλιματικών ζημιών, "DS-damages", που πήρε το όνομά της από τους Dietz και Stern (2014) είναι το πιο ακραίο σενάριο στο οποίο η παγκόσμια οικονομία θα υποστεί σημαντικές απώλειες ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής. Σύμφωνα με αυτό το σενάριο, καθώς και όταν η αύξηση της θερμοκρασίας επεκταθεί στους 4°C, η ετήσια οικονομική παραγωγή θα είναι κατά 50% χαμηλότερη σε σύγκριση με ένα σενάριο όπου δεν θα υπάρξει αύξηση της θερμοκρασίας. Για να τεθεί αυτό σε προοπτική, οι Dietz και Stern εκτιμούν αύξηση της θερμοκρασίας κατά περίπου 3,5°C έως το 2100. Εάν όμως

ακολουθήσουμε μια πιο αυστηρή προσέγγιση, χρησιμοποιώντας τις ίδιες παραδοχές με την παραπάνω συνάρτηση W-damages, αλλά υποθέτοντας ότι οι 4°C θα επιτευχθούν το 2080, ο βασικός ετήσιος ρυθμός οικονομικής ανάπτυξης 3% πέφτει σε μόλις 1,9% ετησίως. Με αυτόν τον ρυθμό, η κλιματική αλλαγή θα έχει αξιοσημείωτο αντίκτυπο στη μελλοντική ανάπτυξη και το βιοτικό επίπεδο.

Ο Toi (2018) επανεξετάζει τις εκτιμήσεις των συνολικών οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και την κατανομή αυτών των επιπτώσεων σε όλο τον κόσμο, συζητά τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και της κλιματικής αλλαγής, και επανεξετάζει τις εκτιμήσεις του κοινωνικού κόστους του άνθρακα (δηλ. τον φόρο Pigou). Καταλήγει ότι μια αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας κατά 2,5°C θα έκανε το μέσο άτομο να αισθάνεται ότι έχει χάσει το 1,3% του εισοδήματός του (το 1,3% είναι ο μέσος όρος των 11 εκτιμήσεων επιπτώσεων για αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2,5°C). Βέβαια, επισημαίνει ότι οι 27 εκτιμήσεις αποτελούν ισχυρή βάση για την εξαγωγή οριστικών συμπερασμάτων σχετικά με τις συνολικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ευημερία. Επιπλέον, οι 11 εκτιμήσεις για αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2,5 °C δείχνουν ότι οι ερευνητές διαφωνούν ως προς το πρόσημο των καθαρών επιπτώσεων: 3 εκτιμήσεις είναι θετικές και 8 αρνητικές. Συνεπώς, δεν είναι σαφές αν η κλιματική αλλαγή θα οδηγήσει σε καθαρό κέρδος ή απώλεια ευημερίας.

Όσον αφορά τις προσπάθειες προσαρμογής, υπάρχει μια ποικιλία εκτιμώμενων δαπανών προσαρμογής που θα μπορούσαν να προστατεύσουν από το κλίμα τους προβλεπόμενους αυξανόμενους κινδύνους καταστροφών. Η Παγκόσμια Τράπεζα υπολόγισε ένα συνολικό κόστος 75-100 δισεκατομμυρίων δολαρίων ΗΠΑ (σε δολάρια ΗΠΑ του 2005) ετησίως για την προσαρμογή των αναπτυσσόμενων χωρών (WorldBank, 2010). Η GAR του 2013 αναφέρει ότι η εκτίμηση του κόστους για τη διορθωτική διαχείριση του κινδύνου καταστροφών κυμαίνεται στους ίδιους αριθμούς (UNISDR 2013). Ωστόσο, οι εκτιμήσεις του κόστους προσαρμογής βασίζονται σε χαμηλή εμπιστοσύνη, καθώς υπάρχει περιορισμένος αριθμός παγκόσμιων μελετών και ποικίλοι παράγοντες και παραδοχές που περιπλέκουν τις εκτιμήσεις αυτές (IPCC, 2012α).

2.2. Από το Πρωτόκολλο Κιότο στη Συμφωνία του Παρισιού

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι κυβερνήσεις δεσμεύτηκαν συλλογικά να επιβραδύνουν την υπερθέρμανση του πλανήτη. Ως αφετηρία μπορεί να οριστεί το 1992, όπου η Σύνοδος Κορυφής των Ηνωμένων Εθνών στο Ρίο ντε Τζανέιρο κατέληξε σε μια συνθήκη ορόσημο για την κλιματική αλλαγή, η οποία ανέλαβε τη δέσμευση να σταθεροποιήσει τις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Η συνθήκη, η οποία υπογράφηκε και επικυρώθηκε από περισσότερες από 186 χώρες, συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Πολιτειών, προκάλεσε μια δεκαετία επακόλουθων διαπραγματεύσεων για το κλίμα, αλλά δεν είχε σχεδόν καμία επίδραση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Maizland, 2022).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο θέτει σε εφαρμογή τη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή, δεσμεύοντας τις βιομηχανικές χώρες και τις οικονομίες σε μετάβαση να περιορίσουν και να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) σύμφωνα με τους συμφωνημένους ατομικούς στόχους. Η ίδια η Σύμβαση ζητά από τις χώρες αυτές μόνο να υιοθετήσουν πολιτικές και μέτρα για τον μετριασμό των επιπτώσεων και να υποβάλλουν περιοδικές εκθέσεις. Το Πρωτόκολλο του Κιότο του 1997, τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005. Επί του παρόντος, υπάρχουν 192 συμβαλλόμενα μέρη του Πρωτοκόλλου του Κιότο (UNFCCC, n.d.). Το Πρωτόκολλο μοιράζεται το στόχο και τα θεσμικά όργανα της Σύμβασης. Ωστόσο, η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο είναι ότι, ενώ η Σύμβαση ενθάρρυνε τις βιομηχανικές χώρες να σταθεροποιήσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, το Πρωτόκολλο τις δεσμεύει να το πράξουν. Οι λεπτομερείς κανόνες για την εφαρμογή του υιοθετήθηκαν στο Μαρακές το 2001 και ονομάζονται "Συμφωνίες του Μαρακές".

Στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου, 37 βιομηχανικές χώρες και η Ευρωπαϊκή Κοινότητα δεσμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές τους κατά 5% κατά μέσο όρο σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 κατά την πενταετή περίοδο 2008-2012 (UNFCCC, 2011). Για την ομάδα αυτή των χωρών, προβλέπεται μείωση 11% για την πρώτη περίοδο δέσμευσης του Κιότο από το 2008 έως το 2012, εφόσον εφαρμοστούν οι πολιτικές και τα μέτρα που σχεδιάζουν οι χώρες αυτές. Οι χώρες αυτές θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιήσουν τους "ευέλικτους μηχανισμούς" του Πρωτοκόλλου για να επιτύχουν το συλλογικό στόχο μείωσης των εκπομπών τους.

Να σημειωθεί ότι το Πρωτόκολλο του Κιότο δεν είχε επικυρωθεί από κανένα μεγάλο κράτος εκπομπής θερμοπαραγωγών αερίων, ενώ απορρίφθηκε από τις Ηνωμένες Πολιτείες και είχε

απορριφθεί από τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ταυτόχρονα, οι σχετικά αυστηροί στόχοι για τις εκπομπές που συμφωνήθηκαν στο Κιότο αμβλύθηκαν τόσο πολύ στις μετέπειτα διαπραγματεύσεις. Σύμφωνα με τους McKibbin & Wilcoxon (2002), η κύρια αιτία αυτής της αποτυχίας ήταν η ανικανότητα των διαπραγματευτών της συνθήκης να αντιμετωπίσουν την αβεβαιότητα που περιβάλλει κάθε πτυχή της κλιματικής αλλαγής - πόσο θα αυξηθεί η θερμοκρασία του πλανήτη και πότε, πόση ζημιά θα προκαλέσει, πόσο δαπανηρή θα είναι η αντιμετώπιση της ζημιάς. Η επικρατούσα αβεβαιότητα σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη δεν αποτελεί επιχείρημα ώστε να μην κινητοποιηθούμε γι' αυτήν. Μια πολιτική για το κλίμα που δεν λαμβάνει υπόψη της το κόστος θα απορριφθεί τελικά από όλες σχεδόν τις κυβερνήσεις (McKibbin & Wilcoxon, 2002).

Η 18η Διάσκεψη στη Ντόχα (Κατάρ) το 2012 συμφώνησε μια τροποποίηση του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Η "τροποποίηση της Ντόχα" θεσπίζει μια δεύτερη περίοδο δέσμευσης (2013-20), προσθέτει το τριφθοριούχο άζωτο στον κατάλογο των καλυπτόμενων αερίων του θερμοκηπίου και διευκολύνει τη μονομερή ενίσχυση των δεσμεύσεων από μεμονωμένα μέρη. Η πρόσκληση της Λίμα για δράση για το κλίμα, που εγκρίθηκε από την 20ή Διάσκεψη τον Δεκέμβριο του 2014, ενθαρρύνει και τα 192 μέρη του Πρωτοκόλλου του Κιότο να επικυρώσουν την τροποποίηση. Μέχρι τις 14 Μαΐου 2015, 31 χώρες είχαν επικυρώσει την τροποποίηση, η οποία θα τεθεί σε ισχύ μόλις την επικυρώσουν 144 μέρη.

Αν και επιτυχής σε γενικές γραμμές, η Διάσκεψη στη Ντόχα δεν επέφερε καμία βελτίωση στις φιλοδοξίες μετριασμού εκ μέρους των μεγάλων εκπομπών. Κατά την έναρξη της διάσκεψης, όλα τα μεγάλα μέρη είχαν σαφώς δηλώσει ότι δεν ήταν πιθανό να προχωρήσουν πέρα από τις τρέχουσες δεσμεύσεις. Αυτό ίσχυε ιδιαίτερα για τις ΗΠΑ, η θέση των οποίων έθεσε ουσιαστικά ανώτατο όριο στις φιλοδοξίες. Η ΕΕ θα μπορούσε να έχει πιέσει τα όρια, αλλά οι εσωτερικές δυσκολίες εντός της ομάδας σήμαιναν ότι δεν ήταν ποτέ πιθανό να φτάσει μονομερώς στον υψηλότερο στόχο του 30% (Štreimikienė, 2013). Καθώς ο αναπτυσσόμενος κόσμος δεν ήταν πρόθυμος να αυξήσει τους στόχους του, δεν υπήρχε κίνητρο για την Κίνα ή την Ινδία να αυξήσουν τους δικούς τους.

Έτσι, η δεύτερη περίοδος δέσμευσης επηρεάζει μόνο το 14% των παγκόσμιων εκπομπών, επειδή μόνο τα κράτη μέλη της ΕΕ, άλλες ευρωπαϊκές χώρες και η Αυστραλία έχουν αναλάβει δεσμεύσεις (European Parliament, 2015). Για την ΕΕ και τα κράτη μέλη της, η επικύρωση της τροποποίησης της Ντόχα δεν συνεπάγεται νέες δεσμεύσεις πέραν εκείνων που ορίζονται στη δέσμη μέτρων για το κλίμα και την ενέργεια του 2009: μείωση των

εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Η νομοθεσία της ΕΕ σχετικά με την τεχνική εφαρμογή της τροποποίησης της Ντόχα εγκρίθηκε τον Μάιο του 2014.

Οι χώρες που δεν έχουν αναλάβει δεσμεύσεις στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο έχουν αναλάβει εθελοντικές δεσμεύσεις για δράση για το κλίμα έως το 2020. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι το Πρωτόκολλο του Κιότο - που εξακολουθεί να είναι η μόνη νομικά δεσμευτική, επικυρωμένη, διεθνής συνθήκη για το κλίμα - δεν προβλέπει πραγματικά αποτελέσματα στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Συλλογικά, η συνολική μείωση των εκπομπών θα είναι περίπου 18% μέχρι το 2020 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, ποσοστό σημαντικά μικρότερο από το 25-40% που συνιστούν οι επιστήμονες του κλίματος (Štreimikienė, 2013). Η Συμφωνία του Παρισιού αποτελεί μια σημαντική ευκαιρία για τον συντονισμό και την ενίσχυση της παγκόσμιας αντίδρασης στην κλιματική αλλαγή, θέτοντας παγκόσμιους στόχους για τον μετριασμό, την προσαρμογή και τη χρηματοδότηση. Καθιερώνει ένα ευρύ φάσμα μηχανισμών, μέσω των οποίων θα επιτευχθούν οι στόχοι αυτοί, που κυμαίνονται από την δέσμευση και αναθεώρηση των εθνικά καθορισμένων συνεισφορών, έως τη συμμετοχή μη κρατικών φορέων στις παγκόσμιες προσπάθειες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Η Συμφωνία του Παρισιού εγκρίθηκε στις 12 Δεκεμβρίου 2015 και αναμένεται να τεθεί σε πλήρη εφαρμογή το 2020 (Erbach, 2016). Δεν απαιτεί πλέον από τα ανεπτυγμένα κράτη να δεσμευτούν μόνα τους σε συγκεκριμένους στόχους μείωσης, όπως έκανε το Πρωτόκολλο του Κιότο. Αντιθέτως, απαιτεί από όλα τα μέρη, χωρίς διακρίσεις, να *"προετοιμάζουν, να κοινοποιούν και να διατηρούν τις διαδοχικές εθνικά καθορισμένες συνεισφορές που προτίθενται να επιτύχουν"*, σύμφωνα με το άρθρο 4.2 της Συμφωνίας του Παρισιού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η στρατηγική έχει αλλάξει, καθώς απομακρυνόμαστε από έναν συγκεκριμένο στόχο μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που ισχύει μόνο για τα ανεπτυγμένα κράτη, προς τον καθορισμό ενός παγκόσμιου ανώτατου ορίου θερμοκρασίας (1,5/2°C), σύμφωνα με το άρθρο 2.1.α.

Πιο αναλυτικά, μία από τις καινοτομίες της Συμφωνίας του Παρισιού, σε πλήρη αντίθεση με τις προηγούμενες συμφωνίες, είναι η ριζική αλλαγή στρατηγικής που έχει τεθεί σε εφαρμογή. Πριν από τη Συμφωνία του Παρισιού, η στρατηγική που ακολουθήθηκε συνίστατο στη δράση κατά των αιτιών που δημιουργούν το πρόβλημα (εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου). Τώρα, στο πλαίσιο της Συμφωνίας του Παρισιού, μετατοπίστηκε στην δράση κατά των

επιπτώσεων των εκπομπών (που προκύπτουν από την υπερθέρμανση του πλανήτη). Με άλλα λόγια, αντί να επιτίθεται στη ρίζα του προβλήματος, αντιμετωπίζει τα αποτελέσματα του προβλήματος, δηλαδή την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Όμως, η Συμφωνία του Παρισιού δεν θέτει προθεσμία για την επίτευξη του στόχου της, αλλά ενθαρρύνει τα μέρη, σύμφωνα με το άρθρο 4.1, να *"επιδιώξουν να επιτύχουν την παγκόσμια κορύφωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου το συντομότερο δυνατό"*, προκειμένου να επιτευχθεί *"ισορροπία μεταξύ των ανθρωπογενών εκπομπών από τις πηγές και των απορροφήσεων από τις καταβόθρες των αερίων του θερμοκηπίου κατά το δεύτερο μισό του αιώνα "*. Πιθανώς, αν είχε καθοριστεί μια πιο σαφής προθεσμία, η συμφωνία του Παρισιού θα είχε θεωρηθεί πιο αποτελεσματική, καθώς θα ωθούσε τα μέρη προς την απαλλαγή από τον άνθρακα και θα ενίσχυε τις προσπάθειές τους να διατηρήσουν τη μέση παγκόσμια θερμοκρασία πολύ κάτω από τους 2°C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα.

Αν και κανείς δεν γνωρίζει ακριβώς πώς θα επηρεάσει τον πλανήτη μια αύξηση πάνω από 2°C, έκτακτα κλιματικά φαινόμενα θα καταστήσουν πιθανότατα πολλά μέρη του κόσμου μη κατοικήσιμα με σημαντική ερημοποίηση, οξίνιση των ωκεανών(δηλαδή μείωση της τιμής του pH) και άνοδο της στάθμης του θαλασσινού νερού, καθώς και πλημμύρες, πυρκαγιές, τυφώνες και ανεμοστρόβιλους. Οι ειδικοί σε θέματα κλίματος προβλέπουν ότι μόνο 800 GT διοξειδίου του άνθρακα μπορούν να εκπεμφθούν πριν περάσουν τη γραμμή των 2 βαθμών Κελσίου. Αυτό σημαίνει ότι με τις σημερινές παγκόσμιες εκπομπές των 36 GT ετησίως, υπάρχει περιθώριο 35 ετών για να μηδενίσουμε τις εκπομπές μας. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος είναι να αλλάξει ο τρόπος παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας. Το φωτοβολταϊκά μπορούν να διαδραματίσουν κεντρικό ρόλο σε μια μετασηματισμένη βιώσιμη ενεργειακή οικονομία, 100% απαλλαγμένη από τις ανθρακούχες εκπομπές ηλεκτρικής ενέργειας για την άμεση ή έμμεση τροφοδοσία - μέσω της παραγωγής πράσινου υδρογόνου ή άλλων συνθετικών καυσίμων - όλων των ενεργειακών τομέων και βιομηχανικών διαδικασιών.

Με άλλα λόγια, για την επίτευξη του στόχου που τέθηκε με τη συμφωνία του Παρισιού το 2015 για τη συγκράτηση της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της Γης σε λιγότερο από 2 °C (ή ακόμη και 1,5 °C), η καλύτερη επιλογή είναι η μετάβαση της ενεργειακής οικονομίας σε 100% ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τη χρήση της ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας, να παίζει κεντρικό ρόλο μαζί με την αιολική, την υδροηλεκτρική, τη γεωθερμική και τη βιομάζα ενέργεια, για την άμεση ή έμμεση τροφοδοσία όλων των τομέων της οικονομίας. Η ανάπτυξη

μιας μεγάλης παγκόσμιας ικανότητας αποθήκευσης ενέργειας και η παραγωγή πράσινου υδρογόνου ή άλλων συνθετικών καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα είναι ζωτικής σημασίας. Η βιομηχανία φωτοβολταϊκών πρέπει να αυξήσει ταχέως την παραγωγική της ικανότητα σε περίπου 3 TW ετησίως για την επίτευξη αυτού του στόχου. Η βιομηχανία έχει αποδείξει ότι είναι ικανή να αναπτύσσεται με πολύ υψηλό ρυθμό και να μειώνει συνεχώς το κόστος παραγωγής. Δεν υπάρχουν προκλήσεις σχετικά με την τεχνολογία, το κόστος κατασκευής ή τη βιωσιμότητα, εκτός από την κατανάλωση αργύρου, η οποία πρέπει να μειωθεί τουλάχιστον κατά 4 φορές και την ανακύκλωση των υλικών που χρησιμοποιούνται στο φωτοβολταϊκό σύστημα, η οποία πρέπει να βελτιωθεί δραματικά. Η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων πρέπει να επιταχυνθεί, ώστε να επιτευχθεί ταχεία ανάπτυξη (>25%) τουλάχιστον μέχρι το 2032 για να αποφευχθεί μια σημαντική πτώση της αγοράς το 2050 (Verlinden, 2020).

2.3. Ενεργειακή Πολιτική Ευρώπης

Η Συνθήκη της Λισαβόνας τροποποίησε διάφορες διατάξεις της Συνθήκης για τον Χάρτη Ενέργειας, και εισήγαγε σημαντικές προκλήσεις στη διακυβέρνηση του ενεργειακού τομέα. Πριν από αυτήν, η ΕΕ είχε ήδη χαράξει δρόμους για περαιτέρω κωδικοποίηση, υπογραμμίζοντας τις έντονες ανησυχίες γύρω από την ενεργειακή ασφάλεια. Η Συνθήκη της Λισαβόνας προσφέρει μια νομική υποδομή για την εναρμόνιση των ενεργειακών κανόνων της ΕΕ και ένα βήμα προς την κατεύθυνση της ενισχυμένης συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών. Την 1η Δεκεμβρίου 2009 τέθηκε σε ισχύ η Συνθήκη της Λισαβόνας, η οποία τροποποίησε τις προηγούμενες Συνθήκες, ενώ οι βασικές αρχές και στόχοι της περιβαλλοντικής πολιτικής της ΕΕ παραμένουν σε μεγάλο βαθμό αμετάβλητοι, η συνθήκη ενισχύει τη δέσμευση της ΕΕ για βιώσιμη ανάπτυξη, καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Ακόμα και πριν από την θέσπιση της Συνθήκης της Λισαβόνας, η Ευρώπη δεν αγνοούσε το ζήτημα της ενεργειακής ασφάλειας, ιδίως όσον αφορά στον εφοδιασμό. Η ΕΕ, σε περιορισμένους τομείς, διαμόρφωνε τον ενεργειακό τομέα μέσω των αρμοδιοτήτων της όσον αφορά την εσωτερική αγορά, την πολιτική ανταγωνισμού και το περιβάλλον (Barysch et al., 2007). Στην πραγματικότητα, ορισμένοι μελετητές υποστηρίζουν ότι η Συνθήκη της Λισαβόνας δεν συνιστά αλλαγή στην κατεύθυνση της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ, αλλά μάλλον κωδικοποιεί την πολιτική-διαδικασία που προηγήθηκε (Van Vooren, 2011).

Οι καρποί της συνεργασίας πριν από τη Συνθήκη της Λισαβόνας απέδωσαν ιδίως με τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης αγοράς, η οποία τονίστηκε σε πράξεις ήπιου δικαίου, όπως στη "Λευκή Βίβλο για την ενεργειακή πολιτική της ΕΕ" του 1995 (COM, 1995), όπου η Επιτροπή τόνισε ότι η ενεργειακή πολιτική πρέπει να αποτελεί μέρος των γενικών στόχων της οικονομικής πολιτικής της ΕΕ που βασίζεται στην ολοκλήρωση της αγοράς και την απορρύθμιση και να περιορίζεται στα απολύτως αναγκαία για τη διασφάλιση του συμφέροντος της ΕΕ, της βιώσιμης ανάπτυξης. Οι επόμενες Πράσινες Βίβλοι για την ενέργεια του εφοδιασμού το 2000, για την ενεργειακή απόδοση το 2005 και για μια ευρωπαϊκή στρατηγική για βιώσιμη, ανταγωνιστική και ασφαλή ενέργεια το 2006 προστίθενται επίσης σε αυτή την τάση (COM, 2006).

Η χάραξη μιας ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής θα είναι μια μακροπρόθεσμη πρόκληση. Χρειάζεται ένα σαφές, αλλά ευέλικτο πλαίσιο εργασίας. Σαφές στο βαθμό που αντιπροσωπεύει μια κοινή προσέγγιση που εγκρίνεται στο υψηλότερο επίπεδο, ευέλικτο στο βαθμό που χρειάζεται περιοδική επικαιροποίηση. Ως θεμέλιο για τη διαδικασία αυτή, η Επιτροπή προτείνει συνεπώς να υποβάλλεται σε τακτική βάση στο Συμβούλιο και το Κοινοβούλιο μια στρατηγική ενεργειακή επισκόπηση της ΕΕ, η οποία θα καλύπτει τα θέματα που προσδιορίζονται στην παρούσα Πράσινη Βίβλο. Αυτό θα αποτελούσε έναν απολογισμό και ένα σχέδιο δράσης για το εαρινό Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, παρακολουθώντας την πρόοδο και εντοπίζοντας νέες προκλήσεις και απαντήσεις σε όλες τις πτυχές της ενεργειακής πολιτικής (Piebalgs, 2006).

Ως εκ τούτου, το 2007, η ΕΕ ενέκρινε μια τρίτη δέσμη νομοθετικών προτάσεων με στόχο την επίτευξη μιας "πραγματικής αγοράς", ανοικτής στον ανταγωνισμό, τη δημιουργία ενός ευρωπαϊκού οργανισμού για την προώθηση της συνεργασίας, ενώ παράλληλα τροποποίησε οδηγίες και κανονισμούς για το φυσικό αέριο και την ηλεκτρική ενέργεια (Padrós & Coccio, 2010). Η υλοποίηση μιας εσωτερικής και εξωτερικής ολοκληρωμένης αγοράς βρίσκει επίσης έρεισμα στην υφιστάμενη νομοθεσία της ΕΕ, για τη σύναψη διεθνών συμφωνιών, τα οποία είναι συναφή με διάφορα ενεργειακά έργα ευρωπαϊκού ενδιαφέροντος. Φαίνεται ότι η ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική στοχεύει, με πιο ολοκληρωμένο τρόπο, στην εξασφάλιση προσιτού ενεργειακού εφοδιασμού, στον σεβασμό των μηχανισμών της αγοράς, στην προώθηση της ενεργειακής απόδοσης και στην προστασία του περιβάλλοντος. Πράγματι, το 2012, η Επιτροπή παρουσίασε ανακοίνωση για την αξιολόγηση της κατάστασης της εσωτερικής αγοράς, η οποία θα ολοκληρωθεί έως το 2014, ενθαρρύνοντας τα κράτη μέλη για περαιτέρω δράση (Ciambra & Solorio, 2015).

Με άλλα λόγια, η ΕΕ είχε τη φιλοδοξία να δώσει το καλό παράδειγμα στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής ενόψει της αναγκαίας διεθνούς συμφωνίας για το καθεστώς μετά το Κιότο και να δημιουργήσει τεράστιες οικονομικές και βιομηχανικές ευκαιρίες με την ανάπτυξη νέων ενεργειακών τεχνολογιών (Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - ΑΠΕ και ενεργειακή απόδοση κυρίως) (Andouga et al., 2015). Κάποιοι μίλησαν ακόμη και για μια νέα βιομηχανική επανάσταση που θα βασίζεται σε νέες καθαρές/χαμηλές τεχνολογίες που θα βοηθούσαν επίσης την ΕΕ να βγει από την οικονομική κρίση. Οι τομείς προτεραιότητας για δράση ήταν: ενέργεια για θέσεις εργασίας και ανάπτυξη, αντιμετώπιση της ασφάλειας και της ανταγωνιστικότητας του ενεργειακού εφοδιασμού μέσω της αλληλεγγύης μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ, ένα πιο βιώσιμο, αποτελεσματικό και ποικιλόμορφο ενεργειακό μείγμα, καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, ενθάρρυνση της καινοτομίας και σχέσεις με τρίτες χώρες.

Η δέσμη μέτρων για την ενέργεια και το κλίμα για το 2020 καθόρισε τρεις βασικούς στόχους (το λεγόμενο 20-20-20, δηλαδή μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% σε σύγκριση με το 1990, 20% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας και 20% βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε σύγκριση με το σενάριο "business as usual" που πρέπει να επιτευχθούν έως το 2020 από την ΕΕ και τα 28 κράτη μέλη της (IEA, 2020).

2.4. Ενεργειακός Χάρτης Πορείας για το 2050: Πράσινο Ντιλ της ΕΕ

Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, γνωστή και ως το Πράσινο Ντιλ της ΕΕ, φαίνεται να υιοθετεί αυτή τη σύσταση, προτείνοντας ένα πρόγραμμα πολιτικής για την ΕΕ ώστε να καταστεί κλιματικά ουδέτερη το 2050 και να μετασχηματίσει εγγενώς την κοινωνία και την οικονομία προς μια πιο βιώσιμη κατεύθυνση. Παρόλο που, ο στόχος μιας κλιματικά ουδέτερης ευρωπαϊκής ηπείρου είχε ήδη διατυπωθεί στη Συμφωνία των Παρισίων, όπως αναφέραμε σε προηγούμενη ενότητα, πολλοί αξιωματούχοι της Επιτροπής θεωρούν το Πράσινο Ντιλ της ΕΕ ως μια άνευ προηγουμένου αλλαγή στις ευρωπαϊκές πολιτικές, επειδή καλύπτονται οι περισσότεροι τομείς και όλοι οι τομείς πολιτικής ευθυγραμμίζονται στο πλαίσιο ενός στόχου. Στην πραγματικότητα, οι περισσότεροι αξιωματούχοι της Επιτροπής που ερωτήθηκαν για την παρούσα διατριβή θεωρούν ειδικά τη συστημική προσέγγιση του Πράσινο Ντιλ της ΕΕ ως επαναστατική και ανταποκρινόμενη στην έκκληση επιστημόνων για συστημική αλλαγή για την αντιμετώπιση του κλίματος.

Στο πλαίσιο της κρίσης Covid-19, το Πράσινο Ντιλ της ΕΕ χαρακτηρίστηκε ως η *"αναπτυξιακή στρατηγική"* για την ανάκαμψη μετά την κρίση και για το μέλλον της Ευρώπης. Η πρόεδρος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Ursula von der Leyen τόνισε ότι η σημασία του Πράσινο Ντιλ της ΕΕ αυξήθηκε ακόμη και κατά τη διάρκεια της κρίσης και ότι οι τεράστιες επενδύσεις των δημόσιων αρχών στην οικονομία πρέπει να εξυπηρετούν το Πράσινο Ντιλ της ΕΕ για *"τις μελλοντικές γενιές"* (European Commission, 2019). Η ανάκαμψη από την κρίση του Covid-19 θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τον στόχο της κλιματικής ουδετερότητας, έτσι ώστε να αναμένεται σημαντική πρόοδος στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο μέλλον.

Η πολιτική για το κλίμα και η ενεργειακή πολιτική έχουν συνδεθεί έντονα και, παρόλο που η προσέγγιση του Πράσινο Ντιλ της ΕΕ είναι νέα, το περιεχόμενό του μπορεί να θεωρηθεί ως συνέχεια προηγούμενων πολιτικών της ΕΕ, ιδίως στον τομέα της πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια. Η ΕΕ θεωρεί τις πολιτικές για το κλίμα και τις ΑΠΕ σημαντικά θέματα εδώ και πολλά χρόνια. Οι *"στόχοι 20-20-20"* της δέσμης μέτρων για το κλίμα και την ενέργεια του 2020 αποτελούν ένα παράδειγμα. Ο στόχος για το 2030 είναι να αυξηθεί το μερίδιο των ΑΠΕ στο 32%, ενώ οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να μειωθούν κατά 40% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (European Commission, 2020). Οι στόχοι για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και για το μερίδιο των ΑΠΕ στο συνολικό ενεργειακό μείγμα έχουν ήδη ενισχυθεί αρκετές φορές και στο πλαίσιο του Πράσινο Ντιλ της ΕΕ οι στόχοι μείωσης για το 2030 θα πρέπει να ενισχυθούν είτε στο 50% είτε στο 55%.

Το 2015, κατά τη διάρκεια των διαπραγματεύσεων του Παρισιού και της Συμφωνίας του Παρισιού, η ΕΕ δεσμεύτηκε για πρώτη φορά στον στόχο να καταστεί κλιματικά ουδέτερη το 2050. Τον Νοέμβριο του 2018, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε τη μακροπρόθεσμη στρατηγική της για το 2050 στην ανακοίνωση *"Ένας καθαρός πλανήτης για όλους"*, στην οποία επαναλήφθηκε ο στόχος της κλιματικής ουδετερότητας το 2050. Η εν λόγω ανακοίνωση συνοδευόταν από μια πολύ λεπτομερή ανάλυση, όπου διερευνήθηκαν 8 διαφορετικά σενάρια που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε καθαρές μειώσεις εκπομπών μεταξύ 80% και 100% το 2050. Σε όλα τα σενάρια, το μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας έπρεπε να αυξηθεί τουλάχιστον στο 67% το 2050, έως και στο 100% (European Commission, 2018).

Η ζήτηση για παραγωγή καθαρής ενέργειας θα μπορούσε να αυξηθεί ακόμη περισσότερο από ό,τι αναμενόταν, εάν επιτευχθεί ένα σημείο καμπής για την επιτάχυνση της

ηλεκτροκίνησης. Αυτό έχει ως συνέπεια ότι αποδεδειγμένες τεχνολογίες όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια θα πρέπει να καλύψουν το κενό. Η επιτάχυνση της ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών είναι μια επιλογή-προτεραιότητα, καθώς έχει ένα από τα χαμηλότερα κόστη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για αυτό το Πράσινο Ντιλ της ΕΕ προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία για την επιτάχυνση αυτής της ανάπτυξης και τον εξορθολογισμό των ευρωπαϊκών και εθνικών προσπαθειών (Kougiás et al., 2021).

Κεφάλαιο 3: Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης

3.1. Ιστορική αναδρομή

Για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1980, η βιώσιμη ανάπτυξη εμφανίστηκε στην πολιτική ατζέντα. Αυτό οφείλεται στην έκθεση των Ηνωμένων Εθνών "Το κοινό μας μέλλον", γνωστή και ως έκθεση Brundtland. Η έκθεση ανέφερε ότι η βιώσιμη ανάπτυξη δεν είναι μόνο ένα περιβαλλοντικό ζήτημα, αλλά περιλαμβάνει οικονομικές, πολιτιστικές και κοινωνικές πτυχές. Όλοι οι προαναφερόμενοι τομείς τονίστηκαν ως εξίσου σημαντικοί (United Nations, 2021). Επίσης, την ίδια εποχή, η εταιρική ευθύνη αρχικά μιλούσε για κοινωνική ευθύνη και άρχισε να ανεβαίνει στην ατζέντα της διοίκησης των επιχειρήσεων. Η περιβαλλοντική ευθύνη των εταιρειών αγκαλιάστηκε με την πρόσληψη περιβαλλοντικών εμπειρογνομόνων και τη δημιουργία περιβαλλοντικών οργανώσεων. Πολλές εταιρείες άρχισαν να δίνουν μεγαλύτερη προσοχή στα περιβαλλοντικά ζητήματα. Ειδικά στη βαριά βιομηχανία σχεδιάστηκε να υπάρξει θετικός αντίκτυπος στο περιβάλλον με τη μείωση των εκπομπών (Garetti & Taisch, 2012).

Το επόμενο αξιοσημείωτο βήμα στην αειφόρο ανάπτυξη έγινε στη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED) στο Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας. Στη σύνοδο κορυφής της UNCED, γνωστή και ως σύνοδος κορυφής της Γης, εγκρίθηκε η Ατζέντα 21, η οποία έθεσε τις βάσεις για πολλές σημαντικές διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες. Ειδικότερα, προέκυψαν τρεις σημαντικές νομικά δεσμευτικές συμφωνίες για τη βιώσιμη ανάπτυξη: Σύμβαση για την κλιματική αλλαγή, Σύμβαση για τη βιοποικιλότητα και Σύμβαση για την καταπολέμηση της ερημοποίησης. Στη συνέχεια, η Σύμβαση για την Κλιματική Αλλαγή συμπληρώθηκε από το Πρωτόκολλο του Κιότο το 1997. Το βασικό σημείο της Σύμβασης για την Κλιματική Αλλαγή ήταν η δέσμευση όλων των κρατών που την υιοθέτησαν να μειώσουν τα αέρια του θερμοκηπίου κατά 5% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (United Nations, 2021).

Σύμφωνα με τον Sachs (2012), η αυξανόμενη αναγνώριση του επείγοντος χαρακτήρα της βιώσιμης ανάπτυξης, ως αποτέλεσμα της συσσώρευσης επιστημονικών αποδείξεων, αποτελεί την απαραίτητη βάση για την ανάπτυξη της ιδέας των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ). Παρόλο που δεν έχει επιτευχθεί συναίνεση σχετικά με τις προσεγγίσεις και τους στόχους που πρέπει να ακολουθηθούν, ούτε καν σχετικά με τον ίδιο τον ορισμό του τι είναι βιώσιμη ανάπτυξη, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται η ανάπτυξη μιας κοινής θεώρησης των

οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών στόχων ως τριπλής βάσης, βάσει της οποίας μπορούν να αναληφθούν πρωτοβουλίες. Η σοβαρότητα των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι κοινωνίες για την αειφορία, η βραδύτητα της παγκόσμιας διαδικασίας στην προσπάθεια επίλυσης των ζητημάτων αυτών και η γενική αποτυχία να επιτευχθεί αυτή η τριπλή κατώτατη γραμμή σε μεγάλη κλίμακα, ανέδειξαν την ανάγκη για επείγοντες, υψηλού προφίλ και παραγωγής αλλαγών παγκόσμιους στόχους, από κοινού με τις αυξανόμενες ανησυχίες για τις ανισότητες παγκοσμίως, οι οποίες δεν έχουν επιλυθεί παρά τους φιλόδοξους Στόχους Ανάπτυξης Χιλιετίας² (Sachs, 2015). Οι ΑΣΧ υπέφεραν από διάφορες ελλείψεις που υπονόμισαν την παγκόσμια επιτυχία τους και οι οποίες αποτέλεσαν τη βάση για τον επόμενο προβληματισμό που οδήγησε στην υιοθέτηση των ΣΑΒ το 2015.

Στη Σύνοδο Κορυφής Ρίο+20, το 2012 συζητήθηκε η δυνατότητα υιοθέτησης των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης και εμφανίστηκαν ως μια πιθανή λύση για να ξεπεραστούν οι αποτυχίες των δεσμευτικών συνθηκών που υιοθετήθηκαν μετά τη Σύνοδο Κορυφής του Ρίο το 1992, όπως η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC), χρησιμοποιώντας την έμπνευση του μη δεσμευτικού, χρονικά περιορισμένου μοντέλου που εισήγαγαν οι ΣΑΧ (Sachs, 2015). Παρά τις αδυναμίες των ΣΑΧ, η εισαγωγή της αειφορίας στις μελλοντικές διαπραγματεύσεις γύρω από αυτό το μοντέλο με δηλωμένους συγκεκριμένους και ποσοτικοποιημένους στόχους εμφανίστηκε ως μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση για τις πολυμερείς διεθνείς συμφωνίες. Ο Koehler (2015) αναφέρει αυτό που αποκαλεί *εννοιολογικές βελτιώσεις* στη διαδικασία που οδήγησε στην υιοθέτηση των ΣΒΑ, με μεγαλύτερη εστίαση στα δικαιώματα της εκπαίδευσης και της υγείας, αλλά και με πραγματική εξέταση του ρόλου της εκβιομηχάνισης και της παραγωγικότητας, για παράδειγμα με την αλυσίδα αξίας τους.

Το 2015, όλα τα κράτη μέλη των Ηνωμένων Εθνών δεσμεύτηκαν για 17 Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (Γράφημα 7), καθώς και για 169 υποστόχους. Αυτοί οι 17 στόχοι αποτελούν μέρος της Ατζέντας 2030 των Ηνωμένων Εθνών, η οποία περιγράφεται αργότερα λεπτομερέστερα σε δικό της κεφάλαιο. Ο κύριος στόχος της Ατζέντας 2030 είναι η επίτευξη

² Οι Στόχοι Ανάπτυξης Χιλιετίας (ΣΑΧ) αποτελούνταν από 8 "μετρήσιμους και χρονικά δεσμευμένους στόχους" με 21 στόχους (Sachs, 2015), οι οποίοι τέθηκαν από τα κράτη μέλη του ΟΗΕ και τους αναπτυξιακούς οργανισμούς, προκειμένου να ολοκληρωθούν έως το 2015. Σκοπός των ΣΑΧ ήταν ο καθορισμός σαφών στόχων προκειμένου να εφαρμοστούν οι αρχές της Διακήρυξης της Χιλιετίας, η οποία βασιζόταν στη *"συνολική ευθύνη για την προώθηση των αρχών της ανθρώπινης αξιοπρέπειας, της ισότητας και της ισότητας σε παγκόσμιο επίπεδο"* (UnitedNations, 2000).

και των 17 κύριων στόχων έως το 2030. Ο κύριος στόχος των ΣΒΑ είναι να γίνει ο κόσμος καλύτερος, μετασχηματίζοντας την παγκόσμια ανάπτυξη κατά τρόπο που να διασφαλίζεται η ανθρώπινη ευημερία και τα ανθρώπινα δικαιώματα, η οικονομική ευημερία και η σταθερότητα των κοινωνιών με περιβαλλοντικά βιώσιμο τρόπο (Diaz-Sarachagaetal. 2018). Εκτός από αυτά, σκοπός είναι να εξαλειφθεί η ακραία φτώχεια σε όλες τις μορφές της από τον κόσμο. (United Nations, 2021).

ΣΤΟΧΟΙ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Γράφημα 7: Οι 17 στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης του ΟΗΕ. Πηγή: UNRIC

Καλύπτοντας ένα πολύ ευρύ φάσμα τομέων το οποίο είναι εφαρμόσιμο σε κάθε χώρα του κόσμου, οι 17 αυτοί στόχοι αναπτύχθηκαν επίσης με ιδιαίτερη προσοχή στην ανάγκη προώθησης της ολοκλήρωσης των διαφόρων στόχων. Ο κύριος στόχος εκεί ήταν να επιλυθούν τα προβλήματα που συναντήθηκαν με τους ΑΣΧ, όπου ορισμένες λύσεις για την επίλυση ενός συγκεκριμένου στόχου θα μπορούσαν στην πραγματικότητα να επηρεάσουν τις προσπάθειες σε έναν τομέα που καλύπτεται από έναν άλλο στόχο. Ο Le Blanc (2015) πρότεινε ότι οι νέοι ΣΒΑ είχαν σχεδιαστεί στο πλαίσιο μιας μορφής δικτύου, το οποίο προέκυψε από την πολιτική χαρτογράφηση του σύμπαντος της βιώσιμης ανάπτυξης. Κατά συνέπεια, οι υποστόχοι που περιέχονται σε ορισμένους από τους στόχους μπορεί συχνά να διαπιστωθεί ότι συνδέονται άμεσα με εκείνους ενός άλλου στόχου. Αυτό θα επέτρεπε στη συνέχεια την ανάπτυξη πιο συνεκτικών και ολοκληρωμένων πολιτικών σε όλους τους τομείς.

Παρόλα αυτά, ο Kim (2016) υποστήριξε ότι οι ΣΒΑ, λόγω του γεγονότος ότι οι στόχοι τους συχνά εμπνέονται από ανεξάρτητες προϋπάρχουσες διεθνείς συνθήκες και προγράμματα, εξακολουθούν να στερούνται συνοχής και μακροπρόθεσμου οράματος, τα οποία αποτελούν δύο πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά της βιώσιμης ανάπτυξης. Η έλλειψη ενός γενικού στόχου στο πλαίσιο της ατζέντας για την περίοδο μετά το 2015 δεν έχει ακόμη διατυπωθεί και οδηγεί σε αρκετές συζητήσεις σχετικά με τον ίδιο τον ορισμό του μέλλοντος που επιδιώκει η διεθνής κοινότητα, ιδίως σε ένα πλαίσιο όπου η κανονιστικότητα των ΣΒΑ δεν έχει ακόμη καθιερωθεί. Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα που πρέπει να εξεταστεί είναι η αβεβαιότητα που μπορεί να συμβεί σε μια περίπτωση όπου δύο συνιστώσες της βιωσιμότητας είναι αντικρουόμενες. Οι Barkemeyeretal. (2014) εκτίμησαν ότι η εμφάνιση τέτοιων συγκρούσεων και η έλλειψη αντισταθμιστικών και συνεργατικών προγραμμάτων, οδηγούν τα έγγραφα καθοδήγησης να είναι όλο και πιο ασαφή σχετικά με τα βασικά στοιχεία της αειφορίας.

Επίσης, αρκετοί συγγραφείς αναφέρουν τη σημασία της διαδικασίας μέτρησης και παρακολούθησης για την επιτυχία των ΣΒΑ. Όπως τονίζεται από τους Háketal. (2016), η υιοθέτηση υποανάπτυκτων ή ανεπαρκών στόχων θα μπορούσε να απειλήσει σοβαρά την αξιοπιστία των ΣΒΑ, οδηγώντας σε εσφαλμένη αξιολόγηση της ολοκλήρωσης των στόχων. Ως εκ τούτου, ο καθορισμός των σχετικών δεικτών θα απαιτήσει έντονη εννοιολογική και μεθοδολογική εργασία.

3.2. Ατζέντα 2030

Η Ατζέντα 2030 είναι ένα σχέδιο που μπορεί να χωριστεί σε πέντε κατηγορίες: «5Ps». Τα 5Ps μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση της επίτευξης των ΣΒΑ.

Το πρώτο P είναι ο Άνθρωπος (People) και αποσκοπεί στην εξάλειψη της φτώχειας και της πείνας σε όλες τις μορφές και διαστάσεις της, που είναι ο στόχος βιώσιμης ανάπτυξης με αριθμό 1. «Μηδενική φτώχεια» και 2. «Μηδενική πείνα». Επιπλέον, η επιδίωξη του δικαιώματος κάθε ανθρώπου σε ένα ισότιμο και υγιές περιβάλλον διαβίωσης, οι ΣΒΑ αριθ. 3. «Καλή υγεία και ευημερία», 4. «Ποιοτική εκπαίδευση» και 5. «Ισότητα των φύλων».

Το δεύτερο P είναι ο Πλανήτης (Planet ως εκ τούτου αποφασίσαμε να προστατεύσουμε τον πλανήτη από τη διαφθορά. Περιλαμβάνει τη λογική αξιοποίηση και δημιουργία, την οικονομική αντιμετώπιση των κοινών αγαθών του και την πιεστική κίνηση για την περιβαλλοντική αλλαγή, ώστε να μπορεί να υποστηρίξει τις απαιτήσεις του παρόντος και των

ανθρώπων στο μέλλον. Οι ΣΒΑ για τον πλανήτη αντιμετωπίζονται με αριθμούς: 12. «Υπεύθυνη κατανάλωση και παραγωγή», 13. «Δράση για το κλίμα», 14. «Η ζωή στο νερό» και 15. «Ζωή στη στεριά».

Το τρίτο P, η ευημερία (Prosperity), είναι να εγγραφεί ότι όλοι οι άνθρωποι μπορούν να εκτιμήσουν την ευημερούσα και ικανοποιητική ζωή, ενώ η οικονομική, κοινωνική και καινοτόμος πρόοδος γίνεται σε συμφωνία με τη φύση. Οι ΣΒΑ για την ευημερία είναι αριθμοί: 6. «Καθαρό νερό και αποχέτευση», 7. Φτηνή και καθαρή ενέργεια», 8. «Αξιοπρεπής εργασία και οικονομική ανάπτυξη», 9. «Βιομηχανία, καινοτομία και υποδομές», 10. «Μείωση των ανισοτήτων» και 11. «Λιγότερες Ανισότητες». «Βιώσιμες πόλεις και κοινότητες».

Η ειρήνη είναι το τέταρτο P (Peace), το οποίο αποσκοπεί στην προώθηση της ειρήνης και την αποφυγή αναταραχών και φόβων σε παγκόσμιο επίπεδο, ΣΒΑ νούμερο 16. «Ειρήνη, δικαιοσύνη και ισχυροί θεσμοί».

Το τελευταίο P, η εταιρική σχέση (Partnership), η οποία στοχεύει να δει την Ατζέντα 2030 ως μια ανανεωμένη παγκόσμια εταιρική σχέση για τη βιώσιμη ανάπτυξη, εστιάζοντας ιδιαίτερα στις ανάγκες των φτωχότερων και πιο ευάλωτων, με τη συμμετοχή όλων των χωρών, των ενδιαφερόμενων φορέων και των ατόμων, ΣΒΑ αριθμός 17. Συνεργασία για τους στόχους».

Στόχος της Ατζέντας 2030 είναι η επίτευξη όλων των προαναφερθέντων στόχων μέχρι το 2030 σε συνεργασία με όλα τα κράτη. Ωστόσο, η αποτυχία των οκτώ ΣΑΧ έχει προκαλέσει ανησυχίες και ο Camacho (2015) έθεσε ότι δεν υπάρχει καμία εγγύηση ούτε για την επίτευξη των ΣΒΑ, καθώς υπάρχουν εννέα επιπλέον στόχοι. Μπορεί να δηλωθεί ότι οι επιπλέον εννέα στόχοι έχουν ασκήσει πίεση στην Ατζέντα 2030 και η παγκόσμια πανδημία έχει σίγουρα συμβάλει αρνητικά στην εκπλήρωση του προγράμματος. Η επιρροή του Covid-19 στους ΣΒΑ και την Ατζέντα 2030 έχει εξεταστεί με λεπτομέρεια σε δικό της κεφάλαιο. Η παγκόσμια ευαισθητοποίηση σχετικά με τους ΣΒΑ συμβάλλει στην επιτυχία της Ατζέντας 2030. Υποτίθεται ότι η πλειοψηφία του πληθυσμού αναμένεται να γνωρίζει τους ΣΒΑ και να αισθανθεί την σημασία τους, ώστε να είναι σε θέση να επιτύχει τους στόχους και σε ατομικό επίπεδο. Παρόλα αυτά, φάνηκε ότι ο μεγαλύτερος και αναγκαίος ρόλος για την επίτευξη της Ατζέντας 2030 είναι η συμμετοχή των κυβερνήσεων, των οργανισμών και των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων (Smaniotto et al. 2020).

Κάθε φορά που συζητάμε για την Ατζέντα 2030, είναι σημαντικό να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην κατανομή της ευθύνης μεταξύ των δημοσιονομικών θεσμικών οργάνων και του ιδιωτικού τομέα. Όπως επισημαίνει ο Camacho (2015) ορισμένοι από τους στόχους στην πραγματικότητα απαιτούν την επαρκή λειτουργία της κυβέρνησης. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τελικά οι ΣΒΑ και η Ατζέντα 2030 σχεδιάζονται και υιοθετούνται από 193 κράτη μέλη της Γενικής Συνέλευσης του ΟΗΕ και όχι μόνο από τα ανεπτυγμένα κράτη. Ένας τέτοιος αριθμός χωρών αποτελείται αναπόφευκτα από ετερογενές επίπεδο κρατικού ελέγχου. Ο Camacho (2015) υπενθύμισε ότι, δεδομένου ότι ο βαθμός λειτουργίας των κυβερνήσεων ποικίλλει από χώρα σε χώρα, ορισμένες μπορεί να λειτουργούν μόνο σε περιοχές των αντίστοιχων χωρών και ορισμένες να λειτουργούν μόνο σε περιορισμένα επίπεδα διοίκησης.

Η έλλειψη τυποποιημένων κυβερνητικών λειτουργιών σε παγκόσμιο επίπεδο δεν θα εμποδίσει την επίτευξη των ΣΒΑ. Μπορεί να τονιστεί ότι ο ιδιωτικός τομέας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη της Ατζέντας 2030. Σύμφωνα με τους Consolandietal., (2020), οι μεγάλοι θεσμικοί επενδυτές και οι εταιρείες εκμεταλλεύονται τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δημιουργούν οι ΣΒΑ στις αποφάσεις τους για την κατανομή των πόρων. Ωστόσο, οι ερευνητές έχουν αναγνωρίσει ορισμένα βασικά προβλήματα στην ανάθεση του βάρους της περιβαλλοντικής ευθύνης στον ιδιωτικό τομέα. Οι επιχειρήσεις, οι εταιρείες και άλλα νομικά πρόσωπα δεν είναι -ούτε θα έπρεπε να είναι- ομοιόμορφα. Αυτό, ωστόσο, έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη τυποποίησης στις αξιολογήσεις υπευθυνότητας ή βιωσιμότητας που χρησιμοποιούν.

3.3. Επίδραση του Covid-19 στους Σ.Β.Α.

Η πανδημία του COVID-19 επέφερε μια ιδιαίτερη δυσχέρεια στην πρόοδο των ΣΒΑ. Αυτή η συνεπακόλουθη αντίσταση μπορεί είτε να επιταχύνει την πρόοδο με την αντιμετώπιση συγκεκριμένων προκλήσεων είτε να επιβραδύνει το ρυθμό προόδου με τη δημιουργία πολύ περισσότερων προκλήσεων προς επίλυση. Συνεπώς, η κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ΣΒΑ είναι ζωτικής σημασίας και η γνώση του τρόπου με τον οποίο ο αντίκτυπος μπορεί να αντηχήσει σε πολλαπλούς στόχους θα μας βοηθούσε να επιλύσουμε τυχόν παρόμοια προβλήματα στο εγγύς μέλλον. Από μια άλλη οπτική γωνία, η πανδημία μπορεί να θεωρηθεί ως ευκαιρία για την αντιμετώπιση των βασικών προκλήσεων των ΣΒΑ με τη διερεύνηση των αλλαγών που συνέβησαν στον καθορισμένο χρόνο, και μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να αναδιαμορφώσει την πορεία προς την επίτευξη των ΣΒΑ. Στο πλαίσιο

αυτό, η ανάλυση των επιπτώσεων σε κάθε στόχο είναι ζωτικής σημασίας και ο επακόλουθος σχεδιασμός και η αποτελεσματική εκτέλεση των καλύτερων δυνατών προσπαθειών ως στρατηγική αναζωογόνησης στον μεταπανδημικό κόσμο είναι υψίστης σημασίας και θα μας οδηγήσει προς τη βιωσιμότητα.

Οι Wang και Huang (2021) υπογράμμισαν ότι η πανδημία COVID-19 έχει αρνητική επίδραση σε 17 ΣΒΑ, ενώ έχει θετική επίδραση σε 14 ΣΒΑ. Μια άλλη μελέτη του Tonne (2021) καταδεικνύει ότι ο COVID-19 αναδεικνύει τις αδυναμίες της κοινωνίας και της ανθρώπινης ανάπτυξης και οραματίζεται την κατάσταση για τη λήψη καλύτερων αποφάσεων προς την κατεύθυνση της βιωσιμότητας. Οι επιπτώσεις του COVID-19 στον κοινωνικοοικονομικό, τον ενεργειακό-περιβαλλοντικό τομέα, τον τομέα των μεταφορών και τους ΣΒΑ παρουσιάζονται από τους Nundyetal. (2021). Η μελέτη υποδεικνύει ότι κατά τη διάρκεια της ανάκαμψης από τις επιπτώσεις που επηρεάζονται από την πανδημία, η πρόοδος προς τους ΣΒΑ μπορεί να γίνει ακόμη χειρότερη και συνιστά συνεργατικές προσπάθειες για την πρόοδο προς την αειφορία. Οι Jaiswal&Jayakumar (2021) συνόψισαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των αλλαγών που προκλήθηκαν από την πανδημία COVID-19, καθώς και διευκρίνισαν τα διδάγματα που προέκυψαν από την κρίση της πανδημίας. Ακόμα, μια μελέτη επικεντρώνεται στην χαρτογράφηση των επιπτώσεων της πανδημίας COVID-19 στους ΣΒΑ που σχετίζονται με την ενέργεια και το περιβάλλον (δηλαδή τους ΣΒΑ 7, 9 και 13) και τα αποτελέσματα αναδεικνύουν μια καθαρή θετική επίπτωση στον ΣΒΑ 7, στασιμότητα στην πρόοδο στον ΣΒΑ 9 και αρνητική επίπτωση στον ΣΒΑ 13 (Fulzeleetal. 2021).

Τα μέτρα για τον περιορισμό των επιπτώσεων που προέρχονται από την πανδημία θα οδηγήσουν πιθανότατα στην παράβλεψη κρίσιμων ζητημάτων που επικρατούν στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπως οι ελλείψεις σε υποδομές, οι συγκρούσεις, η ανεπάρκεια ποιοτικής εκπαίδευσης, ο εύθραυστος δημοσιονομικός χώρος, οι αδύναμοι θεσμοί και οι ανισότητες. Μια μελέτη ανασκόπησης δίνει έμφαση στον αντίκτυπο της πανδημίας στην επισιτιστική ασφάλεια, τη γεωργία και τα μέσα διαβίωσης από την οπτική γωνία των αναπτυσσόμενων χωρών και παρέχει επίσης στρατηγικές αντιμετώπισης για την περίοδο μετά την πανδημία (Workieetal. 2020). Μια άλλη μελέτη ανασκόπησης προωθείται για τη διερεύνηση των επιπτώσεων της COVID-19 στην τριπλή κατώτατη γραμμή της βιωσιμότητας καθώς και στην κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική (Ranjbarietal. 2021). Η μελέτη δίνει επίσης έμφαση σε ένα σχέδιο δράσης για τη βιωσιμότητα που περιλαμβάνει τις επιπτώσεις της πανδημίας, τη μετάβαση στη βιωσιμότητα κατά τη διάρκεια

της ανάκαμψης με ιδιαίτερη έμφαση στους ΣΒΑ 9 και ΣΒΑ 12, τις καινοτόμες προσεγγίσεις για την τεκμηρίωση της οικονομικής ανθεκτικότητας, τη διερεύνηση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων στην κοινωνική βιωσιμότητα και την εναρμόνιση των μελετών COVID-19 που έχουν σχέση με την έρευνα για τη βιωσιμότητα.

Από τη βιβλιογραφική επισκόπηση, παρατηρείται ότι στις περισσότερες μελέτες αξιολόγησης επιπτώσεων καλύπτονται μόνο συγκεκριμένες ρητές επιπτώσεις στους ΣΒΑ, ενώ η ολιστική εξέταση των επιπτώσεων σε όλους τους ΣΒΑ δεν εξετάζεται σε καμία από τις μελέτες. Επιπλέον, τα συμπεράσματα και οι βασικές τάσεις που εξάγονται από την αξιολόγηση των επιπτώσεων δεν κατευθύνονται προς τη διαμόρφωση των στρατηγικών μετά την πανδημία. Παρόλα αυτά, γίνεται εμφανές ότι ο Covid-19 δεν είχε εντελώς αρνητικό αντίκτυπο στην Ατζέντα 2030.

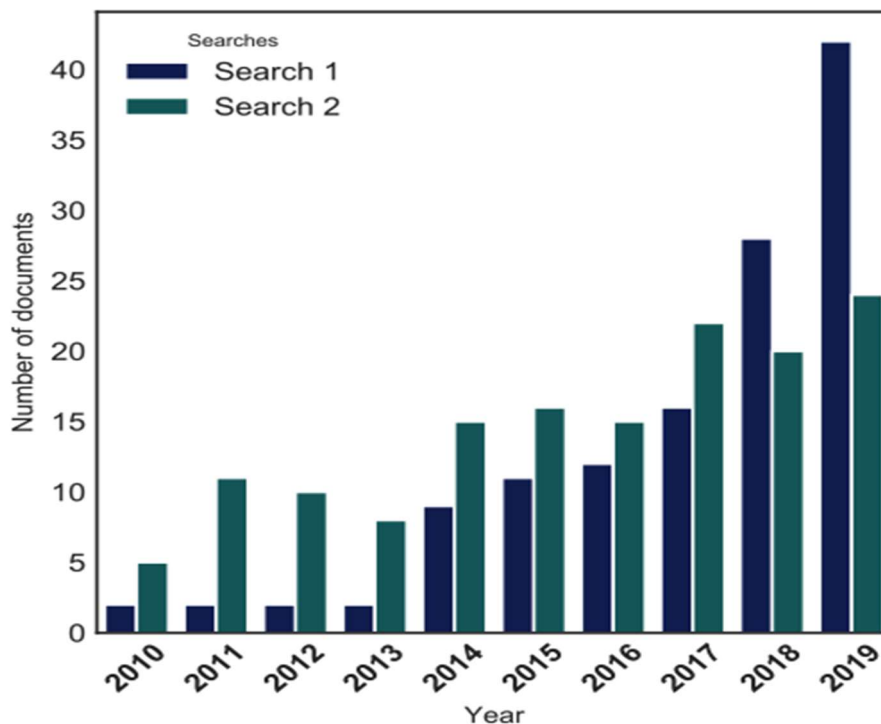
Η πανδημία μπορεί να θεωρηθεί ότι είχε και θετικά αποτελέσματα, όπως η ισχυρότερη δέσμευση στο πρόγραμμα. Ο ΟΗΕ έχει επίσης δηλώσει ότι οι ΣΒΑ διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάκαμψη της υγείας και της οικονομίας. Η Ατζέντα 2030 και ο ρόλος των ΣΒΑ θεωρείται μεγάλος προκειμένου να αποκατασταθεί η κατάσταση στον κόσμο το συντομότερο δυνατό. Ωστόσο, η πανδημία είχε σίγουρα ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της επίτευξης της Ατζέντας 2030 μέχρι το έτος-στόχο, αλλά σε αυτό το σημείο, δεν είναι ακόμη δυνατόν να προβλεφθεί πώς θα εξελιχθούν τα επόμενα εννέα χρόνια. Οι ΣΒΑ παραμένουν μια «πυξίδα» που καθοδηγεί την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσα από τις κρίσεις, καθώς η αξιολόγηση της Eurostat για το 2022 αποκαλύπτει ότι η ΕΕ έχει σημειώσει πρόοδο ως προς τους περισσότερους από τους ΣΒΑ. Προς το παρόν, απαιτείται ισχυρή δέσμευση στο πρόγραμμα από κάθε χώρα, εταιρεία και άτομο, επομένως υπάρχει η ευκαιρία να επιτευχθεί το πρόγραμμα μέχρι το 2030.

3.4. Ενεργειακή Μετάβαση και Σ.Β.Α.

Η μετάβαση σε βιώσιμα και ανανεώσιμα ενεργειακά συστήματα είναι ένα πολύπλοκο θέμα που έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή στον ακαδημαϊκό και πολιτικό διάλογο, ιδίως την τελευταία δεκαετία. Περιλαμβάνει μετασχηματισμούς και εξελίξεις σε διάφορες διαστάσεις, σε διάφορους τομείς των οικονομιών και των κοινωνιών και σε διαφορετικές κλίμακες. Όπως φαίνεται και στο Γράφημα 8, οι μελέτες που εξετάζουν τη μετάβαση σε συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη βιώσιμη ανάπτυξη αυξάνονται συνεχώς με μέσο

ετήσιο ρυθμό περίπου 40% μεταξύ 2010 και 2019 (Cantarero, 2021). Οι μελέτες που επικεντρώνονται στον σχεδιασμό και τη σχεδίαση βιώσιμων και ανανεώσιμων ενεργειακών συστημάτων παρουσίασαν μια πιο μέτρια αύξηση της τάξης του 26% ετησίως. Επίσης, μπορούν να προσδιοριστούν πέντε ερευνητικά ρεύματα. Αυτά περιλαμβάνουν μελέτες:

- που επικεντρώνονται σε τεχνικές πτυχές των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας,
- που συζητούν την πολιτική ή θεσμική διάσταση των συστημάτων αυτών,
- που προβαίνουν σε αξιολόγηση των οικονομικών της ανεξάρτησης από τον άνθρακα των σημερινών ενεργειακών συστημάτων,
- που πραγματοποιούν εξέταση των κοινωνικών επιπτώσεων της ενεργειακής μετάβασης και
- που προσφέρουν μια ολοκληρωμένη άποψη του μετασχηματισμού των ενεργειακών συστημάτων.



Γράφημα 8: Αριθμός ετήσιων επιστημονικών εγγράφων που δημοσιεύονται ανά αναζήτηση. Πηγή: Cantarero (2021).

Σημείωση: όπου Search 1 (“renewable energy” AND “energy transition” AND “sustainable development”) AND DOCTYPE(ar OR cp) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, “English”) AND (LIMIT-TO(PUBYEAR,2019) OR ... LIMIT-TO(PUBYEAR,2015) ... OR LIMIT-TO(PUBYEAR,2010))) και Search 2 (“smart energy system” OR “renewable energy system” OR “low-carbon”) AND (“energy planning” OR “energy modelling” OR “energy modeling”) AND “scenario” AND DOCTYPE(ar OR cp) AND LIMIT-TO(LANGUAGE, “English”) AND (LIMIT-TO(PUBYEAR,2019) OR ... LIMIT-TO(PUBYEAR,2015) ... ORLIMIT-TO(PUBYEAR,2010)))

Σύμφωνα με τον ΣΒΑ 7 της Ατζέντα 2030 τα έθνη καλούνται να «εξασφαλίσουν πρόσβαση σε οικονομικά προσιτή, αξιόπιστη, βιώσιμη και σύγχρονη ενέργεια για όλους» (UN, 2015, σ. 19) έως το 2030. Βέβαια, η επίτευξη του στόχου της Συμφωνίας των Παρισίων για τη συγκράτηση της αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας σε επίπεδα πολύ κάτω των 2°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα απαιτεί μια βαθιά και ταχεία μετατροπή των ενεργειακών συστημάτων από τα ορυκτά καύσιμα παγκοσμίως. Φαίνεται ότι οι διεθνείς ατζέντες ευθυγραμμίζονται καλά σε ορισμένους από τους στόχους τους, οδηγώντας σε πολλαπλές συνέργειες, ο αλληλένδετος χαρακτήρας των ΣΒΑ και ο μετασχηματιστικός χαρακτήρας της μετάβασης με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Στη βιβλιογραφία οι κυρίαρχες λέξεις-κλειδιά που βρέθηκαν από τους Akrofi et al (2022) ήταν: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κλίμα, Παρίσι, ΣΒΑ, εκπομπές, θερμοκήπιο και πολιτική, μεταξύ άλλων. Ωστόσο, τα τέσσερα θέματα που φάνηκε να επικεντρώνεται η βιβλιογραφία είναι: χρηματοδότηση, πολιτική και ρύθμιση, μετριασμός του κλίματος και σύνδεση ενέργειας-ΣΒΑ. Η πλειονότητα των μελετών (42) εμπίπτει στο θέμα του μετριασμού του κλίματος και πολλές μελέτες σε αυτό το θέμα ασχολήθηκαν με τη Συμφωνία του Παρισιού, με την απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου να αποτελούν την κύρια εστίαση των περισσότερων μελετών (Akrofi et al., 2022).

Οι πιθανές αντισταθμίσεις και συνέργειες της ενεργειακής μετάβασης συνδέονται με όλους τους ΣΒΑ (Roy et al., 2018). Ένα ιδιαίτερα σχετικό παράδειγμα αυτών των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων είναι η σύνδεση νερού-ενέργειας-τρόφιμων-γης (Water-Energy-Food-Land - WEFL) (σχετικό με τους ΣΒΑ 2, 6, 7, 15). Στο πλαίσιο της διασύνδεσης WELF, το νερό εξασφαλίζει την παραγωγή τροφίμων μέσω της άρδευσης και την παραγωγή ενέργειας μέσω της ψύξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Ταυτόχρονα, η γεωργία απαιτεί ενέργεια για την άντληση νερού και ανταγωνίζεται με την παραγωγή βιοκαυσίμων για τη γη (WEF 2011). Επιπλέον, προκύπτουν σημαντικά ζητήματα που σχετίζονται με την ανισότητα και τη δικαιοσύνη (ΣΒΑ 5, 10, 16), καθώς η ενεργειακή μετάβαση μπορεί να έχει θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις στις θέσεις εργασίας και τις

οικονομικές δραστηριότητες (ΣΒΑ 8), την ενεργειακή ασφάλεια (ΣΒΑ 7), την υπεύθυνη παραγωγή (ΣΒΑ 12), την υγεία (ΣΒΑ 3) και τη ρύπανση του περιβάλλοντος (που σχετίζονται με τους ΣΒΑ 3, 6, 12, 14 και 15) (Nerini et al., 2018).

Ως αποτέλεσμα, τα ζητήματα της ενεργειακής μετάβασης πυροδότησαν αρκετές μαζικές διαδηλώσεις τα τελευταία χρόνια, τόσο σε χώρες του παγκόσμιου Νότου όσο και του παγκόσμιου Βορρά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, οι αυξήσεις του φόρου άνθρακα στη βενζίνη, το ντίζελ, το πετρέλαιο θέρμανσης και το φυσικό αέριο στη Γαλλία προκάλεσαν οργή για την κοινωνική δικαιοσύνη λόγω της δυσανάλογα υψηλής επιβάρυνσης των φτωχότερων νοικοκυριών, οδηγώντας στις διαδηλώσεις των "κίτρινων γιλέκων" το 2018 (Gagnebin et al., 2019).

Ένα βασικό μέτρο για την επίτευξη του παγκόσμιου στόχου της Συμφωνίας του Παρισιού για τη θερμοκρασία θα απαιτήσει την πρόωρη απόσυρση του τομέα του άνθρακα. Ενώ η μετάβαση αυτή, θα επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στο περιβάλλον σε πολλές διαστάσεις, καθώς και κοινωνικά και οικονομικά οφέλη, θα εισάγει επίσης ένα ευρύ φάσμα πολιτικών προκλήσεων τόσο στην πλευρά της ζήτησης όσο και στην πλευρά της προσφοράς της βιομηχανίας άνθρακα. Στις χώρες που εξαρτώνται από τον άνθρακα, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θα πρέπει να αντιμετωπίσουν πιθανά αντισταθμιστικά οφέλη που σχετίζονται με την απώλεια τοπικών θέσεων εργασίας, τη μείωση των εγχώριων εσόδων (από τις εξαγωγές άνθρακα), τα αδρανή περιουσιακά στοιχεία ή τις υψηλές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αναγνώριση αυτών των σημαντικών προκλήσεων της ενεργειακής μετάβασης, οι βασικές έννοιες της «ενεργειακής δικαιοσύνης» και της «δίκαιης ενεργειακής μετάβασης» έχουν αποκτήσει μεγάλη προβολή τα τελευταία χρόνια (Heffron & McCauley, 2018).

Όμως, η παγκόσμια ενεργειακή μετάβαση για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και της βιώσιμης ανάπτυξης θέτει σημαντικές προκλήσεις για τη δικαιοσύνη. Οι ανταγωνιστικές ανάγκες και προτεραιότητες περιπλέκουν τις προσπάθειες να κατευθυνθούν οι κοινωνίες προς μετασχηματισμούς χαμηλών εκπομπών άνθρακα, ιδίως στον τομέα της ενέργειας με τη στενά συνδεδεμένη σχέση άνθρακα-ανάπτυξης (Spencer et al., 2018). Καθώς η κρίση COVID-19 ανέτρεψε τη δράση για το κλίμα σε όλο τον κόσμο μέσω καθυστερημένων διαπραγματεύσεων για το κλίμα και μέτρων ανάκαμψης έντασης άνθρακα (Herburn et al., 2020), ο εντοπισμός εφαρμόσιμων συνεργικών λύσεων που μπορούν να αντιμετωπίσουν από κοινού το κλίμα και τη βιώσιμη ανάπτυξη είναι πιο σημαντικός από ποτέ (Matthews & Tokarska, 2021).

Για αυτό και αρκετές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη σύνδεση των ζητημάτων περιβαλλοντικής, κοινωνικής και δίκαιης ενέργειας. Η ενεργειακή δικαιοσύνη και η δίκαιη μετάβαση εννοιολογήθηκαν περαιτέρω από τους Sovacool & Dworkin (2015) εξηγώντας τις τρεις αρχές της δικαιοσύνης, δηλαδή τη διανεμητική, την αναγνωριστική και τη διαδικαστική, καθώς και από τους Pellegrini-Masini et al. (2020) οι οποίοι καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η έννοια της ενεργειακής δικαιοσύνης πρέπει να περάσει από τη θεωρητική φάση στην φάση της εφαρμογής της πολιτικής. Άλλες μελέτες έχουν προσπαθήσει να συνδέσουν την έννοια της δίκαιης μετάβασης με την Ατζέντα 2030 και τη Συμφωνία του Παρισιού. Επιπλέον, οι έρευνες σχετικά με τις διασυνδέσεις της δίκαιης μετάβασης και των ΣΒΑ έχουν επικεντρωθεί κυρίως στον ΣΒΑ 7.

3.5. Ηλιακή ενέργεια και Σ.Β.Α.

Η παρούσα ενότητα αποσκοπεί στην παρουσίαση της πιθανής συμβολής που θα μπορούσε να έχει η ανάπτυξη των συστημάτων ηλιακής ενέργειας στην επίτευξη των διαφόρων ΣΒΑ. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι εν λόγω πιθανές συνεισφορές δεν πρέπει να θεωρούνται δεδομένες. Αντίθετα, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τον προσδιορισμό των απαραίτητων ευνοϊκών συνθηκών που θα οδηγούσαν στην υλοποίηση αυτών των συνεισφορών στους ΣΒΑ (Maka & Alabid, 2022).

Ο παρακάτω πίνακας 1 παρουσιάζει, για κάθε έναν από τους ΣΒΑ, τις συγκεκριμένες δυνητικές επιπτώσεις των ηλιακών τεχνολογιών (φωτοβολταϊκά). Να σημειωθεί ότι για την καλύτερη κατανόηση και τον προσδιορισμό των απαιτούμενων συνθηκών υπό τις οποίες θα μεγιστοποιηθεί η συμβολή των φωτοβολταϊκών στους ΣΒΑ, συνιστάται η διενέργεια ειδικών κατά περίπτωση εκτιμήσεων επιπτώσεων των έργων της ηλιακής ενέργειας που λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαιτερότητες κάθε τόπου και πληθυσμού, ολόκληρο τον κύκλο ζωής της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού πίσω από κάθε μονάδα, το ενσωματωμένο διεθνές εμπόριο και, στο μέτρο του δυνατού, τις άμεσες, έμμεσες και επαγόμενες επιπτώσεις.

ΣΒΕ	Δυνητική συνεισφορά ηλιακών τεχνολογιών
<p>Στόχος 1: Μηδενική Φτώχεια</p> <p>Εξάλειψη όλων των μορφών φτώχειας</p>	<p>Οι ηλιακοί πόροι είναι πιο άφθονοι στις χώρες της ηλιακής ζώνης, όπου βρίσκεται συχνά ο φτωχότερος πληθυσμός. Οι ηλιακές τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λύσεις που συνδέονται με το δίκτυο, καθώς και ως λύσεις εκτός δικτύου, για να διευκολύνουν την πρόσβαση στη σύγχρονη ενέργεια ως μοχλό για τη μείωση της φτώχειας.</p>
<p>Στόχος 2: Μηδενική Πείνα</p> <p>Εξάλειψη της πείνας, επίτευξη επισιτιστικής ασφάλειας, βελτίωση διατροφής και βιώσιμης γεωργίας</p>	<p>Οι ανανεώσιμες ηλιακές τεχνολογίες στις χώρες της ζώνης του ήλιου μπορούν να έχουν μεγάλο αντίκτυπο στη γεωργία, την επισιτιστική ασφάλεια και τη βελτίωση της διατροφικής κατάστασης του πληθυσμού. Λόγω της λειψυδρίας αυτών των περιοχών, οι ηλιακές τεχνολογίες βρίσκουν εφαρμογή στην άντληση νερού και στις εφαρμογές αφαλάτωσης.</p>
<p>Στόχος 3: Καλή Υγεία και Ευημερία</p> <p>Διασφάλιση υγιούς ζωής. Προάγεται η ευημερία για όλους, σε όλες τις ηλικίες.</p>	<p>Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να διευκολύνει την πρόσβαση των νοσοκομείων στην ηλεκτρική ενέργεια (αυξάνοντας τον αριθμό και την ποιότητα των παρεμβάσεων, τη δυνατότητα αποθήκευσης εμβολίων κ.λπ.). Επίσης, τα ηλεκτρικά οχήματα (που τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένων των φωτοβολταϊκών) μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και να μειώσουν, για παράδειγμα, τις αναπνευστικές ασθένειες.</p>

<p>Στόχος 4: Ποιοτική Εκπαίδευση</p> <p>Διασφάλιση της ελεύθερης, ισότιμης και ποιοτικής εκπαίδευσης προάγοντας ευκαιρίες για δια βίου μάθηση</p>	<p>Στις χώρες της ζώνης του ήλιου που διαθέτουν μεγάλο ηλιακό δυναμικό, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να συμβάλουν σε μεγάλο βαθμό στην ηλεκτροδότηση των αγροτικών κοινοτήτων και να συμβάλουν σε καλύτερα εκπαιδευτικά αποτελέσματα. Επίσης, μειώνουν την κατανάλωση βιομάζας και τον ελεύθερο χρόνο που απαιτούνταν προηγουμένως για τη συλλογή καυσίμων.</p>
<p>Στόχος 5: Ισότητα των Φύλων</p> <p>Επίτευξη ισότητας των φύλων και χειραφέτησης όλων των γυναικών και των κοριτσιών.</p>	<p>Στις χώρες της ζώνης του ήλιου που διαθέτουν μεγάλο ηλιακό δυναμικό, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να συμβάλουν σε μεγάλο βαθμό στην ηλεκτροδότηση των αγροτικών κοινοτήτων και να συμβάλουν σε καλύτερα εκπαιδευτικά αποτελέσματα. Επίσης, μειώνουν την κατανάλωση βιομάζας και τον ελεύθερο χρόνο που απαιτούνταν προηγουμένως για τη συλλογή καυσίμων από τα κορίτσια.</p>
<p>Στόχος 6: Καθαρό νερό και Αποχέτευση</p> <p>Διασφάλιση της διαθεσιμότητας και της βιώσιμης διαχείρισης του νερού και των εγκαταστάσεων υγιεινής για όλους</p>	<p>Μικρότερη κατανάλωση νερού από τις συμβατικές τεχνολογίες. Εφαρμογές ηλιακών τεχνολογιών για την άντληση νερού. Εφαρμογές επεξεργασίας νερού με φωτοβολταϊκά.</p>
<p>Στόχος 7: Φτηνή και Καθαρή Ενέργεια</p> <p>Διασφάλιση πρόσβασης σε οικονομική, αξιόπιστη, βιώσιμη και σύγχρονη ενέργεια για όλους</p>	<p>Οι ηλιακές τεχνολογίες (φωτοβολταϊκά) έχουν σημειώσει αξιοσημείωτη μείωση του κόστους. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο σε συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο καθώς και σε απομονωμένα συστήματα.</p>
<p>Στόχος 8: Αξιοπρεπής Εργασία και Οικονομική Ανάπτυξη</p> <p>Προάγεται η διαρκής, βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς οικονομική ανάπτυξη και η πλήρης και παραγωγική απασχόληση και αξιοπρεπής εργασία για όλους</p>	<p>Οι ηλιακές τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν πολλές θέσεις εργασίας και ευημερία στις ηλιόλουστες χώρες.</p>

<p>Στόχος 9: Βιομηχανία, Καινοτομία και Υποδομές</p> <p>Ανθεκτικές υποδομές, ανοιχτή και βιώσιμη βιομηχανοποίηση και συνεχής ενθάρρυνση για καινοτομία</p>	<p>Οι ηλιακές τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν πολλές θέσεις εργασίας και ευημερία στις χώρες της ζώνης του ήλιου, τόσο άμεσα όσο και έμμεσα. Ωστόσο, η υλοποίηση αυτών των θετικών επιπτώσεων απαιτεί την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων (όπως βιομηχανικές, εκπαιδευτικές και οικονομικές πολιτικές) προκειμένου να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό δημιουργίας θέσεων εργασίας και οικονομικής τόνωσης.</p>
<p>Στόχος 10: Λιγότερες Ανισότητες</p> <p>Μείωση της ανισότητας εντός και μεταξύ των χωρών</p>	<p>Οι ηλιακές τεχνολογίες μπορούν να δημιουργήσουν νέες θέσεις εργασίας και οικονομική δραστηριότητα σε άλλους τομείς της οικονομίας (πέραν της βιομηχανίας ΑΠΕ) που προμηθεύουν έμμεσα αγαθά και υπηρεσίες στις χώρες της ζώνης του ήλιου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα, απελευθερώνει πόρους για άλλους σκοπούς.</p>
<p>Στόχος 11: Βιώσιμες Πόλεις και Κοινότητες</p> <p>Δημιουργία ασφαλών, προσαρμοστικών βιώσιμων πόλεων και ανθρωπίνων οικισμών, χωρίς αποκλεισμούς</p>	<p>Οι ηλιακές τεχνολογίες μπορούν να συμβάλουν στον εξηλεκτρισμό των πόλεων σε ερημικές περιοχές στις χώρες της ζώνης του ήλιου.</p>
<p>Στόχος 12: Υπεύθυνη Κατανάλωση και Παραγωγή</p> <p>Διασφάλιση της βιώσιμης κατανάλωσης και μεθόδων παραγωγής</p>	<p>Λαμβάνοντας υπόψη ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού και συγκρίνοντας τις συμβατικές ορυκτές τεχνολογίες με τις ηλιακές τεχνολογίες, ο αντίκτυπος του περιβαλλοντικού και κοινωνικού κινδύνου είναι χαμηλότερος.</p>

<p>Στόχος 13: Δράση για το Κλίμα</p> <p>Άμεση δράση για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και των συνεπειών της</p>	<p>Οι ηλιακές τεχνολογίες έχουν αξιοσημείωτο δυναμικό για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής στις χώρες της ζώνης του ήλιου (ως κεντρικές και αποκεντρωμένες λύσεις). Επιπλέον, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άντληση νερού και την αφαλάτωση νερού αντίστοιχα (αυτό είναι ένα παράδειγμα μέτρου προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή).</p>
<p>Στόχος 14: Ζωή στο Νερό</p> <p>Προστασία και χρήση με βιώσιμο τρόπο των ωκεανών, των θαλασσών και των θαλάσσιων πόρων για βιώσιμη ανάπτυξη</p>	<p>Και πάλι, οι ηλιακές τεχνολογίες στις χώρες της ηλιακής ζώνης μπορούν να συμβάλουν στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, στη μείωση της μελλοντικής υπερθέρμανσης και της οξίνισης των ωκεανών.</p>
<p>Στόχος 15: Ζωή στη Στεριά</p> <p>Προώθηση της βιώσιμης χρήσης των χερσαίων οικοσυστημάτων και δασών, καταπολέμηση της ερημοποίησης, αναστροφή της υποβάθμισης του εδάφους και της βιοποικιλότητας</p>	<p>Στις χώρες της ηλιακής ζώνης, κατά την αντικατάσταση των τεχνολογιών ορυκτών καυσίμων από ηλιακές τεχνολογίες, είναι δυνατόν να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα. Επίσης, σε περιοχές εκτός δικτύου, οι ΑΠΕ, όπως τα φωτοβολταϊκά, μπορούν να υποκαταστήσουν τη βιομάζα και συνεπώς να μειώσουν την αποψίλωση των δασών.</p>
<p>Στόχος 16: Ειρήνη, Δικαιοσύνη και Ισχυροί Θεσμοί</p> <p>Προάγονται ειρηνικές και χωρίς αποκλεισμούς κοινωνίες, παρέχοντας διαφυγή στη δικαιοσύνη για όλους και οικοδόμηση αποτελεσματικών θεσμών σε όλα τα επίπεδα</p>	<p>Και πάλι, οι ηλιακές τεχνολογίες έχουν τεράστιες δυνατότητες να διευκολύνουν την πρόσβαση σε σύγχρονη και βιώσιμη ενέργεια στις χώρες της ηλιακής ζώνης, όπου βρίσκονται μερικοί από τους φτωχότερους πληθυσμούς.</p>

<p>Στόχος 17: Συνεργασία για τους Στόχους</p> <p>Ενίσχυση μέσω εφαρμογής και ανανέωση της Παγκόσμιας Συνεργασίας για τη Βιώσιμη ανάπτυξη</p>	<p>Όταν υποκαθιστούν τις συμβατικές τεχνολογίες ορυκτών καυσίμων, οι ηλιακές τεχνολογίες μπορούν να συμβάλουν στους τρεις πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης (κοινωνικοοικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό). Επιπλέον, τα κοινωνικά οφέλη της αγροτικής ηλεκτροδότησης περιλαμβάνουν οφέλη για την υγεία, την εκπαίδευση, την ισότητα των φύλων, καθώς και γεωργικά οφέλη (για παράδειγμα, μέσω της αφαλάτωσης).</p>
---	---

Πίνακας 1: Δυνητικές επιπτώσεις των ηλιακών τεχνολογιών (φωτοβολταϊκά) στους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης.

Πέραν όμως από τις δυνητικές επιπτώσεις αναφέρουμε και κάποια σημαντικά δεδομένα για το 2021 που επιβεβαιώνουν τις δυνατότητων των φωτοβολταϊκών για την βιώσιμη ανάπτυξη. Αρχικά, οι παγκόσμιες εκπομπές CO₂ eq που σχετίζονται με την ενέργεια ανήλθαν σε περίπου 33 Gt το 2021. Αυτό αντιπροσώπευε ετήσια αύξηση κατά 7%, κυρίως λόγω της οικονομικής ανάκαμψης μετά την ιστορική μείωση του προηγούμενου έτους. Πράγματι, η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με την ενέργεια το 2020 οφειλόταν κυρίως στην πανδημία COVID-19, η οποία επηρέασε σοβαρά την παγκόσμια ζήτηση ενέργειας, τόσο στις μεταφορές όσο και στη βιομηχανία. Οι συνολικές εκπομπές του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας και της θερμότητας ανήλθαν κοντά στα 14,6 Gt CO₂ eq το 2021, σχεδόν 1 000 MT CO₂ eq περισσότερες από το προηγούμενο έτος (IEA, 2021).

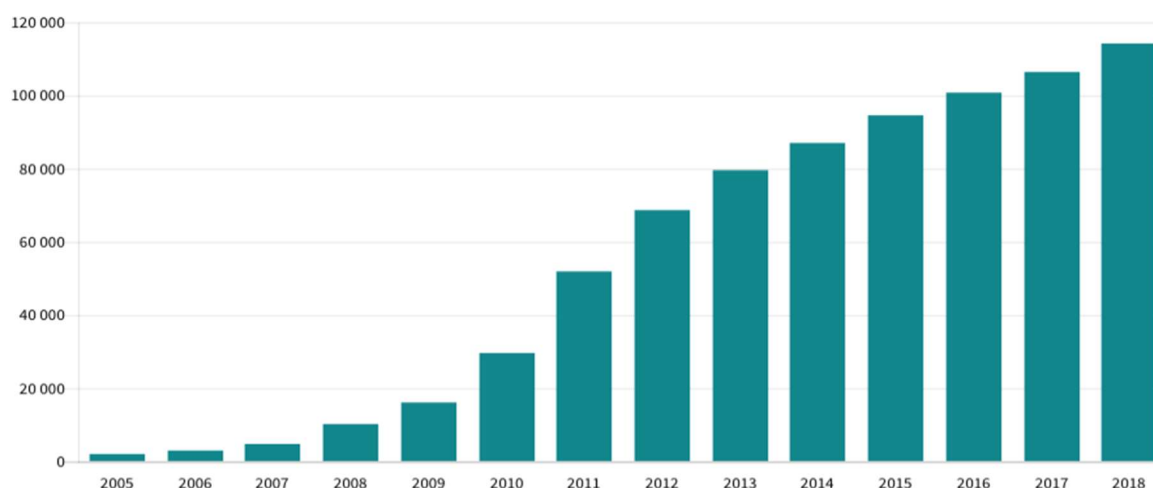
Ο ρόλος που διαδραματίζουν τα φωτοβολταϊκά στη μείωση των εκπομπών CO₂ και άρα και στους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης από την ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται συνεχώς. Με βάση τη συνολική ηλεκτρική ενέργεια που παρήγαγε η σωρευτική φωτοβολταϊκή ισχύς που ήταν εγκατεστημένη παγκοσμίως στο τέλος του 2021, αποφεύχθηκαν περίπου 1 100 Mt ετήσιων εκπομπών CO₂eq. Το ποσό αυτό υπολογίζεται με βάση τις εκπομπές που θα προκύπταν από την ίδια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τα διάφορα μείγματα δικτύου σε όλες τις χώρες και λαμβάνοντας υπόψη τις εκπομπές του κύκλου ζωής των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Αυτό αντιπροσωπεύει περίπου το 7,5% των συνολικών εκπομπών του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας και της θερμότητας και το 3% όλων των ενεργειακών εκπομπών.

Επίσης, σε επίπεδο ΕΕ, η τάση που παρατηρείται για αύξηση των φωτοβολταϊκών συμβάλλει στην προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης και στη δημιουργία θέσεων εργασίας. Μέχρι το 2020, ο κλάδος των φωτοβολταϊκών δημιούργησε περίπου 357.000 θέσεις εργασίας, ενώ αναμένεται να δημιουργήσει 584.000 θέσεις εργασίας μέχρι το 2025 και περίπου 1,1 εκατομμύρια θέσεις εργασίας μέχρι το 2030, σύμφωνα με τον κλάδο (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022).

Κεφάλαιο 4: Διείδυση φωτοβολταϊκών στην Ε.Ε.

4.1. Κατάσταση των φωτοβολταϊκών στην ΕΕ μετά τη συμφωνία του Παρισιού

Η απαλλαγή του ενεργειακού εφοδιασμού από τις εκπομπές άνθρακα αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την επίτευξη των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης, διότι το 65% των σημερινών παγκόσμιων εκπομπών CO₂ οφείλεται στην καύση ορυκτών καυσίμων. Το 2014, το 81% του παγκόσμιου πρωτογενούς ενεργειακού εφοδιασμού εξαρτιόταν από την καύση ορυκτών καυσίμων, δηλαδή 29% άνθρακα, 31% πετρελαίου και 21% φυσικού αερίου (IEA, 2015). Τα φωτοβολταϊκά αποτελούν βασικές τεχνολογικές επιλογές για την υλοποίηση της ενεργειακής μετάβασης σε μια απαλλαγμένη από το άνθρακα οικονομία με την ΕΕ να είναι από καιρό πρωτοπόρος στην επένδυση σε ηλιακή ενέργεια, καθώς όπως παρατηρούμε στο Γράφημα 9, ενώ το 2005 η συνδεδεμένη φωτοβολταϊκή ισχύς ήταν 2.000MW το 2010 σχεδόν άγγιξε τις 30.000MW, ενώ σύμφωνα με το τελευταίο έτος αναφοράς 2018 η ισχύς ξεπέρασε τις 110.000MW. Να σημειωθεί ότι η ταχεία ανάπτυξη μετά το 2009 συνδέεται άμεσα με τη νέα οδηγία που θεσπίστηκε (2009/28/ΕΕ) για την προώθηση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (European Parliament, 2009). Οι διατάξεις της επέφεραν πλήρη αλλαγή της προσέγγισης στον τομέα των ΑΠΕ και στη λειτουργία της αγοράς ενέργειας. Ακόμα, σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία του EurObserv'ER (2019), η χρηματοδότηση σε νέα projects φωτοβολταϊκών ήταν 4763,8 εκατομμύρια ευρώ για όλη την ΕΕ.



Γράφημα 9: Συνδεδεμένη και συσσωρευμένη φωτοβολταϊκή ισχύς (στο δίκτυο) (MW). Πηγή: EurObserv'ER (2019)

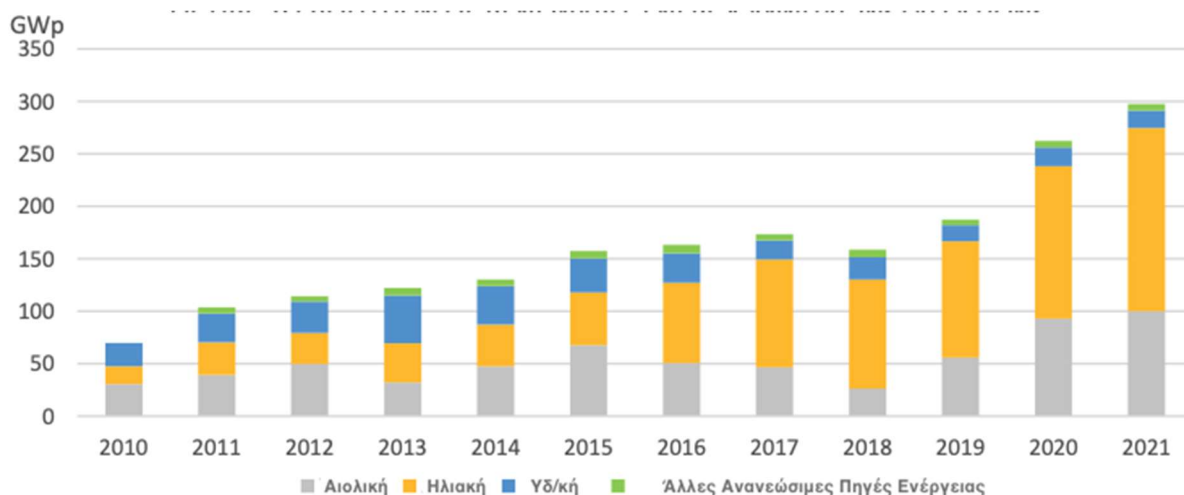
Μετά τη συμφωνία του συμφωνία του Παρισιού και ιδιαίτερα μετά τη ευρωπαϊκή πράσινη συμφωνία και το σχέδιο REPowerEU η ηλιακή ενέργεια έχει μετατραπεί σε δομικό στοιχείο της μετάβασης της ΕΕ προς την καθαρή ενέργεια. Χαρακτηριστικά, στο πλαίσιο του σχεδίου REPowerEU, η στρατηγική της ΕΕ στοχεύει να φέρει επί γραμμής πάνω από 320.000 MW ηλιακών φωτοβολταϊκών έως το 2025 (υπερδιπλασιασμός σε σύγκριση με το 2020) και σχεδόν 600.000 MW έως το 2030 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022).

Οφείλουμε να σημειώσουμε ότι η οικιακή ηλιακή αγορά στην Ευρώπη είναι εξαιρετικά κατακερματισμένη καθώς ένας μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων εγκατάστασης τη συνθέτουν, λόγω της διαθεσιμότητας τοπικών, περιφερειακών και πολυεθνικών προμηθευτών. Ενώ ορισμένες μικρότερες επιχειρήσεις ειδικεύονται στην πώληση ηλιακών συλλεκτών και είναι παρούσες μόνο σε ένα ή λίγα μέρη, οι μεγαλύτερες επιχειρήσεις συχνά προσφέρουν ευρύτερη γκάμα προϊόντων, έχουν μεγαλύτερη γεωγραφική παρουσία και επιδιώκουν συνεχή επέκταση. Στον οικιακό ηλιακό τομέα, όπου οι επιχειρήσεις πωλούν ή μισθώνουν προϊόντα με μεγάλη διάρκεια ζωής, η επεκτασιμότητα και η ικανότητα ταχείας αύξησης του μεριδίου αγοράς αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες.

Επιπλέον, μερικοί από τους σημαντικότερους παράγοντες που ωθούν την ανάπτυξη του κλάδου είναι ο έντονος ανταγωνισμός, οι ταχείες τεχνολογικές εξελίξεις, οι συχνές αλλαγές στην κυβερνητική πολιτική και οι αυστηροί περιβαλλοντικοί νόμοι. Το κόστος, η ποιότητα των προϊόντων, η αξιοπιστία και η υποστήριξη μετά την αγορά είναι τομείς στους οποίους οι προμηθευτές ανταγωνίζονται. Σε ένα άκρως ανταγωνιστικό περιβάλλον αγοράς, οι πάροχοι πρέπει να προσφέρουν προσιτά και αποτελεσματικά προϊόντα για να ευδοκιμήσουν. Με προϋπολογισμένες επενδύσεις, προγραμματισμένα εργοστάσια, καθορισμένους περιβαλλοντικούς στόχους και κυβερνητικές στρατηγικές για την υποστήριξη της προβλεπόμενης επέκτασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων, λαμβάνονται φιλόδοξα μέτρα για την επανεκκίνηση μιας ακμάζουσας βιομηχανίας.

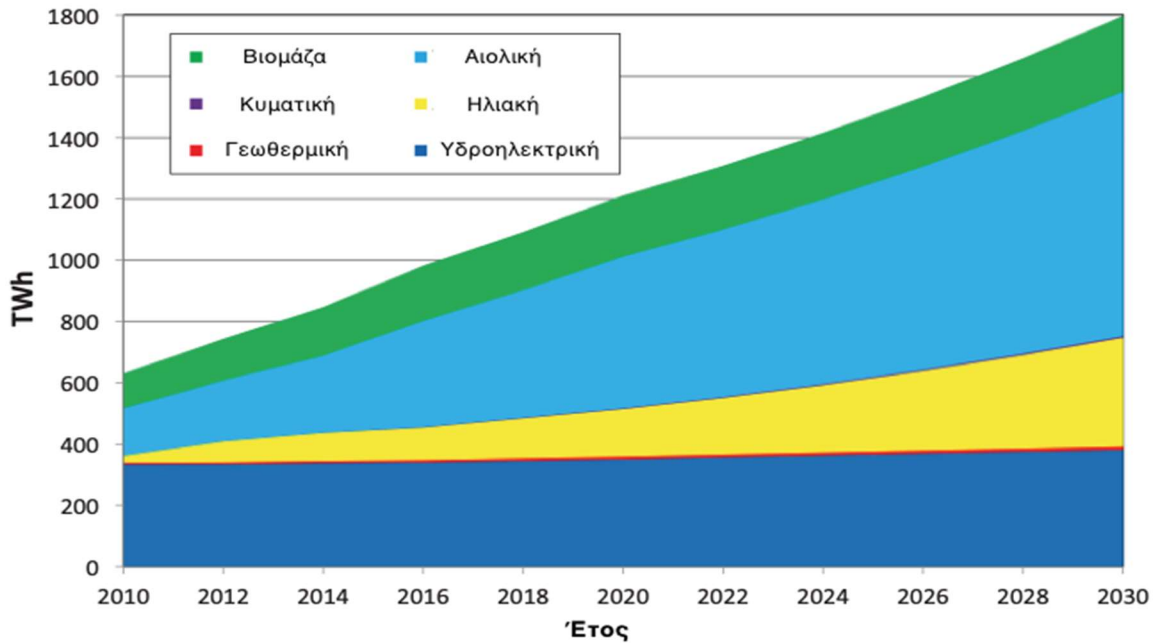
Το Γράφημα 10 παρουσιάζει ακόμα πιο έντονα ότι τα τελευταία 15 χρόνια, η φωτοβολταϊκή τεχνολογία παρουσιάζει μια συνεχώς αυξανόμενη ανάπτυξη της αγοράς. Το 2021, τα φωτοβολταϊκά αντιπροσώπευαν περίπου το 40% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές από νέα στοιχεία παραγωγής. Η διαφορά με το παραπάνω ποσοστό οφείλεται στους διαφορετικούς συντελεστές δυναμικότητας των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ενώ οι εγκαταστάσεις βιομάζας μπορούν να παράγουν ουσιαστικά όλη την ημέρα και όλο το χρόνο, οι αποδόσεις των αιολικών και ηλιακών

εγκαταστάσεων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τους διαθέσιμους πόρους που μπορεί να ποικίλλουν τοπικά



Γράφημα 10: Εξέλιξη εγκαταστάσεων ΑΠΕ. Πηγή: IEA PVPS (2022)

Για την εκπλήρωση της δέσμευσης της Οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, του 2018 για το δεσμευτικό στόχο για μερίδιο 35% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας το 2030, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας πρέπει να φτάσει τις 1.800 - 2.000 τεραβατώρες το 2030, δηλαδή υπερδιπλάσια τιμή σε σχέση με το 2016 (Γράφημα 11). Το μεγαλύτερο μερίδιο αυτής της ανανεώσιμης ενέργειας, περίπου 1.300 τεραβατώρες, θα πρέπει να παρέχεται από την ηλιακή και την αιολική ενέργεια. Σε σύγκριση με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας περίπου 410 τεραβατώρες (περίπου 300 τεραβατώρες αιολική και 110 τεραβατώρες φωτοβολταϊκή) το 2016 απαιτείται αύξηση κατά περισσότερο από 3 φορές. Ο όγκος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακά φωτοβολταϊκά το 2021 ήταν πάνω από 157 τεραβατώρες, σε σύγκριση με 105 τεραβατώρες που είχαν καταγραφεί πέντε χρόνια νωρίτερα (Fernández, 2023).



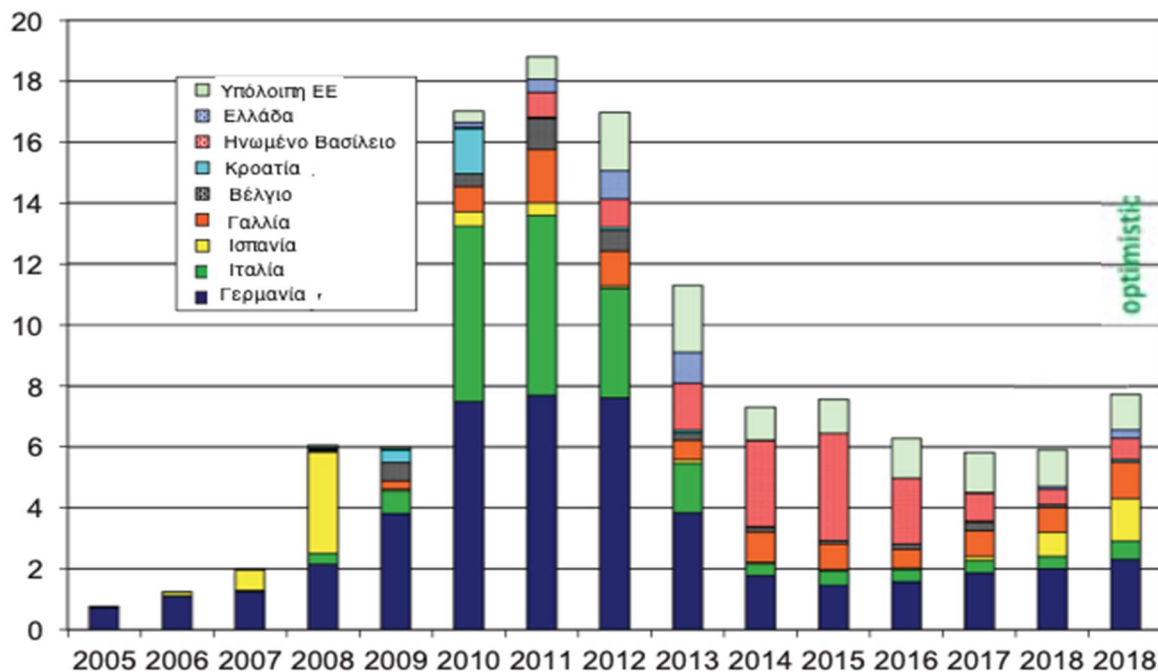
Γράφημα 11: Ευρωπαϊκή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2030 για την κάλυψη του στόχου ΑΠΕ 35%. Πηγή: Επεξεργασία από Jäger-Waldau e al. (2018).

Η επιταχυνόμενη ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης της Ε.Ε. από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα. Επιπλέον, η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο προσιτή ανανεώσιμη ενέργεια για τα νοικοκυριά και συμβάλλει στην προστασία των καταναλωτών από τις ασταθείς τιμές της ενέργειας. Σύμφωνα και με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2022) η γρήγορη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών οφείλεται στη διαχρονική μείωση του κόστους της ηλιακής ενέργειας, γεγονός που απορρέει από τις πολιτικές της ΕΕ για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας των οποίων η συμβολή στη μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών είναι της τάξης του -82% την τελευταία δεκαετία, μετατρέποντας την ηλιακή ενέργεια σε μία από τις πιο ανταγωνιστικές πηγές ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ. Αυτό συνεπάγεται ότι η ηλιακή ενέργεια, σε συνδυασμό με την ενεργειακή απόδοση, παρέχει προστασία στους Ευρωπαίους πολίτες σε σχέση με την αστάθεια των τιμών των ορυκτών καυσίμων που παρατηρείται ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια μετά το ξέσπασμα του Πολέμου στην Ουκρανία.

Εστιάζοντας σε επίπεδο χωρών λοιπόν, το 2021, η Γερμανία ήταν η χώρα με τη μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακά φωτοβολταϊκά, η οποία ανήλθε σε σχεδόν 50 τεραβατώρες. Αυτό είναι περίπου το ένα τρίτο της συνολικής παραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Εκτός από την υψηλότερη παραγωγή ηλιακών φωτοβολταϊκών, η Γερμανία έχει την μεγαλύτερη σωρευτική εγκατεστημένη ισχύ και ήταν επίσης η χώρα με τις περισσότερες προσθήκες ισχύος το 2021 με την ηλιακή ισχύ της χώρα να αυξήθηκε κατά περίπου πέντε

γγαβάτ σε σχέση με το 2020. Εν τω μεταξύ, η χώρα με την υψηλότερη κατά κεφαλήν εγκατεστημένη ηλιακή ισχύ ήταν η Ολλανδία, ξεπερνώντας τα 815 βατ ανά κάτοικο. Αυτό είναι σημαντικά υψηλότερο από τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο οποίος ανήλθε σε περίπου 355 βατ ανά κάτοικο το 2021. Όσον αφορά τις νέες εγκαταστάσεις, η Ισπανία ήταν η χώρα με την υψηλότερη υπό κατασκευή ηλιακή φωτοβολταϊκή ισχύ τον Ιανουάριο του 2023 (Fernández, 2023).

Βέβαια, η παρούσα κατάσταση είναι αποτέλεσμα μιας μακράς εξέλιξης (Γράφημα 13). Αναλύοντας τις ετήσιες εγκαταστάσεις σε επίπεδο χωρών της ΕΕ παρατηρούμε ότι η Γερμανία κυριαρχεί σε ετήσιες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών. Η Ισπανία την ξεπέρασε το 2008 όμως η Ιταλία φαίνεται να της παίρνει τα ηνία. Τα τελευταία χρόνια βλέπουμε το Ηνωμένο Βασίλειο να ξεπερνάει στην Γερμανία και να κυριαρχεί και επί των άλλων χωρών.



Γράφημα 12: Ετήσιες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών στην ΕΕ. Πηγή: Επεξεργασία από Jäger-Waldau e al. (2018).

Ωστόσο, η ανάλυση των ετήσιων εγκαταστάσεων μας παραπέμπει και σε κάτι ακόμα, ότι το μερίδιο της Ευρώπης στο σύνολό της μειώνεται μετά το 2011. Σύμφωνα με τη μεσοπρόθεσμη έκθεση της ΙΕΑ (2016) για την αγορά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το μερίδιο της εγκατεστημένης ηλιακής ισχύος στην ΕΕ θα πέσει κάτω από το 30% έως το 2020 λόγω της στασιμότητας της αγοράς κατά 7-8 GW μεταξύ 2016 και 2020. Στην επόμενη

ενότητα θα διαπιστώσουμε αν οι προβλέψεις επαληθεύτηκαν κάνοντας αναφορά στο μερίδιο των φωτοβολταϊκών της ΕΕ σε σχέση με το κόσμο.

4.2. Τα φωτοβολταϊκά στην ΕΕ σε σχέση με τον υπόλοιπο κόσμο

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά αυξήθηκε κατά 22% σε σχέση με το 2020. Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά αντιστοιχούσαν στο 3,6% της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και παραμένουν η τρίτη μεγαλύτερη τεχνολογία ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας μετά την υδροηλεκτρική και την αιολική ενέργεια. Η Κίνα ήταν υπεύθυνη για το 38% περίπου της αύξησης της ηλιακής φωτοβολταϊκής παραγωγής το 2021, χάρη στις μεγάλες προσθήκες δυναμικότητας το 2020 και το 2021. Η δεύτερη μεγαλύτερη αύξηση της παραγωγής (μερίδιο 17% του συνόλου) καταγράφηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες και η τρίτη μεγαλύτερη στην Ευρωπαϊκή Ένωση (10%). Τα φωτοβολταϊκά αποδείχθηκαν ανθεκτικά απέναντι στις διαταραχές της Covid-19, τις εμπλοκές στην αλυσίδα εφοδιασμού και τις αυξήσεις των τιμών των βασικών εμπορευμάτων που σημειώθηκαν το 2021 και πέτυχαν άλλο ένα ρεκόρ ετήσιας αύξησης της δυναμικότητας. Αυτό, με τη σειρά του, αναμένεται να οδηγήσει σε περαιτέρω επιτάχυνση της αύξησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2022 (IEA, 2022).

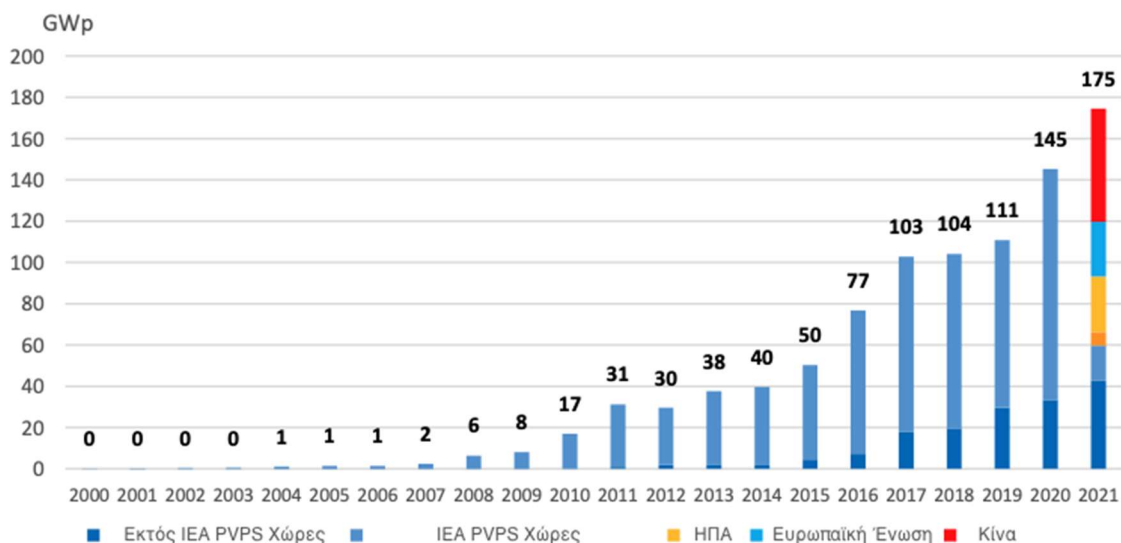
Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία της IEA PVPS (2022) τουλάχιστον 175 GWdc φωτοβολταϊκών συστημάτων τέθηκαν σε λειτουργία στον κόσμο πέρυσι, εκ των οποίων οι χώρες του IEA PVPS αντιπροσώπευαν 132 GWdc. Οι χώρες του IEA PVPS αντιπροσώπευαν 767 GW σφραγιστικού φωτοβολταϊκού δυναμικού στο τέλος του 2021, δηλαδή τουλάχιστον το 81% του παγκόσμιου φωτοβολταϊκού δυναμικού. Εκτός από τα μέλη του προγράμματος IEA PVPS, οι άλλες μεγάλες αγορές στον κόσμο αντιπροσωπεύουν τουλάχιστον 175 GW σφραγιστικής εγκατεστημένης ισχύος στο τέλος του 2021.

Το 2021, τουλάχιστον 20 χώρες εγκατέστησαν περισσότερα από 1 GW. Δεκαπέντε χώρες διαθέτουν πλέον συνολική σφραγιστική δυναμικότητα άνω των 10 GW, ενώ πέντε χώρες έχουν συνολική δυναμικότητα άνω των 40 GW. Μόνο η Κίνα αντιπροσωπεύει 308,5 GW και ακολουθεί η Ευρωπαϊκή Ένωση (ως EU27), η οποία συνήθιζε να ηγείται της κατάταξης για χρόνια, αλλά κατατάσσεται δεύτερη από το 2015 (178,7 GW), οι ΗΠΑ κατατάσσονται τρίτες (123 GW) και η Ιαπωνία τέταρτη (78,2 GW).

Ακόμα, η Βραζιλία εγκατέστησε 5,5 GW, διατηρώντας τον τίτλο της, ως η πιο δυναμική αγορά στη Λατινική Αμερική. Η Κορέα (σταθερή) και η Αυστραλία (αυξανόμενη)

εγκατέστησαν αντίστοιχα 4,2 GW και 4,6 GW. Εξετάζοντας λίγο πιο αναλυτικά τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Γερμανία γνώρισε άλλη μια χρονιά ανάπτυξης, με περίπου 5,3 GW πρόσθετης εγκατεστημένης δυναμικότητας, η Ισπανία εγκατέστησε 4,9 GW, σημειώνοντας νέο ετήσιο ρεκόρ εγκατεστημένης φωτοβολταϊκής ισχύος, ενώ η Γαλλία είδε την αγορά της να υπερτριπλασιάζεται με 3,4 GW εγκατεστημένης ισχύος. Αξιοσημείωτη ανάπτυξη παρατηρήθηκε επίσης στην Πορτογαλία (572 MW έναντι 151 MW το 2020), στην Αυστρία (720 MW έναντι 340 MW το 2020) και σε μικρότερο βαθμό στην Ιταλία (944 MW έναντι 785 MW το 2020). Η Ολλανδία συνεχίζει να εγκαθιστά μαζικά φωτοβολταϊκά, με 3,3 GW μετά από 3 GW το προηγούμενο έτος και η Πολωνία συνεχίζει την επέκταση σε κλίμακα GW. Η Ελλάδα επανεκκίνησε τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μετά από χρόνια παύσης και γενικά, η ευρωπαϊκή αγορά επωφελήθηκε από μια, συνολική ανάπτυξη.

Όπως και το 2020, οι 10 κορυφαίες αγορές φωτοβολταϊκών το 2021 έχουν εγκαταστήσει τουλάχιστον 3 GW φωτοβολταϊκών συστημάτων, έναντι 1,5 GW το 2018. Αρκετές χώρες που τα προηγούμενα χρόνια εγκατέστησαν σημαντικές δυναμικότητες έχουν εγκαταλείψει την πρώτη 10άδα για την ετήσια εγκατεστημένη δυναμικότητα, όπως το Βιετνάμ. Οι χώρες αυτές εξακολουθούν να παρουσιάζουν σημαντικές εξελίξεις στην αγορά, ωστόσο, όχι αρκετές για να παραμείνουν στην πρώτη 10άδα. Η πρώτη 10άδα της συνολικής σωρευτικής εγκατεστημένης δυναμικότητας παρουσιάζει μεγαλύτερη αδράνεια λόγω των προηγούμενων επιπέδων εγκαταστάσεων: Η Ιταλία και το Ηνωμένο Βασίλειο εγκατέλειψαν τις κορυφαίες χώρες όσον αφορά τις ετήσιες εγκαταστάσεις αρκετά χρόνια πριν. Αν οι προηγούμενες εξελίξεις της Ιταλίας εξακολουθούν να της επιτρέπουν να παραμείνει στην πρώτη 10άδα όσον αφορά τη σωρευτική εγκατεστημένη ισχύ, το Ηνωμένο Βασίλειο βγήκε από την πρώτη 10άδα όσον αφορά τη σωρευτική εγκατεστημένη ισχύ φέτος και αντικαταστάθηκε από την Ισπανία.



Γράφημα 13: Εξέλιξη των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Πηγή: IEA PVPS (2022)

4.3. Η αγορά της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια το 2030

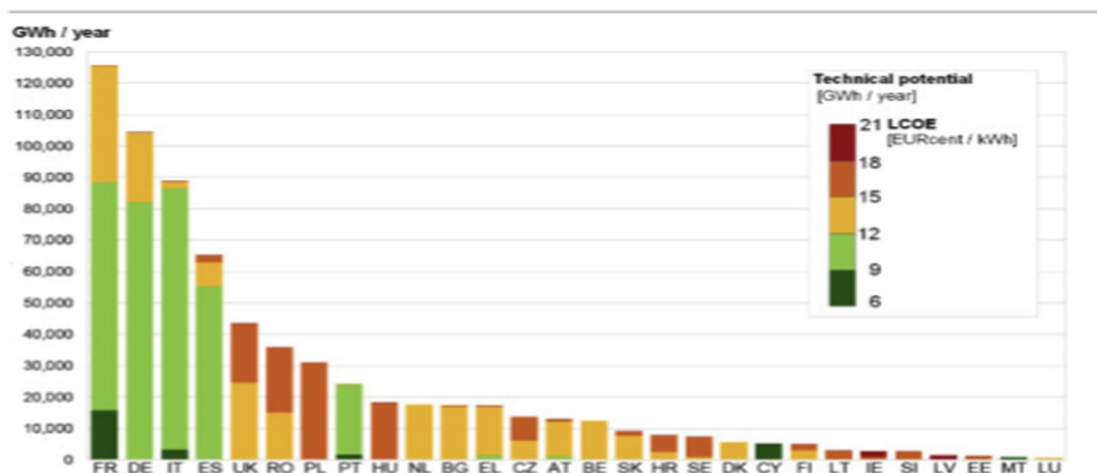
Η ανάλυση της SolarPowerEurope (2022) για την αγορά έδειξε βελτιωμένες προοπτικές για την ηλιακή ενέργεια σε ολόκληρη την ΕΕ, με τις περισσότερες χώρες να έχουν περισσότερη εγκατεστημένη ισχύ από ό,τι αναμενόταν. Το 2021, η Εσθονία και η Λετονία έχουν ήδη επιτύχει τους στόχους τους για το 2030. Μέχρι το τέλος του 2022, η Ιρλανδία, η Πολωνία και η Σουηδία έχουν επίσης επιτύχει τους ηλιακούς στόχους τους για το 2030 στο πλαίσιο του Εθνικών τους Πλαισίων για την Ενέργεια (η ηλιακή δυναμικότητα της Πολωνίας ήταν 8 χρόνια νωρίτερα ακόμη και 72% υψηλότερη από τον στόχο της για το 2030, ένδειξη ότι η τεχνολογία δεν ήταν στο ραντάρ κατά τη στιγμή της σύνταξης του Εθνικού της Πλαισίου).

Το 2021, η ανάλυση SolarPowerEurope (2022) έδειξε ότι όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ ήταν σε καλό δρόμο για να επιτύχουν τους εθνικούς τους στόχους για την ηλιακή ενέργεια έως το 2030 ή νωρίτερα. Σύμφωνα με τις επικαιροποιημένες προβλέψεις μας για την ανάπτυξη της αγοράς, 15 κράτη μέλη της ΕΕ θα επιτύχουν τον στόχο τους νωρίτερα από ό,τι προβλέψαμε πέρυσι. Μόνο η Δανία προβλέπεται να επιτύχει τον στόχο της αργότερα αλλά ακόμα και έτσι είναι χρόνια πριν από την προθεσμία του 2030. Αυτό καταδεικνύει την εξαιρετική ταχύτητα ανάπτυξης της ηλιακής ενέργειας, η οποία είναι συνέπεια της ταχείας βελτίωσης της ανταγωνιστικότητας του κόστους και της εξαιρετικής τεχνολογικής ευελιξίας. Ωστόσο, υπογραμμίζει η ανάλυση επίσης ότι το επίπεδο φιλοδοξίας των εθνικών ηλιακών στόχων

πρέπει να αυξηθεί σημαντικά τώρα που οι φορείς χάραξης ενεργειακής πολιτικής έχουν επιτέλους επίγνωση των δυνατοτήτων της ηλιακής ενέργειας.

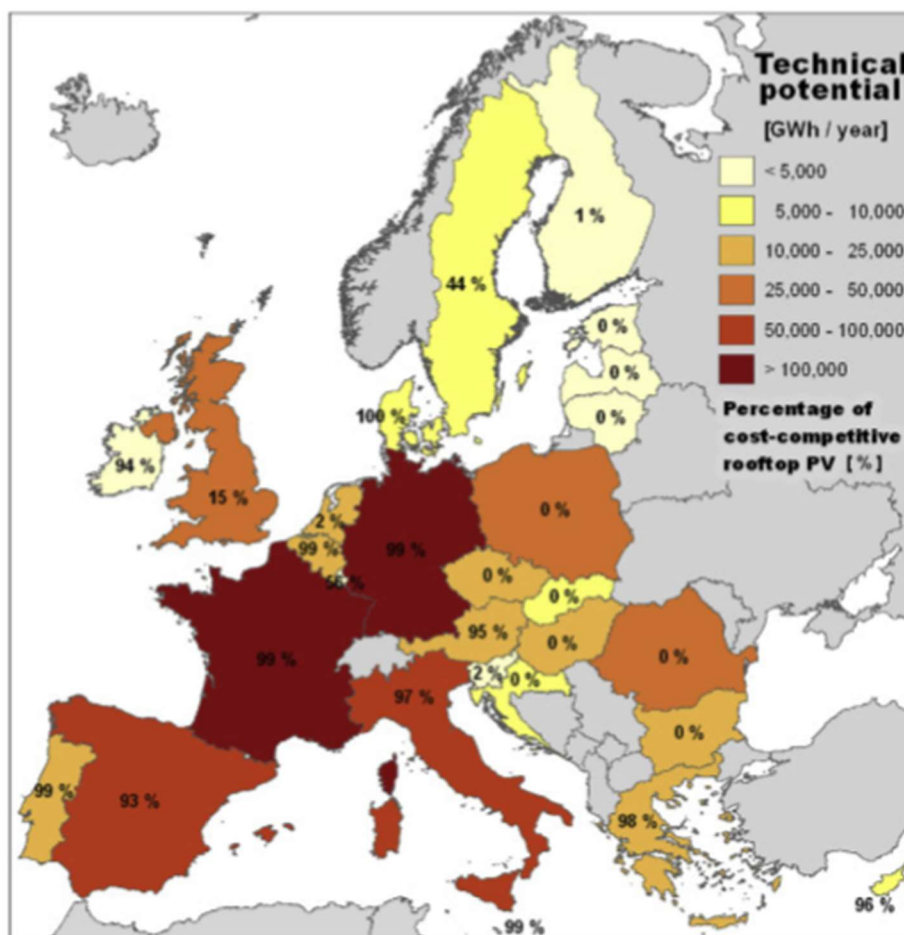
4.4. Φωτοβολταϊκά σε στέγες σε επιλεγμένες χώρες

Η πρόεδρος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, Ursula von der Leyen, ανακοίνωσε ότι θα δώσει εντολή για υποχρεωτική ηλιακή ενέργεια στις στέγες των εμπορικών και δημόσιων κτιρίων έως το 2027 και για τα οικιστικά κτίρια έως το 2029 (Todoronί, 2022). Ένα βασικό ερώτημα που προκύπτει είναι αν μπορεί το κτιριακό απόθεμα της ΕΕ να προσφέρει χώρο για τη σημαντική αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά και υπό ποιες οικονομικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Bódiset al. (2019) παρουσιάζουν τα διαφορετικά χρώματα των στηλών του Γραφήματος 14 υποδεικνύουν το ισοσταθμισμένο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE) με το οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια, καθώς και το ποσοστό κάθε ζώνης LCOE στο συνολικό τεχνικό δυναμικό. Ο ρόλος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανά χώρα παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στις νότιες χώρες της ΕΕ (Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία, Κύπρος, Μάλτα), όπου η ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παραχθεί με 6-12 EURcent/kWh. Αυτό οφείλεται κυρίως στην υψηλή παραγωγικότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η Γαλλία και η Γερμανία προσφέρουν σημαντικές ευκαιρίες για παραγωγή με σχετικά χαμηλό κόστος. Το μεγάλο κτιριακό τους απόθεμα και η αντίστοιχη επιφάνεια των στεγών τους έχουν ως αποτέλεσμα υψηλές τεχνικές δυνατότητες. Οι δυνατότητες αυτές σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος κεφαλαίου επιτρέπουν την ανάπτυξη συστημάτων σε στέγες με ευνοϊκούς όρους.



Γράφημα 14: Τεχνικό δυναμικό των φωτοβολταϊκών συστημάτων στέγης σε κάθε κράτος μέλος της ΕΕ εκφρασμένο σε GWh/έτος. Το χρώμα των στηλών δείχνει ποιο μερίδιο του τεχνικού δυναμικού μπορεί να παραχθεί σε κάθε ζώνη LCOE. Πηγή: Bódis et al. (2019)

Στο Γράφημα 15 παρατίθεται χάρτης με τις τεχνικές δυνητικές ικανότητες κάθε χώρας και τη συνολική αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (GWh/έτος). Οι αριθμοί δείχνουν το μερίδιο της οικονομικής δυνητικής ικανότητας ως ποσοστό του τεχνικού για κάθε χώρα. Παρέχουν το ποσοστό των συστημάτων στέγης που είναι ανταγωνιστικά ως προς το κόστος και παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με χαμηλότερο κόστος από τις τελευταίες διαθέσιμες (2017) τιμές λιανικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας στις χώρες που αναλύθηκαν. Υπό αυτή την έννοια, οι εθνικές τιμές λιανικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν ως σημείο αναφοράς για τον καθορισμό του οικονομικού δυναμικού, κάνοντας την παραδοχή ότι η σύγκριση του LCOE και της οικιακής τιμής ηλεκτρικής ενέργειας ορίζει τα συστήματα που είναι ανταγωνιστικά ως προς το κόστος. Παρά τους περιορισμούς μιας τέτοιας απλούστευσης, οι τιμές λιανικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι, από όσο γνωρίζουμε, ο καλύτερος διαθέσιμος δείκτης για την αξιολόγηση της ανταγωνιστικότητας των ηλιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων.



Γράφημα 15: Τεχνικές δυνητικές ικανότητες ηλεκτρικής ενέργειας των φωτοβολταϊκών σε στέγες στο σημερινό κτιριακό απόθεμα της ΕΕ και μερίδιο (%) του ανταγωνιστικού ως προς το κόστος των τεχνικών δυνητικών ικανοτήτων. Πηγή: Bódis et al. (2019)

Συγκεκριμένες χώρες, όπως η Γερμανία, η Γαλλία, η Ιταλία και η Ισπανία, ξεχωρίζουν στους χάρτες, καθώς φιλοξενούν τις υψηλότερες οικονομικές δυναμικές ικανότητες που μεταφράζεται σε περισσότερες επιλογές για συμφέρουσες επενδύσεις. Το ανταγωνιστικό LCOE σε αυτές τις χώρες προέρχεται μόνο εν μέρει από ένα ευνοϊκό ηλιακό δυναμικό. Το χαμηλότερο κόστος χρηματοδότησης σε συνδυασμό με τις υψηλότερες τιμές λιανικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν σημαντικούς παράγοντες κόστους-αποτελεσματικότητας και παρέχουν τις τιμές του 2017 για τη Γερμανία, την Ισπανία, την Ιταλία και τη Γαλλία σε 30,5, 23,0, 21,3 και 16,9 EURcent/kWh, αντίστοιχα. Συγκρίνοντας αυτές τις τιμές με την έξοδο του μοντέλου που αναπτύχθηκε, προκύπτει ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά είναι φθηνότερη κατά 49%, 44%, 42% και 23%, αντίστοιχα. Αντίθετα σε αυτή την περίπτωση στέκονται οι χώρες της ανατολικής Ε.Ε. (Βουλγαρία, Ουγγαρία, Ρουμανία, Εσθονία) κυρίως λόγω των χαμηλών τιμών λιανικής (9,5-12 EURcent/kWh).

Οι τεράστιες διαφορές στις οικονομικές δυναμικές ικανότητες μεταξύ της Αυστρίας και της Ουγγαρίας οφείλονται σε ένα συνδυασμένο αποτέλεσμα. Το παρόμοιο τεχνικό δυναμικό μειώνεται από το υψηλό κόστος χρηματοδότησης της Ουγγαρίας και τις χαμηλές τιμές λιανικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Μια ενδιαφέρουσα διαφορά παρατηρείται μεταξύ της Ελλάδας και της Βουλγαρίας, οι οποίες διαθέτουν εξαιρετικό ηλιακό δυναμικό, και οι αυξημένες τιμές λιανικής στην Ελλάδα καθιστούν τα φωτοβολταϊκά ανταγωνιστικά.

Θα ολοκληρώσουμε την εργασία μας συγκρίνοντας τρεις χώρες και την κατάσταση, τις πολιτικές και τα κίνητρα για τα φωτοβολταϊκά στις στέγες, γιατί κανένα κράτος μέλος της Ε.Ε. δεν διαθέτει πλήρως επαρκείς πολιτικές για να εξασφαλίσει την απαραίτητη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών κατά την επόμενη δεκαετία και πέραν αυτής.

4.4.1. Η περίπτωση της Γερμανίας

Η Γερμανία ήδη από το 1989 θέτει το πρώτο της πρόγραμμα ('1000 Solar Roof Program') για φωτοβολταϊκά στη στέγη με αποτέλεσμα σήμερα να έχει αναπτύξει ένα υγιές περιβάλλον για τα φωτοβολταϊκά στη στέγη (Baur & Uriona, 2018). Τα φωτοβολταϊκά σε στέγες στη Γερμανία παράγουν περίπου 15 TWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως και υπάρχει επαρκής έκταση στέγης για να αυξηθεί αυτή η ποσότητα. Ο νέος γερμανικός συνασπισμός ανακοίνωσε τον Νοέμβριο του 2021 μεγάλα σχέδια για την επιτάχυνση της ενεργειακής μετάβασης, με στόχο την "ιδανική" έξοδο από τον άνθρακα έως το 2030 και τον

τετραπλασιασμό των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σε όλες τις στέγες έως το 2030 (Kurmayer, 2021).

Η Γερμανία επίσης ενέκρινε ένα σύνολο νέων ενεργειακών κανονισμών, συμπεριλαμβανομένης μιας νέας έκδοσης του νόμου της χώρας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, γνωστού ως EEG 2023, που θα οδηγήσει σε ορισμένες αυξήσεις στα τιμολόγια τροφοδότησης της ηλιακής ενέργειας. Οι νέες διατάξεις θα επιφέρουν αρκετές αλλαγές στον τομέα των φωτοβολταϊκών (Willuhn, 2022). Μία από τις σημαντικότερες είναι η εισαγωγή δύο ξεχωριστών τιμολογίων τροφοδότησης. Οι ιδιοκτήτες φωτοβολταϊκών συστημάτων σε στέγες μπορούν πλέον να αποφασίσουν να αποδεχθούν ένα μικρότερο τιμολόγιο τροφοδότησης και να χρησιμοποιήσουν οι ίδιοι μέρος της ενέργειας της στέγης τους ή να λάβουν πρόσθετη αμοιβή, επιπλέον του κανονικού τιμολογίου τροφοδότησης, εάν τροφοδοτήσουν με το 100% της ενέργειας της στέγης τους.

Το σύστημα θεσπίστηκε για να δώσει κίνητρα για την πλήρη αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών στις στέγες. Μέχρι τώρα, ο μηχανισμός στήριξης παρακινούσε τους ιδιοκτήτες σπιτιών και τις επιχειρήσεις να κλιμακώσουν τα φωτοβολταϊκά τους συστήματα ανάλογα με τη δική τους κατανάλωση, αφήνοντας αχρησιμοποίητες τεράστιες εκτάσεις στις στέγες. Πρόσθετες επιδοτήσεις παρέχονται επίσης για την προώθηση των συστημάτων στέγης στη Γερμανία, που κυμαίνονται μεταξύ 1.863 και 22.500 ευρώ σε μικροδίκτυα που εγκαθίστανται μεταξύ 20 και 100 τετραγωνικών μέτρων (Kılıç & Kekezoğlu, 2022). Επιπλέον, στις εγκαταστάσεις που πραγματοποιούνται στα κτίρια που ορίζονται στους μηχανισμούς στήριξης, η στήριξη αυξήθηκε στο ανώτερο επίπεδο και τα συστήματα οροφής ενισχύονται με ελεγχόμενο τρόπο. Οι ενισχύσεις που παρέχονται στη Γερμανία δεν καλύπτονται από την κεντρική κυβέρνηση. Εδώ, οι ενισχύσεις αντανακλώνονται στους τελικούς χρήστες ως πρόσθετες επιβαρύνσεις.

4.4.2. Η περίπτωση της Ισπανίας

Η Ισπανία ξεκίνησε τον προσανατολισμό της προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 1997 με τον νόμο για τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Το 2010, όταν τα παρεχόμενα κίνητρα υπερέβαιναν τα 100 kW εγκατεστημένης ισχύος, υιοθετήθηκε η μέθοδος μείωσης των κινήτρων. Έτσι, οι εγκαταστάσεις κατευθύνονται σε μικροδίκτυα (Kılıç & Kekezoğlu, 2022). Επιπλέον, οι ισπανικές τράπεζες εφάρμοσαν ρυθμίσεις χαμηλής έντασης και οι ρυθμίσεις επιταχύνθηκαν. Σήμερα, το σύστημα κινήτρων στην Ισπανία έχει αναθεωρηθεί σύμφωνα με το μοντέλο λογικής κερδοφορίας. Το 2017, η εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύς της

Ισπανίας έφθασε τα 4978 MW. Με αυτή την τιμή, έφτασε στην έκτη θέση στον κόσμο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά με την εγκατεστημένη ισχύ των φωτοβολταϊκών να ξεπερνά τα επίπεδα των 7567 MW το 2019 (Κιλic & Kekezoğlu, 2022).

Για μεγάλο χρονικό διάστημα, η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών σε σπίτια γινόταν εξαιρετικά δύσκολη λόγω του λεγόμενου "φόρου ήλιου", καθώς και των διαφόρων διοικητικών διαδικασιών που απαιτούσε. Από το 2019 όμως δεν υπάρχει πια φόρος ήλιου στην Ισπανία, αφού ο αμφιλεγόμενος νόμος καταργήθηκε και θεσπίστηκαν άλλα μέτρα για να γίνει ευκολότερη η ενεργειακή αυτάρκεια. Τον Ιούνιο του 2021, το Συμβούλιο Υπουργών της Ισπανίας ενέκρινε το βασιλικό διάταγμα 477/2021, το οποίο επιτρέπει άμεσες επιχορηγήσεις στις αυτόνομες περιφέρειες, για την παροχή κινήτρων εγκατάστασης μονάδων αυτοκατανάλωσης και αποθήκευσης, τόσο για επιχειρήσεις όσο και για ιδιώτες (Underwood, 2022). Το διάταγμα επικαιροποιήθηκε περαιτέρω τον Μάιο του 2022 (βασιλικό διάταγμα 377/2022) ενσωματώνοντας έξι διαφορετικά προγράμματα κινήτρων για τον οικιακό και τον επιχειρηματικό τομέα. Το ποσό της κάθε επιχορήγησης ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή στην οποία θα γίνει η εγκατάσταση και ο εξοπλισμός ηλιακών συλλεκτών που θα αξιοποιηθεί. Στην Ανδαλουσία, για παράδειγμα, οι τοπικές κυβερνήσεις προσφέρουν επιχορηγήσεις έως και 40% για νέες εγκαταστάσεις, φωτοβολταϊκών, ώστε να δώσουν κίνητρα στους κατοίκους να εξετάσουν το ενδεχόμενο μετάβασης στην ηλιακή ενέργεια (Underwood, 2022)..

Έτσι, η ζήτηση για ηλιακούς συλλέκτες έχει εκτοξευθεί σε πρωτοφανή επίπεδα στην Ισπανία, καθώς η ενεργειακή κρίση στην Ευρώπη δεν δείχνει σημάδια ύφεσης και παρόλο που δεν θεωρείται μια φθηνή επένδυση από τους Ισπανούς, αλλά με τη βοήθεια της ΕΕ και των κρατικών επιδοτήσεων, η εξοικονόμηση που θα κάνουν στο λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος, καθιστά τελικά την επένδυση εφικτή (Alarcón, 2022).

4.4.3. Η περίπτωση της Ελλάδας

Η Ελλάδα κατατάσσεται 8η στον κόσμο σε ΑΠΕ, καθώς ήδη σημειώνεται τεράστια συμμετοχή της καθαρής ενέργειας στο ηλεκτρικό μείγμα που φθάνει στο 46% φέτος, ενώ ο στόχος είναι να φθάσει στο 80% μέχρι το 2030 και τα φωτοβολταϊκά στη στέγη θα συμβάλλουν θετικά προς την επίτευξη του στόχου (Λιάγγου, 2022). Παρόλα αυτά, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποιο συνεκτικό εθνικό σχέδιο για την ενεργειακή πολιτική για το πώς ακριβώς θα επιτευχθεί αυτός ο στόχος, παρόλο που η Ελλάδα βρίσκεται σε ένα από τα

σημεία μέγιστης ηλιοφάνειας του πλανήτη, με αποτέλεσμα η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας να είναι πιο βιώσιμη οικονομικά από ό,τι στις βορειότερες χώρες.

Η Ελλάδα μόλις το 2006 όρισε νόμο για τις ΑΠΕ τον ν. 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» και 3 χρόνια αργότερα έγινε το πρώτο «Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών». Μέχρι και σήμερα όμως η γραφειοκρατία είναι δαιδαλώδης και είναι το βασικό αντικίνητρο για να παρθεί πρωτοβουλία για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις στέγες.

Η Ελλάδα διαθέτει περίπου 2.763 MW εγκατεστημένης ισχύος ηλιακής ενέργειας στο τέλος του 2019, ενώ την προηγούμενη χρονιά η νεοαναπτυχθείσα φωτοβολταϊκή ισχύς έφτασε περίπου τα 111 MW. Η ελληνική αγορά ηλιακής ενέργειας έχει επιτρέψει στην ανάπτυξη μέσω δημόσιων διαγωνισμών και κινήσεων από οργανισμούς, να αγκαλιάσουν τα φωτοβολταϊκά για να μειώσουν το κόστος και να επιτύχουν στόχους βιωσιμότητας. Για αυτό και παρατηρείται παρά τις αντιξοότητες (εισοδηματικές και γραφειοκρατικές) υψηλό ενδιαφέρον για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα, ενώ θα υπάρχει μια επιδότηση 40% με 60% και θα αφορά φωτοβολταϊκά ισχύος έως 10 κιλοβάτ που θα συνδυάζονται με αποθήκευση (μπαταρίες).

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τον ΣΒΑ 7 της Ατζέντα 2030 τα έθνη καλούνται να «εξασφαλίσουν πρόσβαση σε οικονομικά προσιτή, αξιόπιστη, βιώσιμη και σύγχρονη ενέργεια για όλους» (UN, 2015, σ. 19) έως το 2030. Βέβαια, η επίτευξη του στόχου της Συμφωνίας των Παρισίων για τη συγκράτηση της αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας σε επίπεδα πολύ κάτω των 2°C, σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα απαιτεί μια βαθιά και ταχεία μετατροπή των ενεργειακών συστημάτων από τα ορυκτά καύσιμα παγκοσμίως. Φαίνεται ότι οι διεθνείς ατζέντες ευθυγραμμίζονται καλά σε ορισμένους από τους στόχους τους, οδηγώντας σε πολλαπλές συνέργειες, ενώ ο αλληλένδετος χαρακτήρας των ΣΒΑ και ο μετασχηματιστικός χαρακτήρας της μετάβασης σε χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η συνεχής αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη οδηγεί στο γεγονός ότι όσο περνάει ο καιρός τα φωτοβολταϊκά θα καταλαμβάνουν όλο και μεγαλύτερο μερίδιο του ενεργειακού μείγματος. Μετά τη συμφωνία του Παρισιού και ιδιαίτερα μετά την ευρωπαϊκή πράσινη συμφωνία και το σχέδιο REPowerEU, η ηλιακή ενέργεια έχει μετατραπεί σε δομικό στοιχείο της μετάβασης της ΕΕ προς την καθαρή ενέργεια.

Η άμεση συμβολή των φωτοβολταϊκών έγκειται στη μείωση των εκπομπών CO₂ και στην απασχόληση. Η επιταχυνόμενη ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα. Επιπλέον, η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο προσιτή ανανεώσιμη ενέργεια για τα νοικοκυριά και συμβάλλει στην προστασία των καταναλωτών από τις ασταθείς τιμές της ενέργειας. Αυτό συνεπάγεται ότι η ηλιακή ενέργεια, σε συνδυασμό με την ενεργειακή απόδοση, παρέχει προστασία τους Ευρωπαίους πολίτες από την αστάθεια των τιμών των ορυκτών καυσίμων που παρατηρείται ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια από το ξέσπασμα του Πολέμου στην Ουκρανία. Άρα η φτηνή και προσιτή ενέργεια έχει επίδραση και στο ζήτημα της φτώχειας. Με άλλα λόγια, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να προωθήσουν την επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης μέσα από πολλά κανάλια.

Στην παρούσα εργασία αφού κάναμε αναφορά σε βασικά στοιχεία της ηλιακής ενέργειας (Κεφάλαιο 1), το θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ για το ζήτημα της ενέργειας (Κεφάλαιο 2) και στους ΣΒΑ (Κεφάλαιο 3), καταλήξαμε στον πυρήνα της ανάλυσής μας, στην διεύθυνση των φωτοβολταϊκών στην ΕΕ (Κεφάλαιο 4). Ελπίζουμε από την εργασία μας να έγινε αισθητή η ταχεία ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών μετά το 2009 και η σύνδεση ιδιαίτερα μετά το 2016 με

τους στόχους για την βιώσιμη ανάπτυξη που έχει θέσει η ΕΕ. Επίσης, ελπίζουμε να τονίσαμε αρκετά τις βελτιωμένες προοπτικές για την ηλιακή ενέργεια σε ολόκληρη την ΕΕ. Μέσα από τα τρία παραδείγματα χωρών που αναπτύχθηκαν (Ενότητα 4.4.) για το ζήτημα των φωτοβολταϊκών στέγης, επιδιώξαμε να εστιάσουμε τόσο στα καλά παραδείγματα, αλλά και στα εμπόδια που σχετίζονται με τις διοικητικές διαδικασίες και τα πολιτικά και οικονομικά πλαίσια που εμποδίζουν την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών στέγης. Είναι σημαντικό να εντοπιστούν και να ξεπεραστούν τα εμπόδια σε εθνικό επίπεδο και να διασφαλιστεί ότι υπάρχουν τα κατάλληλα κίνητρα για μεγαλύτερη εξάπλωση των φωτοβολταϊκών σε στέγες. Ιδιαίτερα για την περίπτωση της Ελλάδας, είναι απαραίτητο να επισημανθούν οι καλές πρακτικές του εξωτερικού (π.χ. Γερμανίας και Ισπανίας) και να εντοπιστούν τα δικά της εμπόδια. Μόνο έτσι θα προσδιοριστούν οι βασικοί παράγοντες επιτυχίας για τη δημιουργία του κατάλληλου ρυθμιστικού πλαισίου που είναι απαραίτητο και πρέπει να προκύψει άμεσα. Η Ελλάδα βρίσκεται σε ένα από τα σημεία μέγιστης ηλιοφάνειας του πλανήτη, με αποτέλεσμα η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας να είναι πιο βιώσιμη οικονομικά από ό,τι στις βορειότερες χώρες, και επειδή αντιμετωπίζει μεγάλες προκλήσεις σε επίπεδο ΣΒΑ, η προώθηση της διείσδυσης των φωτοβολταϊκών είναι αναγκαία για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης.

Στην πορεία της μελέτης μας, οι περιορισμοί ήταν ότι επιλέξαμε να εστιάσουμε στο ζήτημα των φωτοβολταϊκών στις στέγες και δεν μελετήσαμε περιπτώσεις μεγαλύτερων ηλιακών εγκαταστάσεων, όπου πολλές χώρες απαιτούν ειδικές παραχωρήσεις, μέσα από μακροχρόνιες διαδικασίες, πρόσθετες γνωμοδοτήσεις εμπειρογνομόνων, απόκτηση "πιστοποιητικών πράσινης ενέργειας" και ποικίλες πληρωμές αδειών. Ένας ακόμα παράγοντας ο οποίος μπορεί να αποτελέσει περιορισμό στην εφαρμογή και εξέλιξη των διαδικασιών που έχουν αναλυθεί παραπάνω, είναι ότι παρόλο που έγινε αναφορά στα οικονομοτεχνικά και θεσμικά ζητήματα δεν έγινε ανάλογη αναφορά στην αποδοχή και τη γνώση του κοινού που αποτελούν επίσης ένα καθοριστικό ζήτημα.

Η μελλοντική έρευνα οφείλει να εστιάσει στα εμπόδια της ανάπτυξης φωτοβολταϊκών σταθμών και συγκεκριμένα στο μείζον ζήτημα του υψηλού κόστους τους και της ανεπαρκούς εθνικής υποστήριξης για περαιτέρω ανάπτυξη. Επίσης, χρειάζεται επιπλέον μελέτη για το ζήτημα της σύνδεσης νέων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας στο εθνικό σύστημα, το οποίο εξαρτάται από τη χωρητικότητα του δικτύου, τη διαθεσιμότητα και το τεχνικό επίπεδο της υποδομής του δικτύου, ζητήματα που χρήζουν εκτενέστερης μελέτης. Αυτό σημαίνει ότι χρειάζονται περισσότερες μελέτες για ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών σταθμών

ηλεκτροπαραγωγής με έμφαση στη διαθεσιμότητα της χωρητικότητας σύνδεσης, ειδικότερα σε χώρες όπως η Ελλάδα που η ηλιακή ενέργεια θα μπορούσε να αποτελέσει μια λύση στο ενεργειακό ζήτημα λόγω της υψηλής ηλιοφάνειας. Επίσης, μελλοντικές μελέτες οφείλουν να λάβουν υπόψη ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά εξαρτάται από την ηλιακή ακτινοβολία και άλλες ατμοσφαιρικές μεταβλητές, δηλαδή να συμπεριληφθεί η παράμετρος της κλιματικής αλλαγής και πώς μπορεί να επηρεάσει την παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά και τη χρονική της σταθερότητα για ένα συγκεκριμένο αριθμό πάνελ

Εν κατακλείδι, σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην εργασία, η δυναμικότητα των φωτοβολταϊκών στις χώρες της ΕΕ φαίνεται μεν να αυξάνεται χρόνο με το χρόνο, ωστόσο, η ανάλυση των ετήσιων εγκαταστάσεων φανέρωσε ότι το μερίδιο των χωρών της ΕΕ μειώνεται σε σύγκριση με την αυξανόμενη παγκόσμια αγορά. Παρόλα αυτά, η υφιστάμενη έμφαση της Ευρώπης στην απαλλαγή από τον άνθρακα και τη γρήγορη ενεργειακή μετατροπή από τη χρήση ορυκτών καυσίμων προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έγινε παραπάνω από αισθητή και οφείλεται στο γεγονός ότι οι ευρωπαϊκές αρχές επιθυμούν να μετριάσουν την ανθρωπογενή επίδραση στο κλιματικό σύστημα της γης. Αναφέραμε επίσης τα κύρια πλεονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας όπου συνδέονται με: την ευρεία διαθεσιμότητα της πηγής ενέργειας, το μηδενικό κόστος κατανάλωσης ενέργειας μετά το τέλος της περιόδου απόδοσης της επένδυσης, τη φιλικότητα αυτής της πηγής ενέργειας προς το περιβάλλον και τις μηδενικές επιπτώσεις στο ενεργειακό ισοζύγιο της γης. Τα κυριότερα προβλήματα που συνδέονται με αυτή την πηγή ενέργειας είναι: τα προβλήματα αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας, το σχετικά υψηλό κόστος της εγκατάστασης, αλλά και της μετέπειτα συντήρησης, η εξάρτηση της ενέργειας από την εποχικότητα και τα ενεργειακά πάνελ, τα οποία χρειάζονται πολύ μεγάλη έκταση για να εγκατασταθούν.

Έτσι, μια πρόταση πολιτικής που θα μπορούσε να ληφθεί υπόψιν για το μέλλον, είναι ο συνδυασμός της ευρείας χρήσης του μείγματος ενέργειας υδρογόνου και φωτοβολταϊκής ενέργειας. Το σύστημα αυτό φαίνεται να είναι περιβαλλοντικά βιώσιμο και για τον λόγο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για εφαρμογές συνδεδεμένες στο δίκτυο, όσο και για εφαρμογές εκτός δικτύου. Αυτό το μείγμα μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία καθαρών καυσίμων μεταφοράς, με χρήση υδρογόνου που τροφοδοτείται από ηλιακή ενέργεια. Για παράδειγμα, το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί από ηλιακά φωτοβολταϊκά και στο επόμενο στάδιο να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί. Είναι χαρακτηριστικό, ότι ένα νέο είδος ηλιακού συλλέκτη, που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν, πέτυχε απόδοση 9% στη μετατροπή του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο - μιμούμενο ένα κρίσιμο βήμα στη

φυσική φωτοσύνθεση. Σε εξωτερικούς χώρους, αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό άλμα στην τεχνολογία, σχεδόν 10 φορές πιο αποτελεσματικό από τα πειράματα ηλιακής διάσπασης νερού του είδους του (McAlpine, 2023). Με άλλα λόγια, η ΕΕ οφείλει όχι μόνο να θέσει στόχους για ποσοτική αύξηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων αλλά να συμπεριλάβει και την ποιοτική διάσταση αναφορικά με τα υλικά και την απόδοση του ηλιακού συλλέκτη.

Επίσης, οφείλει να αναγνωριστεί από την Ε.Ε. ότι πολλές χώρες συνεχίζουν να αντιμετωπίζουν προκλήσεις όσον αφορά στην ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. ανεπαρκή νομικά και ρυθμιστικά πλαίσια, στρεβλώσεις τιμών που προκαλούνται από επιδοτήσεις, έλλειψη απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας, απουσία δημόσιας αποδοχής ή/και χαμηλή ευαισθητοποίηση ή ικανότητα όσον αφορά τις δυνατότητες εφαρμογής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (UN, 2021)). Η Ε.Ε. να εντείνει τις δράσεις της τόσο σε επίπεδο χώρας, όσο και μέσω ενισχυμένης περιφερειακής συνεργασίας, ώστε με αυτόν τον τρόπο, να ξεπεράσουν οι χώρες αυτά τα εμπόδια και να αυξήσουν σημαντικά την υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην αγορά. Με άλλα λόγια, η επιτάχυνση της ανάπτυξης καθαρών ενεργειακών λύσεων που θα ανταποκρίνονται στον επείγοντα χαρακτήρα της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής απαιτεί συνεχείς δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις στην έρευνα και την καινοτομία στον τομέα της καθαρής ενέργειας. Βασίζεται επίσης στην ύπαρξη συνεργατικών δικτύων και συμπράξεων σε όλο τον κόσμο για την ενίσχυση του αντίκτυπου αυτών των επενδύσεων. Η λέξη «κλειδί» είναι ευρωπαϊκή (αλλά και διεθνής) συνεργασία και μέσω αυτής θα πραγματοποιηθεί η προώθηση των παγκόσμιων δεσμεύσεων στο πλαίσιο της συμφωνίας του Παρισιού και του θεματολογίου 2030 των Ηνωμένων Εθνών για την βιώσιμη ανάπτυξη.

Αναφορές

Ξενόγλωσση

Alarcón, P. As energy crisis bites, Spaniards snap up solar panels. <https://www.france24.com/en/live-news/20221223-as-energy-crisis-bites-spaniards-snap-up-solar-panels>.

Andoura et al. (2015) From the European Energy Community to the Energy Union a policy proposal for the short and the long term. *SERIES NEW DECISION-MAKERS, NEW CHALLENGES*.

André, G. (2012). Natural hazard mapping across the world. A comparative study between a social approach and an economic approach to vulnerability. *Cybergeo: European journal of geography*.

Banholzer, S., Kossin, J., & Donner, S. (2014). The impact of climate change on natural disasters. *Reducing disaster: Early warning systems for climate change*, 21-49.

Barkemeyer, R., Holt, D., Preuss, L., & Tsang, S. (2014). What Happened to the “Development” in Sustainable Development? Business Guidelines Two Decades After Brundtland: What happened to the “development” in sustainable development? *Sustainable Development*, 22(1), 15–32

Barysch, K., Tilford, S., & Warlin, A. (2007). *The Lisbon Scorecard VII: Will Globalisation Leave Europe Stranded?*. Centre for European Reform.

Baur, L., & Uriona, M. (2018). Diffusion of photovoltaic technology in Germany: A sustainable success or an illusion driven by guaranteed feed-in tariffs?. *Energy*, 150, 289-298.

Birol, F. (2015). Medium-term renewable energy market report 2015. *International Energy Agency, Paris, France, Tech. Rep.*

Bódis, K., Kougias, I., Jäger-Waldau, A., Taylor, N., & Szabó, S. (2019). A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109309.

Brill, R. (2022). Do Solar Panels Increase Your Home’s Value?. <https://www.forbes.com/home-improvement/solar/does-solar-increase-home-value/>.

Camacho, L. (2015). Sustainable Development Goals: Kinds, Connections and Expectations. *Journal of Global Ethics*, 11 (1), 18-23.

Cantarero, M. M. V. (2021). *Renewable Energy for Sustainable Development: Reviewing the Nicaraguan Energy Transition, Its Challenges and Opportunities*. Shaker Verlag.

Ciambra, A., & Solorio, I. (2015). The Liberalisation of the Internal Energy Market: Is the EU Dancing at a British Tempo?. *Energy Policy Making in the EU: Building the Agenda*, 147-165.

Colorado University (n.d.). Essence texts: Solar.
<http://lsa.colorado.edu/essence/texts/solar.html>.

COM (1995). An Energy Policy for the European Union. final European Commission White paper.

Covington. H & Thamotheram. R (2015). The Case for Forceful Stewardship (Part 1): The Financial Risk from Global Warming. <http://ssrn.com/abstract=2551478>

The Case for Forceful Stewardship (Part 2): Managing Climate Risk.
<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2551485>.

Diaz-Sarachaga, J. M., Jato-Espino, D., Castro-Fresno, D. (2018). Is the Sustainable Development Goals (SDG) index an adequate framework to measure the progress of the 2030 Agenda?, *Sustainable Development*, 26 (6), 663-671.

Dietz.S & Stern.N (2014). Endogenous growth, convexity of damages and climate risk: how Nordhaus 'framework supports deep cuts in carbon emissions. *Centre for Climate Change Economics and Policy*, Working Paper No.180

Ding, Z., Fan, Z., Tam, V. W., Bian, Y., Li, S., Illankoon, I. C. S., & Moon, S. (2018). Green building evaluation system implementation. *Building and Environment*, 133, 32-40

Dole, R., Hoerling, M., Perlwitz, J., Eischeid, J., Pegion, P., Zhang, T., ... & Murray, D. (2011). Was there a basis for anticipating the 2010 Russian heat wave?. *Geophysical Research Letters*, 38(6).

Eisenson, M. (2022). Solar Panels Reduce CO2 Emissions More Per Acre Than Trees — and Much More Than Corn Ethanol. <https://news.climate.columbia.edu/2022/10/26/solar-panels-reduce-co2-emissions-more-per-acre-than-trees-and-much-more-than-corn-ethanol/>.

EnergySavingTrust (2022). Solarpanels.<https://energysavingtrust.org.uk/advice/solar-panels/>.

Erbach, G. (2016). The Paris agreement: A new framework for global climate action.*European Parliamentary Research Service*.

ESFC (2023). Investments in the solar energy sector and solar power plants. <https://esfccompany.com/en/articles/solar-energy/investments-in-the-solar-energy-sector-and-solar-power-plants/>.

EurObserv'ER (2019). Capacity & generation Statistics time series.

European Commission (2019). Opening Statement in the European Parliament Plenary Session by Ursula von der Leyen, Candidate for President of the European Commission. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/speech_19_4230.

European Commission. (2018). A Clean Planet for all—A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. *depth analysis in support of the commission; Communication COM (2018), 773*, 2018.

European Commission. (2020). 2030 Climate & Energy Framework| Climate Action.

European Parliament (2009). EU Renewable Energy Directive 2009/28/EC *on the Promotion of the Use of Energy From Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*. Brussels, Belgium.

European Parliament (2015). Doha Amendment to the Kyoto Protocol. <https://www.europarl.europa.eu/EPRS/EPRS-AaG-559475-Doha-Agreement-Kyoto-Protocol-FINAL.pdf>.

Fernández, L. (2023). Solar photovoltaic in Europe - Statistics & Facts. Διαθέσιμο εδώ <https://www.statista.com/topics/5088/solar-photovoltaic-industry-in-europe/#editorsPicks>.

Fulzele, R., Fulzele, V., & Dharwal, M. (2022). Mapping the impact of COVID-19 crisis on the progress of Sustainable Development Goals (SDGs)-a focus on global environment and energy efficiencies. *Materials Today: Proceedings*, 60, 873-879.

Fuso Nerini, F., Tomei, J., To, L. S., Bisaga, I., Parikh, P., Black, M., ... & Mulugetta, Y. (2018). Mapping synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals. *Nature Energy*, 3(1), 10-15.

Gagnebin, M., Graichen, P., & Lenck, T. (2019). The French CO2 Pricing Policy: Learning from the Yellow Vests Protests. *Agora Energiewende, Berlin*.

Garetti, M., & Taisch, M. (2012). Sustainable manufacturing: trends and research challenges. *Production planning & control*, 23(2-3), 83-104.

Hansen J, Sato M, Ruedy R (2012) Perception of climate change. *Proc Natl Acad Sci USA* 109(37):E2415–E2423

Hák, T., Janoušková, S., & Moldan, B. (2016). Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. *Ecological Indicators*, 60, 565–573.

Heffron, R. J., & McCauley, D. (2018). What is the ‘just transition’?. *Geoforum*, [e-journal] 88.

Hepburn, C., O’Callaghan, B., Stern, N., Stiglitz, J., & Zenghelis, D. (2020). Will COVID-19 fiscal recovery packages accelerate or retard progress on climate change?. *Oxford review of economic policy*, 36(Supplement_1), S359-S381.

IEA (2015). International Energy Agency. Key World Energy Statistics.

IEA (2021). Global Energy Review, CO2 Emissions. <http://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021/co2-emissions>

IPCC (2012α) Στο: Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, Mastrandrea MD, Mach KJ, Plattner G-K, Allen SK, Tignor M, Midgley PM (eds) Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK/New York, p 582

IPCC (2012β) Summary for policymakers. Στο: Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, Mastrandrea MD, Mach KJ, Plattner G-K, Allen SK, Tignor M,

Midgley PM (eds) Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. a special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK/New York, pp 3–21

IPCC (2013) Approved summary for policy makers. Twelfth session of working group I. Working group I contribution to the IPCC Fifth assessment report. Climate change 2013: the physical science basis

IEA (2020). European Union 2020. *Energy Policy Review*.

IEA (2022). SolarPV. <https://www.iea.org/reports/solar-pv>.

Jäger-Waldau, A., Huld, T., Bódis, K., & Szabo, S. (2018). Photovoltaics in Europe after the Paris agreement. In *2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC)(A Joint Conference of 45th IEEE PVSC, 28th PVSEC & 34th EU PVSEC)* (pp. 3835-3837). IEEE.

Jaiswal, N., & Jayakumar, S. (2021). Covid-19 Pandemic-changes in the context of global environment and lessons learned. In *Environmental Resilience and Transformation in Times of COVID-19* (pp. 207-222). Elsevier.

Kim, R. E. (2016). The Nexus between International Law and the Sustainable Development Goals. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 25(1), 15–26.

Koehler, G. (2015). Seven Decades of “Development”, and Now What?: The SDGs and Transformational Change 2015. *Journal of International Development*, 27(6), 733–751.

Kougias, I., Taylor, N., Kakoulaki, G., & Jäger-Waldau, A. (2021). The role of photovoltaics for the European Green Deal and the recovery plan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144, 111017.

Kurmayer, N. (2021). New German coalition aims for 80% renewable power by 2030, more gas as back-up

Kılıç, U., & Kekezoğlu, B. (2022). A review of solar photovoltaic incentives and Policy: Selected countries and Turkey. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(5), 101669.

Le Blanc, D. (2015). Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets. *Sustainable Development*, 23(3), 176–187.

Maizland, L. (2022). Global Climate Agreements: Successes and Failures. <https://www.cfr.org/background/paris-global-climate-change-agreements>.

Maka, A. O., & Alabid, J. M. (2022). Solar energy technology and its roles in sustainable development. *Clean Energy*, 6(3), 476-483.

Matthews, D. H., & Tokarska, K. (2021). New research suggests 1.5 C climate target will be out of reach without greener COVID-19 recovery plans. *The Conversation*.

McAlpine, K. (2023). Cheap, sustainable hydrogen through solar power. <https://news.umich.edu/cheap-sustainable-hydrogen-through-solar-power/>.

McKibbin, W., & Wilcoxon, P. (2002). Climate Change after Kyoto: A Blueprint for a Realistic Approach. *Brookings Review*, 20, 2.

Miller, R. W. (2004). The Power of Light: The Epic Story of Man's Quest to Harness the Sun. *Electronic Green Journal*, (20), 2

Min, S. K., Zhang, X., Zwiers, F. W., & Hegerl, G. C. (2011). Human contribution to more-intense precipitation extremes. *Nature*, 470(7334), 378-381.

Nationalgeographic (2011). Solar energy. <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/solar-power>.

Nordhaus, W. (2013). *The Climate Casino*. Yale University Press

Padrós, C., & Cocciolo, E. E. (2010). Security of energy supply: when could national policy take precedence over European law. *Energy LJ*, 31, 31.

Pall, P., Aina, T., Stone, D. A., Stott, P. A., Nozawa, T., Hilberts, A. G., ... & Allen, M. R. (2011). Anthropogenic greenhouse gas contribution to flood risk in England and Wales in autumn 2000. *Nature*, 470(7334), 382-385.

Pascaris, A. S., Schelly, C., Burnham, L., & Pearce, J. M. (2021). Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics. *Energy Research & Social Science*, 75.

Pellegrini-Masini, G., Pirni, A., & Maran, S. (2020). Energy justice revisited: A critical review on the philosophical and political origins of equality. *Energy Research & Social Science*, 59, 101310.

Piebalgs, A. (2006). Green paper: a European strategy for sustainable, competitive and secure energy. In *CESifo Forum* (Vol. 7, No. 2, pp. 8-20). München: ifo Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München

R. Wolfson. (2012). Photovoltaic Solar Energy, in *Energy, Environment, and Climate*, 2nd ed., New York, NY: W.W. Norton & Company. ch. 9.

Ranjbari, M., Esfandabadi, Z. S., Zanetti, M. C., Scagnelli, S. D., Siebers, P. O., Aghbashlo, M., ... & Tabatabaei, M. (2021). Three pillars of sustainability in the wake of COVID-19: A systematic review and future research agenda for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126660.

Richardson, L. (2022). What is the history of solar energy and when were solar panels invented? <https://news.energysage.com/the-history-and-invention-of-solar-panel-technology/>

Roy, J., Tscharket, P., Waisman, H., AbdulHalim, S., Antwi-Agyei, P., Dasgupta, P., ... & Suarez Rodriguez, A. G. (2018). Sustainable development, poverty eradication and reducing inequalities.

Sachs, J. D. (2012). From millennium development goals to sustainable development goals. *The Lancet*, 379(9832), 2206–2211.

Sachs, J. D. (2015a). Achieving the Sustainable Development Goals. *Journal of International Business Ethics*, 8(2), 53.

Smaniotta, et al. (2020). Sustainable Development Goals and 2030 Agenda: Awareness, Knowledge and Attitudes in Nine Italian Universities, 2019. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (23), 8968.

SolarPower Europe (2022): *European Market Outlook for Solar Power 2022-2026*.

Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). Energy justice: Conceptual insights and practical applications. *Applied Energy*, 142, 435-444.

Spencer, T., Colombier, M., Sartor, O., Garg, A., Tiwari, V., Burton, J., ... & Wiseman, J. (2018). The 1.5 C target and coal sector transition: at the limits of societal feasibility. *Climate Policy*, 18(3), 335-351.

Spiller, B. (2017). Rooftop solar and EVs save water and cut pollution – and data can help us go further. <https://blogs.edf.org/energyexchange/2017/12/13/rooftop-solar-and-evs-save-water-and-cut-pollution-and-data-can-help-us-go-further/>.

Steen, M. (2000). *Greenhouse gas emissions from fossil fuel fired power generation systems*. Institute for Advanced Materials, Joint Research Centre, European Commission.

Stott, P. A., Stone, D. A., & Allen, M. R. (2004). Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature*, 432(7017), 610-614.

Štreimikienė, D. (2013). The 18th session of the conference of the parties to the United Nations convention on climate change (UNFCCC). *Intelektinė ekonomika*, 7(2), 254-259.

Todorović, I. (2022). EU wants rooftop solar on all public buildings by 2025. Διαθέσιμο εδώ <https://balkangreenenergynews.com/eu-wants-rooftop-solar-on-all-public-buildings-by-2025>.

Tol, R. S. (2018). The economic impacts of climate change. *Review of Environmental Economics and Policy*.

Tonne, C. (2021). Lessons from the COVID-19 pandemic for accelerating sustainable development. *Environmental Research*, 193, 110482.

Ugli, T. (2019). The importance of alternative solar energy sources and the advantages and disadvantages of using solar panels in this process. *International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS)* 3(4): 70-79.

UN (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. *General Assembly*.

UN (2021). POLICY BRIEFS IN SUPPORT OF THE HIGH-LEVEL POLITICAL FORUM LEVERAGING ENERGY ACTION FOR ADVANCING THE SUSTAINABLE

DEVELOPMENT GOALS. https://sdgs.un.org/sites/default/files/2021-06/2021-POLICY%20BRIEFS_3.pdf.

Underwood, S. (2022). How to save money on your electricity bills with solar panels in Spain. <https://euroweeklynews.com/2022/09/15/how-to-save-money-on-your-electricity-bills-with-solar-panels-in-spain/>.

UNFCCC (2011). Fact sheet: The Kyoto Protocol. *United Nations Framework Convention on Climate Change*.

UNFCCC (n.d.). What is the Kyoto Protocol?. https://unfccc.int/kyoto_protocol.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) (2013) From shared risk to shared value – the business case for disaster risk reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva

United Nations Development Programme. (2021). *What are the Sustainable Development Goals?*, [https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html#:~:text=The%20Sustainable%20Development%20Goals%20\(SDGs,peace%20and%20prosperity%20by%202030](https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html#:~:text=The%20Sustainable%20Development%20Goals%20(SDGs,peace%20and%20prosperity%20by%202030).

Van Vooren, B. (2011). Legal and Institutional Obstacles to an EU External EU Energy Policy post-Lisbon: Managing the Vertical and Horizontal Axes/Bart Van Vooren/ECPR General Conference.

Verlinden, P. J. (2020). Future challenges for photovoltaic manufacturing at the terawatt level. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 12(5), 053505.

Vourvoulias, A. (2022). How Efficient Solar Panels Are in the UK? <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2014/11/how-efficient-are-solar-panels>.

Wang, Q., & Huang, R. (2021). The impact of COVID-19 pandemic on sustainable development goals—a survey. *Environmental Research*, 202, 111637.

Weitzman.M (2012), GHG Targets as Insurance against Catastrophic Climate Damages. *Journal of Public Economic Theory*, 14 (2). pp.221-244

Western Washington University (2022). The Sun and Nuclear Fusion. https://www.wvu.edu/astro101/a101_sun.shtml.

Willuhn, M. (2022). Germany raises feed-in tariffs for solar up to 750 kW. <https://www.pv-magazine.com/2022/07/07/germany-raises-feed-in-tariffs-for-solar-up-to-750-kw/>.

Workie, E., Mackolil, J., Nyika, J., & Ramadas, S. (2020). Deciphering the impact of COVID-19 pandemic on food security, agriculture, and livelihoods: A review of the evidence from developing countries. *Current Research in Environmental Sustainability*, 2, 100014.

World Bank (2010) Economics of adaptation to climate change: synthesis report. World Bank, Washington, DC.

Yusof, N. A., Abidin, N. Z., Zailani, S. H. M., Govindan, K., & Iranmanesh, M. (2016). Linking the environmental practice of construction firms and the environmental behaviour of practitioners in construction projects. *Journal of Cleaner Production*, 121, 64-71.

<https://www.euractiv.com/section/energy/news/new-german-coalition-aims-for-80-renewable-power-by-2030-more-gas-as-back-up/>.

Eere (n.d.). The history of solar. https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf.

Ελληνική

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2022). ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ: Στρατηγική της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:516a902d-d7a0-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0015.02/DOC_1&format=PDF.

Λιάγγου, Χ. (2022). Φωτοβολταϊκά στη στέγη με επιδότηση 60%. <https://www.kathimerini.gr/economy/562101937/fotovoltaika-sti-stegi-me-epidotisi-60/>.