



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
(Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
«Αποτίμηση της επιδότησης της καινοτομίας:  
Η περίπτωση των οικιακών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων»



ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ ΠΕΤΡΟΣ  
Διπλωματούχος  
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2017

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΚΑΛΙΑΜΠΑΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗ



.....

Πέτρος Μαρκόπουλος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Πέτρος Μαρκόπουλος, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

---

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση και η αποτίμηση του οφέλους που προκύπτει από την ωρίμανση της τεχνολογίας των οικιακών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.

Στην αρχή της εργασίας παρατίθεται μια σύντομη περιγραφή των τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), του σχετικού θεσμικού πλαισίου καθώς και της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης εισάγεται η έννοια των εξωτερικών οικονομιών εστιάζοντας στην ηλεκτροπαραγωγή και συγκεκριμένα στις οικιακές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι βασικοί μηχανισμοί μείωσης του κόστους των τεχνολογιών ΑΠΕ και κατόπιν αναλύεται το Σταθμισμένο Κόστος Παραγωγή Ενέργειας ως δείκτης ωρίμανσης μιας τεχνολογίας ΑΠΕ. Ακολουθως, με τη χρήση της Δελφικής Μεθόδου (μέθοδος Delphi) εκτιμάται η καμπύλη του κόστους των οικιακών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, ενώ βάσει της ανάλυσης των απαντήσεων των συμμετεχόντων ποσοτικοποιείται ο βαθμός συμβολής διαφορών παραμέτρων (λ.χ. LBD, R&D, οικονομίες κλίμακας, κτλ) στην ωρίμανση της εν λόγω τεχνολογίας.

Τέλος, διαμορφώνεται η εγχώρια καμπύλη εμπειρίας των οικιακών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, αποτιμάται το όφελος από την επιδότηση της εν λόγω τεχνολογίας και εκτιμάται η απαιτούμενη ισχύς που πρέπει ακόμα να εγκατασταθεί ώστε η τεχνολογία των οικιακών φωτοβολταϊκών να καταστεί ανταγωνιστική σε σχέση με τους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

## Abstract

---

The objective of this thesis is the examination and estimation of the benefit deriving from the maturation of the technology of residential photovoltaic systems.

In the beginning, a short description of the Renewable Energy Sources technologies, the relative regulatory framework and the greek Electricity Market is made. The notion of external economies is also introduced, focusing in the electricity generation and specifically in residential photovoltaics.

The main mechanisms of RES technologies cost reduction are presented next. The Levelized Cost of Electricity is analyzed as an indicator of the level of maturity of a RES technology. Afterwards, an estimation of the cost curve for residential photovoltaics is carried out using the Delphi Method. The questionnaires answered by experts provide the data to calculate the contribution of several parameters (e.g. Learning By Doing, Research & Development, economies of scale etc) to the maturation of the technology under examination.

Finally, the domestic experience curve of residential photovoltaics is formed, leading to the calculation of the benefit coming from supporting this technology and an estimation of the power that has to be installed, for residential photovoltaics to reach grid parity.



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Δημήτρη Καλιαμπάκο για την επίβλεψη της διπλωματικής εργασίας και την καθοδήγηση. Επίσης τον κ. Δημήτρη Δαμίγο για τις συμβουλές του αναφορικά με τη Δελφική μέθοδο και τον κ. Νικόλαο Χατζηαργυρίου για τη συμμετοχή του στην τριμελή επιτροπή. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω από καρδιάς τον Ηλία Δούλο για την βοήθεια, την υπομονή και την άριστη συνεργασία. Ακόμα, τους εμπειρογνώμονες που συμμετείχαν στην έρευνα διαθέτοντας τον πολύτιμο χρόνο τους. Τέλος, την Ηλιάνα και το Δημήτρη για τη βοήθεια με τα ερωτηματολόγια αλλά και την στήριξη καθ όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής.





# Περιεχόμενα

1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και θεσμικό πλαίσιο.....	11
1.1 Ορισμοί.....	11
1.2. Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Στρατηγική και θεσμικό πλαίσιο .....	12
1.3 Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο ΑΠΕ .....	14
1.4 Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Στέγες .....	16
1.4. Ο Τομέας Ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα .....	19
2. Εξωτερικές Οικονομίες.....	22
2.1 Νεοκλασική οικονομική θεωρία .....	22
2.1.1 Εξωτερικές οικονομίες – Θεωρητικό πλαίσιο .....	26
2.1.2 Εξωτερικές οικονομίες της ηλεκτροπαραγωγής .....	29
2.1.3 Μέθοδοι οικονομικής αποτίμησης εξωτερικότητας .....	31
2.2 Εξωτερικότητες Οικιακών Φ/Β.....	32
3. Μηχανισμοί μείωσης του κόστους των τεχνολογιών ΑΠΕ .....	34
3.1 Η καινοτομία .....	35
3.1.1 Ορισμός της Καινοτομίας.....	35
3.1.2 Δείκτες μέτρησης καινοτομίας.....	38
3.1.3 Τεχνολογική Εξέλιξη ΦΒ .....	42
3.2 Εκμάθηση μέσω Πείρας .....	44
3.2.1 Καμπύλες μάθησης .....	45
3.2.2 Factor Learning Curve.....	48
3.2.3 Καμπύλη Εμπειρίας.....	48
4. Τεχνολογική Ωρίμανση.....	50
4.1 Δείκτες μέτρησης του κόστους παραγωγής.....	50
4.2 Το Σταθμισμένο Κόστος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας – LCOE .....	50
4.3 Το LCOE των συστημάτων φωτοβολταϊκών .....	52
4.4 Οι συνιστώσες του κόστους επένδυσης .....	52
4.4.1 Κόστος των Πάνελς.....	53
4.4.2 Κόστη Λοιπού Συστήματος.....	53
5. Εκτίμηση της εξέλιξης του κόστους.....	56
5.1 Η μέθοδος Delphi .....	56
5.2 Εφαρμογή της Δελφικής Μεθόδου για την εκτίμηση της εξέλιξης του Κόστους Εγκατάστασης μιας οικιακής φωτοβολταϊκής μονάδας στην Ελλάδα .....	57

5.2.1 Ομάδα «ειδικών» .....	57
5.2.2 Διαμόρφωση ερωτηματολογίου .....	58
5.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων μεθόδου Delphi .....	59
5.3.1 Εξέλιξη Κόστους Εγκατάστασης Οικιακών Φωτοβολταϊκών 2010 - 2016 .....	59
5.3.2 Λόγοι που οδήγησαν στην προώθηση, ωρίμανση και διάχυση της τεχνολογίας των οικιακών φ/β στην ελληνική αγορά.....	62
5.3.3 Ανάλυση της μείωσης του κόστους επένδυσης οικιακής ΦΒ εγκατάστασης στην ελληνική αγορά.....	63
5.3.4 Λόγοι μείωσης του κόστους των φ/β πανέλων στην ελληνική αγορά.....	63
5.3.5 Λόγοι μείωσης του κόστους των λοιπών υλικών μιας οικιακής φ/β εγκατάστασης, στην ελληνική αγορά.....	65
6. Επεξεργασία - Ανάλυση των αποτελεσμάτων .....	67
6.1 Μείωση κόστους Φωτοβολταϊκών πανέλων .....	67
6.2 Μείωση κόστους Λοιπών Υλικών .....	68
6.3 Μείωση κόστους επένδυσης.....	69
6.4 Κινητήριοι μοχλός διάχυσης τεχνολογίας οικιακών ΦΒ στην ελληνική αγορά .....	70
6.5 Όφελος από την ωρίμανση της τεχνολογίας .....	70
6.6 Καμπύλη εμπειρίας .....	73
6.7 Συμπεράσματα .....	74
Βιβλιογραφία.....	75
Παράρτημα Ι – Ερωτηματολόγιο πρώτου γύρου.....	79
Παράρτημα ΙΙ – Ερωτηματολόγιο Δεύτερου Γύρου .....	83

# 1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Θεσμικό πλαίσιο

## 1.1 Ορισμοί

Οι ορισμοί για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ποικίλλουν μεταξύ οργανισμών και επιστημόνων. Για παράδειγμα, οι ΑΠΕ ορίζονται από τον Sorensen (2000) ως «οι ενεργειακές ροές που αντικαθίστανται με τον ίδιο ρυθμό με τον οποίο καταναλώνονται».

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2001/77/ΕΚ, ΑΠΕ είναι οι μη ορυκτές, συνεχώς ανανεούμενες φυσικές πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας ως ΑΠΕ ορίζονται οι ενεργειακές πηγές (ήλιος, νερό, άνεμος, βιομάζα, κλπ.), οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον, ανανεώνονται συνεχώς και ταχέως (συγκρινόμενες π.χ. με τους χρόνους γεωλογικών περιόδων που απαιτούνται για τη δημιουργία άνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου) επιτρέποντας έτσι τη σταθερή και αξιόπιστη χρήση τους.

Οι ΑΠΕ είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάστηκε ξανά έντονο, αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1979 και παγιώθηκε την τελευταία δεκαετία μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Τα εγγενή πλεονεκτήματα των ΑΠΕ και κυρίως η ουσιαστική συμβολή τους στην ενεργειακή απεξάρτηση της ανθρωπότητας από τους εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους, επιτάσσουν αυτήν τη στροφή.

Οι ΑΠΕ αποτελούν μία σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (άνθρακας και πετρέλαιο).

Οι ΑΠΕ ταξινομούνται ως εξής:

- Αιολική Ενέργεια: η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια ή / και σε ηλεκτρική ενέργεια
- Υδραυλική Ενέργεια: αξιοποιεί τις υδατοπτώσεις, με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και το μετασχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια
- Βιομάζα: ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λ.π.) είτε με απ' ευθείας καύση είτε με

μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών

- Ηλιακή Ενέργεια: αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται τόσο τη θερμότητα όσο και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ήλιου. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, διακρίνονται σε:
- Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα: μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα
- Παθητικά Ηλιακά και Υβριδικά Συστήματα: αφορούν κατάλληλες αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απ' ευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό
- Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα: μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια
- Γεωθερμική Ενέργεια: η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα
- Παλιρροϊκή ενέργεια και ενέργεια από τα κύματα

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ, είναι τα εξής:

1. Είναι πρακτικά ανεξάντλητες συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
2. Είναι εγχώριες συνεισφέροντας στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού.
3. Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά οδηγώντας αφενός στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, αφετέρου στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
4. Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
5. Έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας.
6. Δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
7. Είναι φιλικές προς το περιβάλλον

## 1.2. Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Στρατηγική και Θεσμικό πλαίσιο

Το πρώτο ουσιαστικό βήμα προς την κατεύθυνση δημιουργίας μιας κοινής ευρωπαϊκής στρατηγικής για την προώθηση των ΑΠΕ επετεύχθη με την υιοθέτηση, το Νοέμβριο του 1996, της Πράσινης Βίβλου για τις ΑΠΕ (COM(96) 576 τελικό). Στο πλαίσιο της διαδικασίας υιοθέτησης έλαβε χώρα μια ευρεία δημόσια διαβούλευση τα αποτελέσματα της οποίας περιλήφθηκαν στην ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (COM(97) 599 τελικό) το Νοέμβριο του 1997. Στην εν λόγω ανακοίνωση (Λευκή Βίβλος για τις ΑΠΕ), η οποία αποτέλεσε ουσιαστικά τον οδικό χάρτη για την Οδηγία 2001/77/ΕΚ που έθεσε για πρώτη φορά συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους αναφορικά με τη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αναφέρονται αναλυτικά οι λόγοι για τους οποίους πρέπει να στηριχθούν και προαχθούν οι τεχνολογίες ΑΠΕ. Συγκεκριμένα επισημαινόταν ότι:

- Η ανάπτυξη των ΑΠΕ συμβαδίζει απόλυτα με το στόχο για την προστασία του περιβάλλοντος και τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον ενεργειακό τομέα.

- Οι ΑΠΕ είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και, ως εκ τούτου, μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα και τη βελτίωση της ασφάλειας ενεργειακού εφοδιασμού.
- Η ανάπτυξη των ΑΠΕ δύναται να συμβάλλει σημαντικά στη δημιουργία θέσεων εργασίας και στην περιφερειακή ανάπτυξη συμβάλλοντας στο στόχο της επίτευξης μεγαλύτερης κοινωνικής και οικονομικής συνοχής μεταξύ των περιοχών της Κοινότητας.
- Η αναμενόμενη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας σε τρίτες χώρες, η οποία σε μεγάλο βαθμό μπορεί να καλυφθεί με τη χρήση ΑΠΕ, προσφέρει επιχειρηματικές ευκαιρίες σε βιομηχανίες που εδρεύουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και βρίσκονται στην πρωτοπορία όσον αφορά στις τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας.

Κύρια κατεύθυνση της νέας ευρωπαϊκής ενεργειακής στρατηγικής, όπως διαμορφώνεται σήμερα, είναι ο «ενεργειακός φεντεραλισμός» μέσω της αντιμετώπισης σημαντικών προκλήσεων, όπως:

- Η ενεργειακή ασφάλεια. Οι εισαγωγές της Ε.Ε. αυξάνονται σταθερά, ενώ η παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου μειώνεται συνεχώς.
- Η κλιματική αλλαγή.
- Οι τιμές ενέργειας, οι οποίες παρουσιάζουν διακυμάνσεις και επηρεάζονται από την οικονομική αβεβαιότητα, τις τεχνολογικές εξελίξεις και την πολιτική αστάθεια.
- Οι διεθνείς εξελίξεις. Οι αναπτυσσόμενες χώρες απορροφούν όλο και μεγαλύτερο ποσοστό των παγκόσμιων αποθεμάτων σε ορυκτά καύσιμα, αλλά και δύο νέων συνιστωσών που αφορούν στις:
  - Οικονομικές Εξελίξεις και τις
  - Επενδύσεις σε Υποδομές.

Το πλαίσιο δράσεων για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων και την επίτευξη των βασικών ενεργειακών στόχων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας αποτυπώθηκε στο κοινό ευρωπαϊκό Σχέδιο Δράσης (COM(2008) 781 τελικό)<sup>1</sup>.

Η υλοποίηση των πολιτικών και δράσεων που προβλέπονταν σε αυτή την απόφαση, εξειδικεύθηκε περαιτέρω με την θέσπιση, τη διετία 2008-2009, δεσμευτικού πακέτου μέτρων και στόχων για το 2020 (Climate and Energy Package-CEP). Οι γνωστοί ως «20-20-20» στόχοι αφορούν: α) τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την επίτευξη εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας κατά 20% έως το έτος 2020, β) την αύξηση του ποσοστού διεύθυνσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση

<sup>1</sup> Τα δέκα μέτρα που Ευρωπαϊκού Σχεδίου Δράσης για την Ενέργεια είναι τα εξής :

- Καλύτερη λειτουργία της Εσωτερικής Αγοράς Ενέργειας.
- Διευκόλυνση των κρατών-μελών για ανάπτυξη αλληλεγγύης στην περίπτωση ενεργειακών κρίσεων ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής τροφοδοσία με πετρέλαιο, φυσικό αέριο και ηλεκτρική ενέργεια.
- Βελτίωση του Κοινοτικού Μηχανισμού Εμπορίας Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου ώστε να μετατραπεί σε πραγματικό καταλύτη για τη μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> και τις επενδύσεις για καθαρή ενέργεια.
- Ανάπτυξη προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας σε Ευρωπαϊκό, εθνικό και διεθνές επίπεδο
- Αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Ανάπτυξη Στρατηγικής για την Ενεργειακή Τεχνολογία.
- Ανάπτυξη τεχνολογιών μετατροπής ορυκτών καυσίμων με χαμηλές εκπομπές CO<sub>2</sub>
- Ανάπτυξη θεμάτων ασφάλειας και προστασίας από την χρήση της πυρηνικής ενέργειας.
- Συμφωνία για μια διεθνή ενεργειακή πολιτική με κοινούς στόχους όπου θα ακολουθήσουν όλα τα κράτη μέλη
- Βελτίωση της κατανόησης των ενεργειακών θεμάτων από τους Ευρωπαίους πολίτες- καταναλωτές

ενέργειας στο επίπεδο του 20% έως το 2020, γ) τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20 % έως το 2020 (σε σχέση με τα επίπεδα του 1990) και δ) την αύξηση του ποσοστού των βιοκαυσίμων στις μεταφορές στο επίπεδο του 10% σε σχέση με το έτος 2005.

Το Νοέμβριο του 2010, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανακοίνωσε ένα νέο πρόγραμμα για την κοινή Ευρωπαϊκή ενεργειακή στρατηγική για την περίοδο 2011-2020, με την ονομασία «Ενέργεια 2020» (COM(2010) 639 τελικό), όπου και τίθενται οι ενεργειακές προτεραιότητες για την επόμενη δεκαετία, ενώ παρουσιάζονται οι δράσεις που πρέπει να αναληφθούν προκειμένου να αντιμετωπισθούν οι προκλήσεις που αφορούν στις βασικές κατηγορίες ενεργειακής πολιτικής (εξοικονόμηση ενέργειας, αγορά ενέργειας, τεχνολογία). Επιπρόσθετα, το Μάρτιο του 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε το επικαιροποιημένο Σχέδιο Δράσης για την Ενεργειακή Απόδοση (COM(2011) 109 τελικό), όπου περιγράφεται και προβλέπεται η θέσπιση και εφαρμογή συγκεκριμένων νέων μέτρων και πολιτικών, καθώς είναι σαφές ότι ο κεντρικός ευρωπαϊκός στόχος για εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020 δε μπορεί να επιτευχθεί αν δεν υιοθετηθούν συμπληρωματικές δράσεις. Τέλος, στις 15 Δεκεμβρίου 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε τον Οδικό Χάρτη για την Ενέργεια με ορίζοντα το 2050, με τον οποίο δεσμεύεται να μειώσει έως το 2050 τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά περισσότερο από 80% σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990.

Τον Ιανουάριο του 2014, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, αξιολογώντας την εφαρμογή του πακέτου ενεργειακών και περιβαλλοντικών μέτρων για το 2020, προχώρησε στην κατάρτιση ενός πλαισίου πολιτικής για την περίοδο μετά το 2020 και έως το 2030 (COM(2014) 15 τελικό). Συγκεκριμένα, σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου η Επιτροπή προτείνει ευρωπαϊκό στόχο μείωσης κατά 40% έως το έτος 2030 σε σχέση με το έτος 1990, ο οποίος προβλέπεται ότι θα οδηγήσει αντίστοιχα σε διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα κατά 27%.

### 1.3 Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο ΑΠΕ

Απαρχή του θεσμικού πλαισίου που προέβλεπε και διευκόλυε την είσοδο των ΑΠΕ στην Ελλάδα αποτέλεσε ο νόμος 1559/1985 «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 135) στο πλαίσιο του οποίου η ΔΕΗ εγκατέστησε έργα ισχύος 24 MW, κυρίως μικρά αιολικά πάρκα και μερικά φ/β συστήματα μικρής ισχύος. Οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης περιορίστηκαν στο επίπεδο των 3 MW μέχρι το 1995, ενώ ο ιδιωτικός τομέας δεν συμμετείχε. Κατά τη διάρκεια των επόμενων 20 ετών η διείσδυση των ΑΠΕ στο εθνικό ηλεκτρικό σύστημα ήταν αναιμική, έως το 2006, όταν με το νόμο 3468 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 129) εισήχθησαν διατάξεις που στόχευαν αποκλειστικά στη ρύθμιση θεμάτων ανάπτυξης, ένταξης στο Σύστημα/Δίκτυο και τιμολόγησης έργων ΑΠΕ. Τέλος, με το νόμο 3851/2010 (ΦΕΚ 85 Α') επετεύχθη περαιτέρω ανάπτυξη των έργων ΑΠΕ, καθώς ενισχύθηκε ο προϋφιστάμενος μηχανισμός στήριξης (σύστημα εγγυημένων τιμών και επιδοτήσεις κεφαλαίου) και προβλέφθηκαν απλοποιημένες διαδικασίες αδειοδότησης για έργα υψηλής σχετικά ισχύος με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα την τεχνολογία των φ/β όπου σταθμοί ισχύος έως 1 MW εξαιρούνται της υποχρέωσης χορήγησης αδειών παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας και σταθμοί ισχύος έως 0,5 MW εξαιρούνται της περιβαλλοντικής αδειοδότησης (ΥΠΕΚΑ, 2009).

Ειδικότερα, η Ελλάδα μέχρι και το έτος 2016 εφάρμοσε για τη στήριξη των έργων ΑΠΕ, το μηχανισμό εγγυημένων σταθερών τιμών (Feed in Tariff – FIT) που εισήχθη με το νόμο 2244/1994. Κατά την περίοδο από το 1994 έως το 2006 το ύψος των FIT ήταν ενιαίο για όλες τις τεχνολογίες και οριζόταν για το μεν Διασυνδεδεμένο Σύστημα ως το 90% του τιμολογίου γενικής χρήσης στη Μέση Τάση, για τα δε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά ως το 90% τιμολογίου γενικής χρήσης στη Χαμηλή Τάση. Παράλληλα, ειδικά για τις εγκαταστάσεις στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα προέβλεπε μια πρόσθετη μικρή αποζημίωση για την μέγιστη παρεχόμενη ισχύ. Η σύμβαση πώλησης ενέργειας είχε διάρκεια 10 ετών με δικαίωμα ανανέωσης στη βάση νέας σύμβασης.

Το έτος 2006, ο νόμος 3468 όρισε πλέον συγκεκριμένες τιμές πώλησης, διαφοροποιημένες ανά τεχνολογία (αιολικά, μικρά υδροηλεκτρικά, φ/β) και συμπεριλήφθηκε πρόβλεψη για μέγιστη συνολική εγκατεστημένη ισχύ στην επικράτεια για την τεχνολογία των φ/β ίση με 700 MW. Το συμβόλαιο πώλησης ενέργειας είχε διάρκεια 10 ετών, με μονομερές δικαίωμα του παραγωγού να το ανανεώσει για άλλα 10 έτη (ΥΠΕΚΑ, 2010).

Το 2009, με τον νόμο 3734 θεσπίστηκε για πρώτη φορά μηχανισμός αυτόματης απομείωσης της τιμής που καθορίστηκε σε ετήσιο ποσοστό 11% και επιμερίστηκε ανά εξάμηνο για τις νέες φ/β εγκαταστάσεις. Παράλληλα, καταργήθηκε ο περιορισμός της ανώτατης συνολικής ισχύος 700 MW στην επικράτεια για την τεχνολογία αυτή. Για τα έργα ισχύος άνω των 10 MW προβλέφθηκε διαγωνιστική διαδικασία. Τέλος, για πρώτη φορά στο ελληνικό θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ εισάγεται η έννοια της αποζημίωσης με χρήση μιας μορφής premium, καθώς οι τιμές FIT των φ/β για το χρονικό διάστημα από το 2015 και μετά υπολογίζονται με προσαύξηση της μέσης ΟΤΣ κατά 10% – 20%, ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ.

Στη συνέχεια ο νόμος 3851/2010 που τροποποιήθηκε με τον νόμο 4254/2014 «Μέτρα στήριξης και ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας στο πλαίσιο εφαρμογής του Ν. 4046/2012 και άλλες διατάξεις», έθεσε διαφοροποιήσεις στο ύψος της ταρίφας για ορισμένες τεχνολογίες, όπως οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα και από βιοαέριο, ενώ η διάρκεια των εγγυημένων συμβολαίων αποζημίωσης καθορίστηκε στα 20 έτη για όλες τις ΑΠΕ, με εξαίρεση τους ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και τα Φ/Β στεγών μέχρι 10kW για τα οποία προσφέρεται 25ετής σύμβαση.

Σήμερα, με το νόμο 4414/2016 ο μηχανισμός στήριξης που εφαρμόζεται για όλες τις τεχνολογίες ΑΠΕ στηρίζεται στη λογική του μηχανισμού προσαύξησης της χονδρεμπορικής τιμής με τη χρήση ενός premium (Feed in Premium). Συγκεκριμένα, με το νέο μηχανισμό στήριξης των μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ, η Ελληνική πολιτεία στοχεύει στη σταδιακή ενσωμάτωση και συμμετοχή των ως άνω νέων μονάδων ΑΠΕ στη χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2016 το σύνολο των νέων σταθμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ υπόκεινται υποχρεωτικά στο νέο καθεστώς στήριξης υπό τη μορφή προσαύξησης επιπλέον των εσόδων που λαμβάνουν από τη συμμετοχή τους στη χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και αν τεθούν σε λειτουργία πριν τη μετάβαση στο νέο μοντέλο αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Target Model).

Κατά το μεταβατικό αυτό στάδιο, η συμμετοχή των νέων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας θα πραγματοποιείται μέσω της υφιστάμενης προ-ημερήσιας αγοράς, στην οποία θα υποβάλλουν ωριαίες προσφορές έγχυσης ακολουθώντας τον ίδιο κύκλο εκκαθάρισης και διακανονισμού συναλλαγών με τους υπόλοιπους συμμετέχοντες. Επιπρόσθετα, αναφορικά με τη συμμετοχή των εν λόγω σταθμών στην προ-ημερήσια αγορά, προβλέπεται να εφαρμοστεί μεταβατικός μηχανισμός, ο οποίος θα λειτουργεί προς την κατεύθυνση βελτιστοποίησης των προβλέψεων ωριαίας έγχυσης που θα παρέχουν οι ως άνω υπόχρεοι. Για τη διευκόλυνση συμμετοχής των

προηγούμενων, έχει προβλεφθεί η δυνατότητα εκπροσώπησής τους από Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης (Φο.Σ.Ε.). Τέλος, προκειμένου να αντιμετωπιστούν προβλήματα συνιστάμενα είτε σε μη ύπαρξη Φο.Σ.Ε. είτε σε προσωρινή αδυναμία παροχής των εν λόγω υπηρεσιών από υφιστάμενο Φο.Σ.Ε. θα θεσπιστεί Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης «Τελευταίου Καταφυγίου» (Φο.Σ.Ε.Τε.Κ.) με συγκεκριμένες υποχρεώσεις και τρόπο λειτουργίας.

## 1.4 Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Στέγες

Το Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων μέχρι 10 kWp αφορά σε κτιριακές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται για κατοικία ή στέγαση πολύ μικρών επιχειρήσεων.

Το εν λόγω πρόγραμμα ξεκίνησε<sup>2</sup> την 1<sup>η</sup> Ιουλίου 2009 στην Ηπειρωτική Χώρα και στα Διασυνδεδεμένα σε αυτή Νησιά, ενώ για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ), μετά τη διερεύνηση που έγινε για τα διαθέσιμα περιθώρια ισχύος στον ηλεκτρικό χώρο κάθε νησιού, η εφαρμογή του ξεκίνησε τη 10<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2011, σε εφαρμογή της 1251/2010 Απόφασης της ΡΑΕ<sup>3</sup>. Το πρόγραμμα θα ισχύει μέχρι την 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2019.

Ως μέγιστη ισχύς των φ/β συστημάτων ανά εγκατάσταση στο πλαίσιο του προγράμματος ορίζονται:

- για την ηπειρωτική χώρα, τα Διασυνδεδεμένα με το Σύστημα νησιά και την Κρήτη, τα 10kWp
- για τα λοιπά Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, τα 5kWp.

Προϋποθέσεις για την ένταξη κάποιου στο συγκεκριμένο ειδικό πρόγραμμα είναι:

1. η ύπαρξη ενεργούς σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του φ/β στο κτίριο όπου το σύστημα εγκαθίσταται,
2. μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης της ιδιοκτησίας του κυρίου του φωτοβολταϊκού, εφόσον αυτή χρησιμοποιείται για κατοικία, πρέπει να καλύπτεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ενδεικτικά ηλιοθερμικά, ηλιακοί θερμοσίφωνες,
3. η μη ύπαρξη δημόσιας ενίσχυσης.

Η Σύμβαση Συμψηφισμού για το φ/β σύστημα συνάπτεται μεταξύ του κυρίου του φ/β και τη ΔΕΗ ΑΕ ή άλλου προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εν λόγω Σύμβαση:

- έχει εικοσιπενταετή (25ετή) διάρκεια με έναρξη ισχύος την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του φ/β συστήματος.
- συνομολογείται μεσαθερή τιμή αναφοράς,<sup>4</sup> η οποία αντιστοιχεί στην τιμή που ισχύει κατά την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του φ/β σταθμού. Να

<sup>2</sup> Κοινή Υπουργική Απόφαση «Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων» (ΦΕΚ Β' 1079 04/06/2009).

<sup>3</sup> Απόφαση ΡΑΕ υπ' αριθμ. 1251/2010 «Αξιοποίηση των περιθωρίων ισχύος για φ/β σταθμούς στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά και από σταθμούς που εντάσσονται στο Ειδικό Πρόγραμμα της παρ. 3 του άρθρου 14 του ν. 3468/2006, όπως ισχύει».

<sup>4</sup> Η τιμή στην οποία συνομολογείται η Σύμβαση Συμψηφισμού μέχρι το έτος 2014 αναπροσαρμόζονταν κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή.



σημειωθεί ότι έως το Μάιο του 2013 η τιμή πώλησης αντιστοιχούσε στην τιμή που ίσχυε κατά τη σύναψη της Σύμβασης Συμψηφισμού και διατηρούνταν «κλειδωμένη» για έξι μήνες.

Η έως σήμερα εξέλιξη της εγγυημένης τιμής με την οποία αποζημιώνεται η παραγόμενη από το φ/β σύστημα ηλεκτρική ενέργεια, στο πλαίσιο του ειδικού προγράμματος παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1.

**Πίνακας 1.** . Εξέλιξη της εγγυημένης τιμής αποζημίωσης της ενέργειας από φ/β εγκαταστάσεις σε στέγες

Φ/Β Σταθμοί ≤ 10kWp		
Έτος/ Μήνας	Εγγυημένη Τιμή (€/MWh)	Υπουργική Απόφαση
2009	550	ΦΕΚ Β' 1079 04/06/2009
2010	550	
2011	550	
Ιαν. 2012	522,5	
Φεβ. 2012 – Ιουλ. 2012	495	ΦΕΚ Β' 97 31/01/2012
Αυγ. 2012 – Ιαν. 2013	250	ΦΕΚ Β' 2317 10/08/2012
Φεβ. 2013 – Μάιος 2013	238,75	
Ιούνιος 2013 – Δεκ. 2013	125	ΦΕΚ Β' 110302/05/2013
2014	120	ΦΕΚ Β' 110302/05/2013
2015	115	ΦΕΚ Β' 110302/05/2013
2016	110	ΦΕΚ Β' 110302/05/2013

Με το νόμο 4254/2014 (ΦΕΚ Α' 85/07.04.2014), προκειμένου να αντιμετωπιστεί το έλλειμμα του Ειδικού Λογαριασμού από τον οποίο αποζημιώνονται οι παραγωγοί ΑΠΕ, επανακαθορίστηκαν οι εγγυημένες τιμές πώλησης του Πίνακα 1 (ο επανακαθορισμός αφορά την περίοδο από το δεύτερο εξάμηνο του 2011 έως το τέλος του 2013). Οι νέες μειωμένες τιμές, για τις εν λειτουργία εγκαταστάσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2.** Ποσοστό μεταβολής εγγυημένων τιμών ανά τρίμηνο διασύνδεσης

Περίοδος Διασύνδεσης	Ισχύς (MW)	Εγγυημένη Τιμή ΠΡΟ μείωσης (€/MWh)	Εγγυημένη Τιμή ΜΕΤΑ μείωσης (€/MWh)	Ποσοστό Μεταβολής
A Τριμ 2009	0,0	550	550	0%
B Τριμ 2009	0,0	550	550	0%
Γ Τριμ 2009	0,0	550	550	0%
Δ Τριμ 2009	0,0	550	550	0%
A Τριμ 2010	0,1	550	550	0%
B Τριμ 2010	0,7	550	550	0%
Γ Τριμ 2010	1,9	550	550	0%
Δ Τριμ 2010	4,5	550	550	0%
A Τριμ 2011	9,3	550	550	0%
B Τριμ 2011	15,6	550	550	0%
Γ Τριμ 2011	29,1	550	470	-15%
Δ Τριμ 2011	29,2	550	470	-15%
A Τριμ 2012	35,8	550	415	-25%
B Τριμ 2012	52,7	550	385	-30%
Γ Τριμ 2012	64,6	495	340	-31%
Δ Τριμ 2012	53,2	495	295	-40%
A Τριμ 2013	42,7	250	295	18%
B Τριμ 2013	17,6	250	270	8%
Γ Τριμ 2013	10,0	125	220	76%
Δ Τριμ 2013	6,0	125	175	40%
A Τριμ 2014	1,0	120	Καμία μείωση	
B Τριμ 2014	0,0	120		
Γ Τριμ 2014	0,0	120		
Δ Τριμ 2014	1,0	120		
A Τριμ 2015	0,0	115		
B Τριμ 2015	0,0	115		
Γ Τριμ 2015	0,0	115		
Δ Τριμ 2015	0,0	115		

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2, γίνεται διάκριση των εγκαταστάσεων ανά τρίμηνο ενεργοποίησης (σύνδεση της μονάδας στο δίκτυο) με αποτέλεσμα ο επανακαθορισμός να μην αφορά στο σύνολο των εγκαταστάσεων. Η μείωση κυμαίνεται από 15% έως και 40% σε κάποιες περιπτώσεις. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι για τους φ/β σταθμούς, συνολικής ισχύος 77 MW, που διασυνδέθηκαν εντός του έτους 2013 (σκιασμένη περιοχή του Πίνακα 2) ισχύει η υφιστάμενη εγγυημένη τιμή (250 €/MWh και 125 €/MWh), σύμφωνα με την περίπτωση 3 της υποπαραγράφου ΙΓ.1 του νόμου 4254/2014.

Η μείωση των εγγυημένων τιμών των εν λειτουργία εγκαταστάσεων ΑΠΕ (μεταξύ αυτών και των οικιακών φ/β) που θεσμοθετήθηκε με το νόμο 4254/2013 επιβλήθηκε, σύμφωνα με την αιτιολογική έκθεση του εν λόγω νόμου, εξαιτίας του συνεχώς διογκούμενου ελλείμματος του Ειδικού Λογαριασμού που αποζημίωνε τους παραγωγούς ΑΠΕ. Για την αντιμετώπιση

του ελλείμματος λήφθηκαν μια σειρά μέτρα που αφορούσαν την αύξηση των εισροών του συγκεκριμένου λογαριασμού, τα οποία δεν ήταν ικανά να το περιορίσουν, χωρίς τη μείωση των εγγυημένων τιμών, όπως αναφέρεται στο σκεπτικό του νομοθέτη

#### 1.4. Ο Τομέας Ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα

Η ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα στηρίζεται αφενός στη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας, ήτοι εγχώριου λιγνίτη και εισαγόμενου φυσικού αερίου στην ηπειρωτική χώρα και πετρελαίου στα μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, αφετέρου στις ΑΠΕ, με κυρίαρχες τεχνολογίες τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά, ο ρυθμός διείσδυσης των οποίων βαίνει αυξανόμενος τα τελευταία χρόνια.

Σύμφωνα με τα μηνιαία δελτία ενέργειας του ΑΔΜΗΕ, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην ελληνική επικράτεια κατά το έτος 2016 ήταν 56 TWh με εγκατεστημένη ισχύ της τάξης των 10.908 MW για θερμικές μονάδες και 8.529 MW για μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων) (Πίνακας 1)(ΑΔΜΗΕ, 2016).

**Πίνακας 3.** Εγκατεστημένη Καθαρή Ισχύς στην Επικράτεια

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	Εγκατεστημένη Καθαρή Ισχύς στην Επικράτεια (2016) MW
Λιγνιτικές Μονάδες ΔΕΗ	3.912
Μονάδες Φ.Α. ΔΕΗ	2.666
Μονάδες Φ.Α. Ιδιωτών	2.570
Πετρελαϊκές Μονάδες ΜΔΝ	1.760
Μεγάλα Υδροηλ/κα ΔΕΗ	3.173
Αιολικά	2.369
Φωτοβολταϊκά	2.230
Φωτοβολταϊκά σε Στέγες	375
Βιομάζα – Βιοαέριο	58
Μικρά Υδροηλ/κα	224
ΣΗΘΥΑ (<35MW)	100
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>19.437</b>

Η λιγνιτική παραγωγή κάλυψε το 27% της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας, το φυσικό αέριο συμμετείχε σε ποσοστό 25% ενώ οι ΑΠΕ και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά παρήγαγαν το 25% της ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας (Πίνακας 2).

**Πίνακας 4.** Σύνολο Εισαγωγών και Καθαρής Παραγωγής Η/Ε το έτος 2016 για την Επικράτεια

Πηγή ενέργειας	Παραγόμενη ενέργεια (TWh)	Ποσοστό (%)
Λιγνιτική	14,8	27%
Πετρελαϊκή	4,6	8%
Φυσικό Αέριο	13,9	25%
Υδροηλεκτρικά	4,1	7%
ΑΠΕ	9,8	18%
Εισαγωγές	8,6	15%
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>56</b>	

Η εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος αιολικών και φωτοβολταϊκών σταθμών, οι οποίες είναι οι κυρίαρχες τεχνολογίες, από το έτος 2010 έως το τέλος του έτους 2016, για το σύνολο της ελληνικής επικράτειας, απεικονίζεται στον Πίνακα 3.

**Πίνακας 5.** Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος Α/Γ και Φ/Β σταθμών (έτη 2010 – 2016)

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Αιολικά Πάρκα ΔΣ	1.039,1	1.363,0	1.465,8	1.519,8	1.661,7	1.774,6	2.047,2
Αιολικά Πάρκα ΜΔΝ	258,7	277,4	287,3	289,6	315,9	316,7	322,9
<b>ΣΥΝΟΛΟ Α/Π</b>	<b>1.297,8</b>	<b>1.640,5</b>	<b>1.753,1</b>	<b>1.809,5</b>	<b>1.977,6</b>	<b>2.091,4</b>	<b>2.370,0</b>
Φ/Β σταθμοί ΔΣ	152,9	439,1	1.126,1	2.070,3	2.085,3	2.093,0	2.093,5
Φ/Β σταθμοί ΜΔΝ	38,2	82,7	112,4	135,8	135,9	136,0	136,0
Φ/Β στεγών	11,2	95,0	297,8	372,7	374,6	375,7	374,4
<b>ΣΥΝΟΛΟ Φ/Β (εκτός στεγών)</b>	<b>191,1</b>	<b>521,9</b>	<b>1.238,5</b>	<b>2.206,1</b>	<b>2.221,3</b>	<b>2.229,0</b>	<b>2.229,5</b>

Συγκεκριμένα, η εγκατεστημένη ισχύς αιολικών (Α/Γ) και φωτοβολταϊκών (Φ/Β) σταθμών στο τέλος του 2016 ανήλθε σε 4.973,9 MW, παρουσιάζοντας αύξηση κατά περίπου 5,9% σε σχέση με την αντίστοιχη εγκατεστημένη ισχύ στο τέλος του 2015 (4.696,1 MW), έναντι μέσης αύξησης της τάξης του 2,7% μεταξύ των ετών 2014-2015. Η αύξηση αυτή οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στην εγκατάσταση νέων αιολικών σταθμών συνολικής ισχύος 278,7 MW (αύξηση ισχύος κατά 13,3% σε σχέση με το 2015) όπως φαίνεται και από την κατανομή ανά τεχνολογία που παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.

Επιπλέον, από την ανάλυση του ανωτέρω Πίνακα 3 είναι εμφανής η έντονη μείωση του ρυθμού διεύδυσης νέων φ/β εγκαταστάσεων. Συγκεκριμένα, ενώ εντός της διετίας 2012-2013 εγκαταστάθηκαν 1.962 MW νέων Φ/Β σταθμών όλων των κατηγοριών, τα τελευταία τρία χρόνια (2014-2016) έχουν εγκατασταθεί μόλις 25,9 MW. Η ως άνω μείωση είναι απόρροια των ρυθμίσεων (τιμολόγηση και αναστολή αδειοδοτικής διαδικασίας) που αφορούσαν νεοεισερχόμενους Φ/Β σταθμούς και εφαρμόστηκαν σταδιακά από το έτος 2012 έως το έτος 2014. Η άρση της ως άνω αδειοδοτικής αναστολής κατ' εφαρμογή του Ν. 4254/2014 δεν αντέστρεψε αυτήν την πτωτική πορεία. Η κατάσταση αυτή αναμένεται να

μεταβληθεί ελαφρώς εντός των επόμενων δύο ετών (2017-2018), δεδομένου ότι στο πλαίσιο της πιλοτικής ανταγωνιστικής διαδικασίας των παραγράφων 8 και 9 του άρθρου 7 του ν.4414/2016, απαλλασσόμενοι και μη Φ/Β σταθμοί δέσμευσαν ισχύ 40MW, εξασφαλίζοντας λειτουργική ενίσχυση βάσει της προσφοράς τους, με ορίζοντα υλοποίησης 24 μηνών κατά μέγιστο.

Σε αντίθεση με τα Φ/Β, οι αιολικοί σταθμοί παρουσίασαν σημαντική ανάπτυξη εντός του έτους 2016 με την εγκατάσταση νέων μονάδων συνολικής ισχύος 278,7 MW. Η εν λόγω διείσδυση υπερβαίνει το μέσο ετήσιο ρυθμό της τάξης του 6,3% που καταγράφηκε την περίοδο 2012-2015 και είναι η δεύτερη μεγαλύτερη ετήσια διείσδυση μετά την περίοδο 2010-2011, όταν και εγκαταστάθηκαν Α/Γ σταθμοί ισχύος 342,7 MW.

## 2. Εξωτερικές Οικονομίες

### 2.1 Νεοκλασική οικονομική θεωρία

Η νεοκλασική οικονομική θεωρία αναπτύχθηκε περί το 1870 εστιάζοντας στην καλύτερη κατανομή των διαθέσιμων πόρων σε εναλλακτικές χρήσεις, στην ερμηνεία της διαμόρφωσης των σχετικών τιμών των αγαθών, συμπεριλαμβανομένων των παραγωγικών συντελεστών, σε κατάσταση γενικής ισορροπίας και με πρώτη θεωρητική εκδοχή της το οριακό όφελος ή την οριακή χρησιμότητα (που προϋποθέτει απόλυτα μετρήσιμη υποκειμενική χρησιμότητα). Επιπλέον, προωθεί κυρίως, την «οριακή ανάλυση» και την υπόθεση ότι η συμπεριφορά των οικονομικών μονάδων διέπεται από την αρχή της μεγιστοποίησης του οφέλους. Η νεοκλασική θεωρία θεμελιώνει τη σχέση της αξίας ενός αγαθού σε συνάρτηση με τη στενότητά του επιτυγχάνοντας την ταυτόχρονη εξέταση των δυο πλευρών της αγοράς: της προσφοράς και της ζήτησης (Τουρκολιάς,Χ, 2010).

Σε κάθε επίπεδο τιμής οι καταναλωτές ζητούν διαφορετική ποσότητα, η οποία προσδιορίζεται από την κατερχόμενη καμπύλη ζήτησης. Πιο συγκεκριμένα, αν όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση παραμένουν αμετάβλητοι:

- Όταν η τιμή μειώνεται, η ζητούμενη ποσότητα αυξάνεται
- Όταν η τιμή αυξάνεται, η ζητούμενη ποσότητα μειώνεται

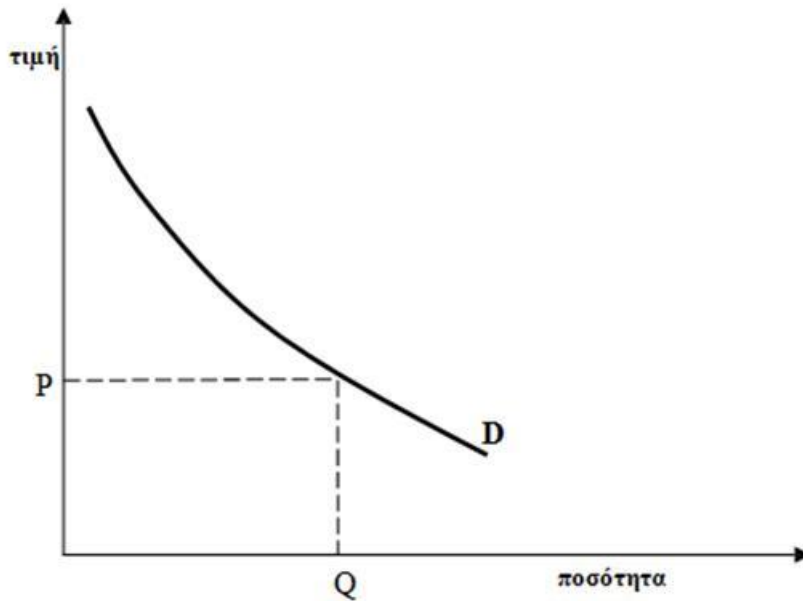
Η μείωση της ποσότητας με την αύξηση της τιμής προκύπτει:

- Ως αποτέλεσμα υποκατάστασης: οι καταναλωτές στρέφονται σε φθηνότερα προϊόντα για την κάλυψη της ανάγκης
- Ως αποτέλεσμα περιορισμού: οι καταναλωτές δε διαθέτουν το απαραίτητο εισόδημα και αρκούνται σε μικρότερη ποσότητα

Οι δύο αυτές τάσεις δεν είναι ίδιες σε όλα τα αγαθά λόγω διαφορετικής αντίδρασης των καταναλωτών. Σε αγαθά πρώτης ανάγκης ή αγαθά χωρίς υποκατάστατα η αύξηση της τιμής δεν οδηγεί σε αισθητή μείωση της ζήτησης γιατί η ανάγκη πρέπει να καλυφθεί σε βάρος άλλων - λιγότερο πιεστικών - αναγκών. Σε αγαθά πολυτελείας η αύξηση της τιμής θα μειώσει αισθητά τη ζήτηση γιατί η ανάγκη δεν είναι τόσο πιεστική.

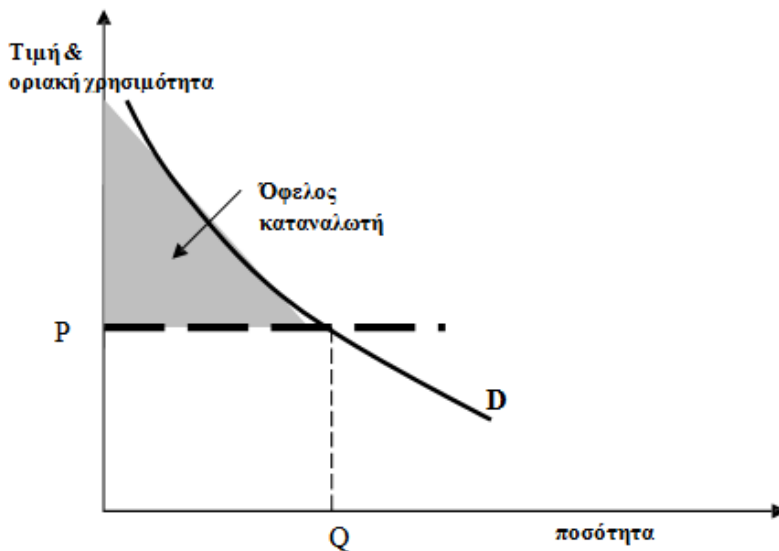
Η ερμηνεία της συμπεριφοράς των καταναλωτών απέναντι στις μεταβολές των τιμών των αγαθών στηρίζεται στην έννοια της χρησιμότητας, δηλαδή της ευχαρίστησης που αντλεί ο καταναλωτής από την απόκτηση ενός αγαθού. (Μαγνήσαλης,Κ, 1997). Η χρησιμότητα μεταβάλλεται με την ποσότητα του αγαθού. Οι αρχικές μονάδες ενός αγαθού έχουν μεγάλη χρησιμότητα, ενώ κάθε πρόσθετη μονάδα είναι λιγότερο χρήσιμη. Επομένως, η οριακή χρησιμότητα φθίνει με την αύξηση της ποσότητας, ενώ η καμπύλη ζήτησης D ουσιαστικά αποτελεί την καμπύλη της οριακής χρησιμότητας (Σχήμα 1).

Για το σύνολο των αγαθών η επιλογή του μίγματος και των ποσοτήτων που θα προμηθευτεί ο καταναλωτής θα στηριχθεί στην επιδίωξη του να μεγιστοποιήσει τη συνολική του χρησιμότητα, με δεδομένο το εισόδημα του.



**Σχήμα 1.** Η κατερχόμενη καμπύλη ζήτησης.

Προφανώς ο κάθε καταναλωτής έχει διαφορετική αντίληψη για τη χρησιμότητα κάθε αγαθού, διαφορετικές ανάγκες και διαφορετική εισοδηματική ευχέρεια. Όλοι όμως ακολουθούν παρόμοιους κανόνες συμπεριφοράς. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι η καμπύλη ζήτησης ενός αγαθού στην αγορά προκύπτει ως άθροισμα των ποσοτήτων που ζητούνται από το σύνολο των καταναλωτών. Ο καταναλωτής θα αγοράσει τόσες μονάδες αγαθού ( $Q$ ) μέχρι η χρησιμότητα της τελευταίας μονάδας να εξισωθεί με την τιμή του αγαθού ( $p$ ) (Σχήμα 2).



**Σχήμα 2.** Το όφελος του καταναλωτή για τιμή αγαθού  $p$

Το όφελος ή πλεόνασμα του καταναλωτή προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ της συνολικής χρησιμότητας που απολαμβάνει από την απόκτηση όλων των μονάδων που αγοράζει (το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη ζήτησης στο σημείο  $p-Q$ ), και της συνολικής αξίας που πληρώνει, η οποία βασίζεται στην τιμή που προκύπτει από την (χαμηλή) οριακή

χρησιμότητα της τελευταίας μονάδας  $Q$  (το εμβαδόν του τετραγώνου κάτω από την ευθεία  $p$ ).

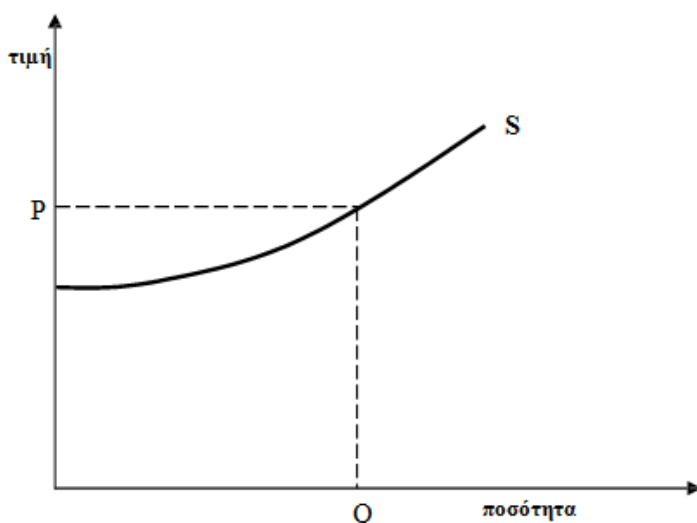
Η καμπύλη της προσφοράς (Σχήμα 3) προσδιορίζει την ποσότητα που προσφέρουν οι παραγωγοί σε κάθε επίπεδο τιμής και είναι γενικά ανερχόμενη. Δηλαδή, αν όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν το ύψος της προσφοράς παραμένουν αμετάβλητοι:

- Όταν η τιμή μειώνεται, η προσφερόμενη ποσότητα μειώνεται
- Όταν η τιμή αυξάνεται, η προσφερόμενη ποσότητα αυξάνεται

Η μείωση της ποσότητας με τη μείωση της τιμής προκύπτει:

- Ως αποτέλεσμα περιορισμού: οι παραγωγοί μειώνουν την παραγωγή για να περιορίσουν το κόστος παραγωγής και τις ζημιές.
- Ως αποτέλεσμα μετατόπισης της παραγωγής: οι παραγωγοί στρέφονται σε προϊόντα χαμηλότερου κόστους εγκαταλείποντας τη συγκεκριμένη παραγωγική δραστηριότητα.

Οι δύο αυτές τάσεις δεν είναι ίδιες σε όλα τα αγαθά λόγω διαφορετικής αντίδρασης των παραγωγών. Η κλίση της καμπύλης προσφοράς διαφοροποιείται ανάλογα με τις οικονομικές δυνατότητες των επιχειρήσεων και την ευελιξία της παραγωγής.



**Σχήμα 3.** Η ανερχόμενη καμπύλη προσφοράς.

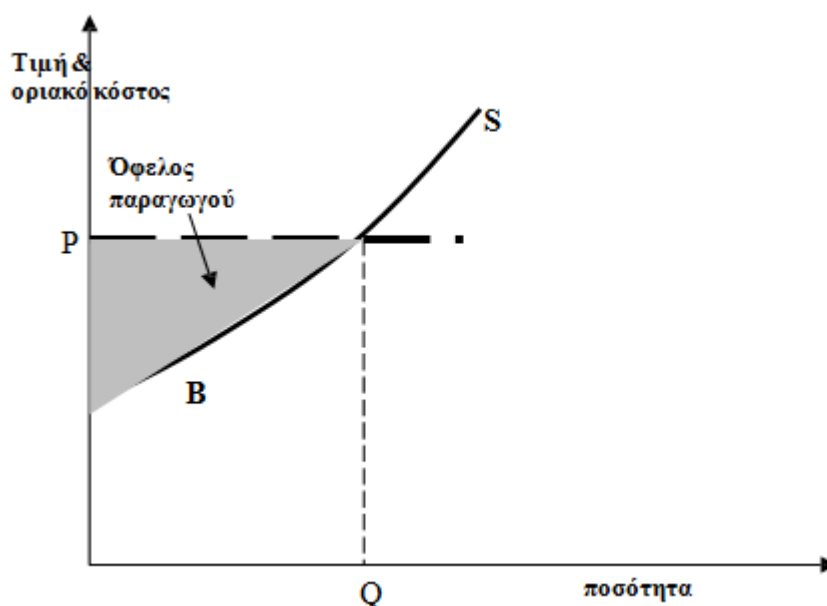
Η ερμηνεία της συμπεριφοράς των παραγωγών απέναντι στις μεταβολές των τιμών των αγαθών στηρίζεται στο κόστος παραγωγής, δηλαδή στη δυνατότητα του παραγωγού να προσφέρει στην αγορά τη ζητούμενη ποσότητα.

Το κόστος παραγωγής μεταβάλλεται ανάλογα με την παραγόμενη ποσότητα (Τουρκολιάς, 2010). Αν ο παραγωγός αξιοποιεί ήδη πλήρως τους συντελεστές παραγωγής κάθε πρόσθετη μονάδα έχει υψηλότερο κόστος, γιατί θα πρέπει να προμηθευτεί πρόσθετους συντελεστές παραγωγής σε υψηλότερο κόστος (π.χ. υπερωριακή απασχόληση), ενώ στο βαθμό που ένας πρόσθετος συντελεστής (π.χ. εργασία) δε συνδυάζεται με την απαιτούμενη ποσότητα άλλων συντελεστών (π.χ. μηχανήματα) θα αποδίδει και λιγότερο (νόμος φθίνουσας απόδοσης). Επομένως, το οριακό κόστος αυξάνεται με την αύξηση της παραγόμενης ποσότητας, ενώ η καμπύλη προσφοράς  $S$  ουσιαστικά αποτελεί την καμπύλη του οριακού κόστους.



Ο παραγωγός θα παράγει τόσες μονάδες αγαθού (Q) μέχρι το κόστος της τελευταίας μονάδας να εξισωθεί με την τιμή (p). Ο παραγωγός επιλέγει την ποσότητα παραγωγής και το μίγμα των εισροών που ελαχιστοποιεί το συνολικό του κόστος, με δεδομένη την τεχνολογία του.

Ο καταναλωτής θα αγοράσει τόσες μονάδες αγαθού (Q) μέχρι η χρησιμότητα της τελευταίας μονάδας να εξισωθεί με την τιμή του αγαθού (p) (Σχήμα 4). Το όφελος ή πλεόνασμα του παραγωγού προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ της συνολικής αξίας που εισπράττει από την πώληση όλων των μονάδων η οποία βασίζεται στην τιμή που προκύπτει από το (υψηλό) οριακό κόστος της τελευταίας μονάδας (το εμβαδόν του τετραγώνου κάτω από την ευθεία p) και του συνολικού κόστους που καταβάλλει για την παραγωγή όλων των μονάδων που προσφέρει στην αγορά (το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη προσφοράς στο σημείο p-Q).



Σχήμα 4. Το όφελος του παραγωγού για τιμή αγαθού p.

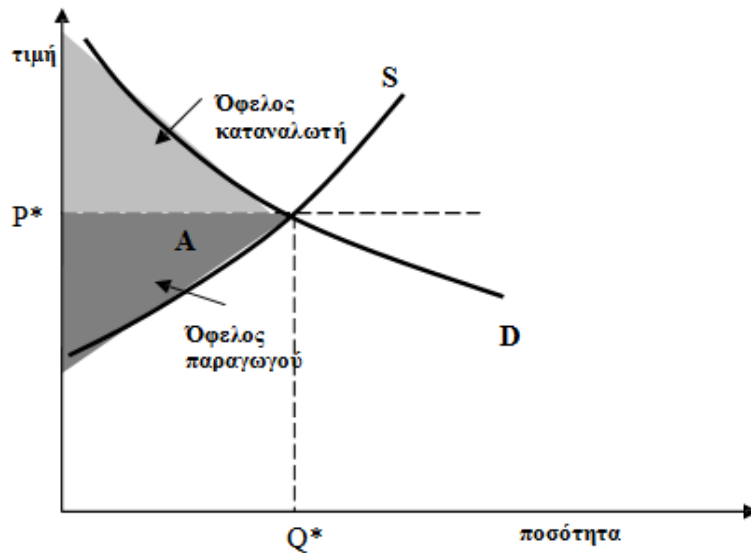
Ο Ιταλός οικονομολόγος Vilfredo Pareto (1848-1923) διαμόρφωσε, μεταξύ άλλων οικονομικών κανόνων, ένα κριτήριο για τη μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων μεταξύ των μελών του κοινωνικού συνόλου, γνωστό ως «κριτήριο αριστοποίησης κατά Pareto». Σύμφωνα με αυτό, μία κατάσταση χαρακτηρίζεται βέλτιστη, όταν δεν μπορεί να βελτιωθεί η θέση κάποιου ατόμου χωρίς να επιδεινωθεί, ταυτόχρονα, η θέση κάποιου άλλου. Με τον όρο «βελτίωση» νοείται μια πιο ελκυστική επιλογή και με τον όρο «επιδείνωση» νοείται μια λιγότερο ελκυστική επιλογή από την υπάρχουσα. Το κριτήριο αυτό αποτέλεσε το βασικό θεμέλιο των «οικονομικών της ευημερίας» (welfare economics).

Με βάση τις παραπάνω αρχές η νεοκλασική οικονομική θεωρία της ευημερίας ερμηνεύει τους μηχανισμούς προσφοράς και ζήτησης των διαφόρων αγαθών. Οι διαδικασίες αυτές υλοποιούνται μέσω του μηχανισμού της αγοράς, ο οποίος καταγράφει τις ανάγκες των καταναλωτών και κατευθύνει την παραγωγή κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες αυτές. Από τη χωριστή ανάλυση της συμπεριφοράς καταναλωτών και παραγωγών προκύπτει ότι για μια δεδομένη τιμή p:

- Η ζήτηση έχει ύψος στο οποίο μεγιστοποιείται η χρησιμότητα του καταναλωτή.

- Η προσφορά έχει ύψος στο οποίο ελαχιστοποιείται το κόστος του παραγωγού.

Αντίθετα, αν η τιμή είναι υψηλή θα υπάρχει μεγάλη προσφορά αλλά ανεπαρκής ζήτηση. Επομένως, η αγορά ισορροπεί στο επίπεδο τιμών  $p^*$  όπου το οριακό κόστος του παραγωγού ισούται με την οριακή χρησιμότητα του καταναλωτή. Οι δύο πλευρές ωθούμενες από ιδιοτελή κίνητρα καταλήγουν σε ένα αμοιβαία αποδεκτό επίπεδο τιμής και ποσότητας. Στο σημείο ισορροπίας της αγοράς μεγιστοποιείται το καθαρό όφελος για την κοινωνία, το οποίο αποτελεί το άθροισμα του οφέλους του παραγωγού και του οφέλους του καταναλωτή (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Ισορροπία προσφοράς S και ζήτησης D.

Προκειμένου να επιτευχθεί η ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, χωρίς καμία κεντρική παρέμβαση, και να προκύψει η μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους θα πρέπει να ισχύουν κατάλληλες συνθήκες στην αγορά που επιτρέπουν να εκφραστούν απρόσκοπτα μέσω των τιμών:

- οι επιθυμίες των αγοραστών που με βάση τη χρησιμότητα των αγαθών διαμορφώνουν τη ζήτηση,
- οι περιορισμοί των πωλητών που με βάση το κόστος παραγωγής διαμορφώνουν την προσφορά.

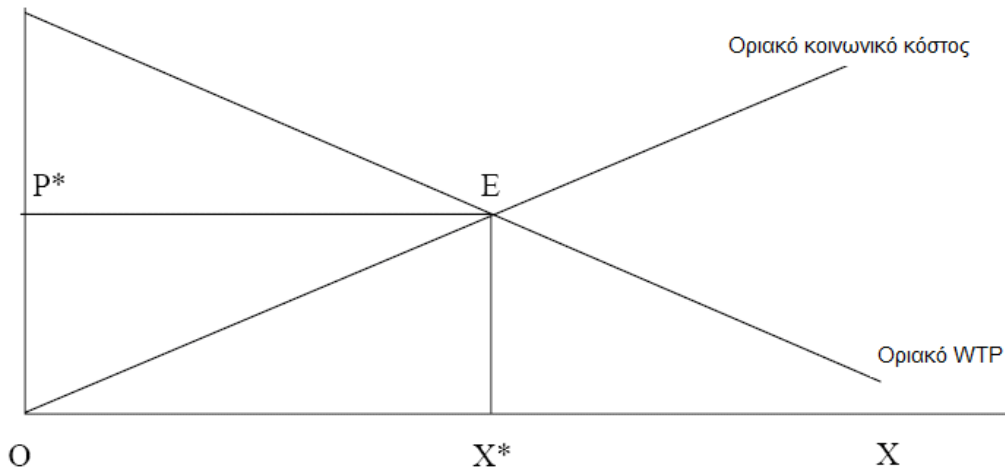
Στο επίπεδο γενικής ισορροπίας οι συνθήκες οι οποίες ικανοποιούν το άριστο κριτήριο κατά Pareto διασφαλίζονται από την «τέλεια» αγορά, την αγορά δηλαδή όπου επικρατούν συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού (Pearce and Turner, 1990; Μοιρασγεντής, 1998, Dixon et al., 1994).

### 2.1.1 Εξωτερικές οικονομίες - Θεωρητικό πλαίσιο

Σύμφωνα με τη νεοκλασική οικονομική θεωρία στόχος του μηχανισμού της αγοράς είναι η μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας, δηλαδή η επίτευξη μεγαλύτερης ποσότητας του παραγόμενου προϊόντος με τους ίδιους ή λιγότερους παραγωγικούς συντελεστές. (Καλιαμπάκος, Δ., Δαμίγος, Δ., 2008). Στις «τέλειες» αγορές η τιμή ενός προϊόντος προσδιορίζεται από το σημείο τομής των καμπυλών προσφοράς και ζήτησης. Η καμπύλη της ζήτησης εκφράζει την οριακή προθυμία πληρωμής για το αγαθό, ενώ η καμπύλη προσφοράς του το οριακό κόστος παραγωγής του. Ως εκ τούτου το σημείο ισορροπίας στην τιμή  $P^*$  και στην ποσότητα  $Q^*$  είναι αυτό για το οποίο ισχύει:

$$[\text{οριακό κόστος παραγωγής του } X] = [\text{οριακή προθυμία για πληρωμή του } X]$$

Όταν η καμπύλη του οριακού κόστους περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία του κόστους παραγωγής ενός αγαθού τότε καλείται καμπύλη του οριακού κοινωνικού κόστους και η τιμή αγοράς είναι στο σημείο στο οποίο το οριακό κοινωνικό κόστος είναι ίσο με τη ζήτηση (οριακή προθυμία πληρωμής) για το αγαθό (Σχήμα 6).



**Σχήμα 6.** Προσδιορισμός τιμής προϊόντος σε συνθήκες "τέλειας" αγοράς.

Στην πράξη ωστόσο οι αγορές δεν λειτουργούν τόσο αποτελεσματικά, ειδικότερα για τα ελεύθερα και δημόσια αγαθά (κοινωνικά αγαθά). Η απουσία δικαιωμάτων ιδιοκτησίας στα περιβαλλοντικά και σε άλλα δημόσια αγαθά και η ταύτιση της αξίας ενός αγαθού με την τιμή του (για τα περισσότερα περιβαλλοντικά αγαθά η τιμή αγοράς είναι μηδενική) έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία εξωτερικών οικονομιών (ή απλά εξωτερικοτήτων). Οι στρεβλώσεις αυτές είναι από τους σημαντικότερους λόγους για τους οποίους διαφέρει το ιδιωτικό, δηλαδή το κόστος της αγοράς, από το κοινωνικό κόστος, αφού το οριακό κόστος παραγωγής δεν ενσωματώνει το πραγματικό κόστος που δημιουργείται στην κοινωνία κατά την παραγωγική διαδικασία (π.χ. η τιμή χρέωσης του αρδευτικού νερού σε συνθήκες έλλειψης δεν λαμβάνει υπόψη το κόστος ευκαιρίας του πόρου σε άλλες ανταγωνιστικές χρήσεις). Καταγράφεται λοιπόν μια σημαντική αστοχία του μηχανισμού της αγοράς να εντάξει μια σειρά αγαθών στις διαδικασίες εξισορρόπησης μεταξύ προσφοράς και ζήτησης.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα αναγνωρίστηκε ότι οι δραστηριότητες κάποιων οικονομικών μονάδων μπορούν να έχουν επιδράσεις σε άλλες οικονομικές μονάδες που δεν λαμβάνονται υπόψη από τις πρώτες, η έννοια όμως των εξωτερικών οικονομιών αναδείχτηκε και επεκτάθηκε κυρίως από τον Ρίγου.

Μια εξωτερική οικονομία (ή εξωτερικότητα) υφίσταται εάν ισχύουν 2 συνθήκες (Τουρκολιάς, 2010):

- Οι ενέργειες ενός οικονομικού υποκειμένου Α προκαλούν μεταβολή στην ευημερία ενός άλλου οικονομικού υποκειμένου Β.
- Το οικονομικό υποκείμενο Β δεν αποζημιώνεται από το οικονομικό υποκείμενο Α (σε περίπτωση που μειώνεται η ευημερία του) ούτε πληρώνει το Α (σε περίπτωση

που αυξάνεται η ευημερία του), ενώ δεν έχει τη δυνατότητα να ελέγξει ή να παρεμποδίσει τη δραστηριότητα του Α.

Όπως και κάθε παράγοντας μεταβολής του επιπέδου ευημερίας, οι εξωτερικές οικονομίες επηρεάζουν τη λειτουργία της οικονομίας, παραμένουν όμως εξωτερικές ως προς το μηχανισμό της αγοράς, καθώς δεν αποτυπώνονται στις τιμές ως παράμετροι μεταβολής της συνολικής χρησιμότητας του καταναλωτή και του συνολικού κόστους του παραγωγού.

Οι εξωτερικές οικονομίες διακρίνονται:

### **I. Ανάλογα με την κατεύθυνση μεταβολής της ευημερίας:**

Θετική εξωτερική οικονομία ή εξωτερικό όφελος αν προκαλείται αύξηση της ευημερίας. Ενδεικτικά παραδείγματα θετικών εξωτερικών οικονομιών αποτελούν τα μειωμένα ποσοστά εγκληματικότητας που συνδέονται με την εκπαίδευση και η ευχαρίστηση που λαμβάνει κάποιος καθώς διέρχεται δίπλα από έναν κήπο σε έναν πολυσύχναστο και με υψηλά επίπεδα ρύπανσης δρόμο.

Αρνητική εξωτερική οικονομία ή εξωτερικό κόστος αν προκαλείται μείωση της ευημερίας. Η ρύπανση των νερών και του αέρα από μια βιομηχανική δραστηριότητα ή η δυνατή ένταση της μουσικής στις νυχτερινές ώρες από κέντρο διασκέδασης χωρίς να υφίσταται κάποιο είδος αποζημίωσης αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αρνητικής εξωτερικής οικονομίας.

### **II. Ανάλογα με το είδος του αγαθού που προκαλεί την αύξηση ή μείωση της ευημερίας:**

Περιβαλλοντική εξωτερική οικονομία αν η μεταβολή της ευημερίας σχετίζεται με μεταβολές στην κατάσταση περιβαλλοντικών αγαθών. Η έκλυση αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα ή η δενδροφύτευση ενός δημόσιου χώρου αποτελούν παραδείγματα αρνητικών και θετικών περιβαλλοντικών εξωτερικοτήτων αντίστοιχα.

Μη περιβαλλοντική εξωτερική οικονομία αν η μεταβολή της ευημερίας σχετίζεται με μεταβολές σε άλλες παραμέτρους της κοινωνικής και οικονομικής ζωής. Η μείωση των πωλήσεων ενός μικρού εμπορικού λόγω της εγκατάστασης ενός μεγάλου πολυκαταστήματος ή η ανεργία η οποία προκαλείται από τη διείσδυση τεχνολογιών υψηλού αυτοματισμού αποτελούν παραδείγματα αρνητικών εξωτερικών οικονομιών.

### **III. Ανάλογα με τη δυνατότητα μεταβίβασης τους στις τιμές:**

Χρηματική εξωτερική οικονομία αν το εξωτερικό κόστος ή όφελος εκφράζεται άμεσα σε χρηματικές μονάδες, όπως για παράδειγμα η ζημιά που υφίσταται ο μικροέμπορος από τη λειτουργία ενός εμπορικού πολυκαταστήματος, η ζημιά ενός αγρότη από τα αποτελέσματα της όξινης βροχής ή το όφελος ενός καταστημάτων από τη δημιουργία μιας στάσης μετρό στην περιοχή του.

Τεχνολογική εξωτερική οικονομία αν το εξωτερικό κόστος ή όφελος μπορεί να μετρηθεί σε φυσικές μονάδες ή να εκτιμηθεί σε ποιοτική κλίμακα. Η επίπτωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία ή η αυξημένη αισθητική απόλαυση που έχει κάποιος από τη δενδροφύτευση ενός γειτονικού χώρου αποτελούν παραδείγματα αρνητικών και θετικών τεχνολογικών εξωτερικών οικονομιών αντίστοιχα.

### **IV. Ανάλογα με την αύξηση ή μείωση της ευημερίας σε σχέση με τη μεταβολή του όγκου παραγωγής ενός αγαθού:**

Σταθερή εξωτερική οικονομία αν το εξωτερικό κόστος ή όφελος δεν μεταβάλλεται κατά την αύξηση ή μείωση του όγκου παραγωγής ενός αγαθού, όπως για παράδειγμα κατά την απόθεση απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ ανεξάρτητα από την ποσότητά τους, η έλλειψη θελκτικότητας του χώρου αποτελεί αρνητική εξωτερική οικονομία, ενώ η πλήρωση τυχόν κοιλωμάτων με απορρίμματα αποτελεί αντίστοιχα θετική εξωτερικότητα.

Μεταβλητή εξωτερική οικονομία αν το εξωτερικό κόστος ή όφελος μεταβάλλεται ανάλογα όταν αυξάνεται ή μειώνεται ο όγκος παραγωγής ενός αγαθού. Η αύξηση του όγκου απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ προκαλεί σημαντικότερη μόλυνση της αέριας ατμόσφαιρας, του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα οδηγώντας σε υψηλότερο εξωτερικό κόστος. Ταυτόχρονα παρέχονται όμως σημαντικότερες δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης των απορριμμάτων αποτελώντας θετική εξωτερική οικονομία.

Οι εξωτερικότητες οδηγούν γενικά σε μη αποδοτική κατανομή των πόρων και των παραγωγικών συντελεστών, σε μη ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων και, τελικά, γενικότερα σε μη αποδεκτές κοινωνικές λύσεις.

### 2.1.2 Εξωτερικές οικονομίες της ηλεκτροπαραγωγής

Από την ανάλυση που προηγήθηκε είναι φανερό ότι κάθε παραγωγική δραστηριότητα χαρακτηρίζεται από δυο συνιστώσες κόστους:

- Το ιδιωτικό-οικονομικό κόστος (private cost), το οποίο αποτυπώνεται με το μηχανισμό της αγοράς και αντικατοπτρίζεται στην τελική τιμή του προϊόντος.
- Το εξωτερικό κόστος, το οποίο αποτελεί την οικονομική έκφραση των επιπτώσεων της δραστηριότητας προς τρίτους και γενικότερα προς την κοινωνία και το οποίο δεν αντικατοπτρίζεται στην τελική τιμή του προϊόντος.

Το άθροισμα του ιδιωτικού και του εξωτερικού κόστους συνιστά το κοινωνικό κόστος (social cost) του προϊόντος.

Η παραπάνω διάκριση βρίσκει εφαρμογή και στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Στο ισχύον σύστημα αξιών το ιδιωτικό-οικονομικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει με βάση το κόστος επένδυσης της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης της καθώς επίσης και το κόστος καυσίμου. Ταυτόχρονα, ο τομέας της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέεται με το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον με ποικίλλες αλληλεξαρτήσεις που έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία εξωτερικών οικονομιών, οι οποίες δεν αντικατοπτρίζονται στην τιμή ηλεκτρισμού. Οι εξωτερικές αυτές οικονομίες όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω διακρίνονται σε περιβαλλοντικές και σε μη περιβαλλοντικές εξωτερικές οικονομίες.

#### Περιβαλλοντικές και μη εξωτερικές οικονομίες

Το σύνολο των περιβαλλοντικών εξωτερικών οικονομιών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής σχετίζεται με τις περιβαλλοντικές πιέσεις (αέριες εκπομπές, υγρά και στερεά απόβλητα, οπτική ρύπανση) που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια κατασκευής και λειτουργίας των εγκαταστάσεων.

Οι αρνητικές περιβαλλοντικές εξωτερικές οικονομίες συμβατικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής συνίστανται κατά κύριο λόγο:

- στην έκλυση σωματιδίων και αέριων ρύπων που επηρεάζουν αφενός την ανθρώπινη υγεία αφετέρου τα φυσικά οικοσυστήματα

- στην έκλυση αερίων εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Οι μονάδες ΑΠΕ εξαιτίας της αξιοποίησης φυσικών πόρων, για την παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους δεν δημιουργούν περιβαλλοντικές οχλήσεις στα ανθρώπινα και φυσικά συστήματα.

Το σύνολο των ερευνητικών προσπαθειών μέχρι σήμερα επικεντρώθηκε κυρίως στην αποτίμηση των περιβαλλοντικών εξωτερικών οικονομιών στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, αλλά οι μη περιβαλλοντικές εξωτερικές οικονομίες είναι εξίσου σημαντικές και σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να αγνοούνται.

Οι μη περιβαλλοντικές εξωτερικές οικονομίες που προκαλούνται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες (Pearce et al., 1994; Krupnick et al., 1995).

#### **Εξωτερικές οικονομίες που σχετίζονται με θέματα ασφάλειας της ενεργειακής τροφοδοσίας.**

Η εισαγωγή ενεργειακών πόρων συνοδεύεται από τον κίνδυνο διακοπής της παροχής ενέργειας, η οποία μπορεί να προκαλέσει σημαντικές ζημιές και να μειώσει το επίπεδο κοινωνικής ευημερίας. Το κόστος των μέτρων που απαιτούνται για την αποφυγή ενδεχόμενων διακοπών στην τροφοδοσία ενέργειας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να ενσωματώνεται στην τιμή της ενέργειας ειδάλλως συνιστά εξωτερική οικονομία.

#### **Εξωτερικές οικονομίες που σχετίζονται με κυβερνητικές παρεμβάσεις.**

Οι περιπτώσεις κατά τις οποίες η κυβέρνηση ευνοεί ή παρεμποδίζει συγκεκριμένες ενεργειακές πολιτικές με την εφαρμογή προγραμμάτων άμεσων ή έμμεσων επιχορηγήσεων, προγραμμάτων έρευνας και τεχνολογίας, φορολογικές ελαφρύνσεις κ.λπ. και τελικά οδηγούν τους καταναλωτές να πληρώνουν είτε φθηνότερα είτε ακριβότερα την ηλεκτρική ενέργεια θα μπορούν να αντιμετωπιστούν ως προβλήματα εξωτερικών οικονομιών.

#### **Εξωτερικές οικονομίες που σχετίζονται με την εξάντληση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων.**

Αν και η ενδεχόμενη εξάντληση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων θεωρείται ότι εσωτερικοποιείται στην τιμή πώλησης των πόρων αυτών, κατά την περίπτωση όπου το επιτόκιο προεξόφλησης που χρησιμοποιείται είναι υψηλότερο από το κοινωνικό επιτόκιο το οποίο θα έπρεπε να χρησιμοποιείται αυτή η διαφορά που προκύπτει μπορεί να θεωρηθεί ως εξωτερική οικονομία.

#### **Εξωτερικές οικονομίες που σχετίζονται με τα ατυχήματα.**

Η περίπτωση εργατικού ατυχήματος είτε μεγάλης (πυρηνικό ατύχημα) είτε μικρής (τραυματισμός εργατικού δυναμικού) κλίμακας θα προκαλέσει σημαντικές ζημιές και θα μειώσει το επίπεδο κοινωνικής ευημερίας, οπότε πρέπει να αντιμετωπίζεται ως εξωτερική οικονομία.

#### **Εξωτερικές οικονομίες που σχετίζονται με τη δημιουργία άμεσων, έμμεσων και συνεπαγόμενων θέσεων εργασίας**

Η κατασκευή αλλά και η λειτουργία μονάδων ηλεκτροπαραγωγής συνεπάγεται τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

### 2.1.3 Μέθοδοι οικονομικής αποτίμησης εξωτερικότητας

Προκειμένου να αποτιμηθούν κοινωνικά αγαθά που βρίσκονται εκτός του μηχανισμού της αγοράς, δηλαδή δεν έχουν αγοραία αξία, υιοθετούνται οι παρακάτω συνιστώσες που συναποτελούν την οικονομική του αξία (Τουρκολιάς, 2010):

- **Αξία χρήσης [use value]** ενός κοινωνικού αγαθού καλείται η οικονομική αξία που συνδέεται με τη χρήση του αγαθού, δηλαδή με την άμεση ή δυνητική συνεισφορά του στην ανθρώπινη ευημερία.
- **Αξία μη – χρήσης [non – use value]** ενός κοινωνικού αγαθού καλείται η αξία που αποδίδεται στο αγαθό για την ύπαρξή του ως κομμάτι της φύσης και ανεξάρτητα από τη δυνατότητα χρήσης του και περιλαμβάνει τις ακόλουθες κατηγορίες αξιών:
  - i. **Αξία επιλογής [option value]**, η οποία εκφράζει την προθυμία του ατόμου να διαθέσει ένα χρηματικό ποσό για να διατηρήσει ένα κοινωνικό αγαθό, για το ενδεχόμενο μιας μελλοντικής χρήσης του.
  - ii. **Αξία κληροδοτήματος [bequest value]**, η οποία εκφράζει την προθυμία του ατόμου να καταβάλει ένα χρηματικό ποσό, προκειμένου να διατηρήσει ένα αγαθό προς όφελος των μελλοντικών γενεών.
  - iii. **Αξία ύπαρξης [existence value]**, η οποία εκφράζει το ποσό που προτίθεται να καταβάλει κάποιος, προκειμένου να προστατεύσει απλώς ένα κοινωνικό αγαθό, χωρίς να προσβλέπει στη χρησιμοποίησή του.
  - iv. **Αξία ημι – επιλογής [quasi – option value]**, η οποία εκφράζει την προθυμία του ατόμου να διαθέσει ένα χρηματικό ποσό στο μέλλον για να διατηρήσει ένα κοινωνικό αγαθό με τη βοήθεια της τεχνολογικής εξέλιξης.
  - v. **Αλτρουϊστική αξία [altruistic value]**, η οποία εκφράζει την προθυμία του ατόμου να καταβάλει ένα χρηματικό ποσό, προκειμένου να διατηρήσει ένα αγαθό προς όφελος των άλλων ανθρώπων.

Οι μέθοδοι οικονομικής αποτίμησης των αγαθών αυτών διαφέρουν σημαντικά ως προς τα απαιτούμενα δεδομένα, την πολυπλοκότητα των υπολογισμών και τη μετρούμενη αξία του αγαθού, η οποία καθορίζει και την καταλληλότητα της εκάστοτε μεθόδου σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Οι μέθοδοι αυτές μπορούν αδρά να κατηγοριοποιηθούν σε άμεσες, έμμεσες, καθώς και στη μέθοδο μεταφοράς οφέλους.

Οι **Μέθοδοι Δεδηλωμένης Προτίμησης** ή **Άμεσες Μέθοδοι** προσομοιώνουν τη λειτουργία της αγοράς για ένα κοινωνικό αγαθό και επιδιώκουν την καταγραφή των προτιμήσεων της κοινωνίας απέναντι σε υποθετικές μεταβολές της κατάστασης του. Η πιο γνωστή από τις μεθόδους αυτές είναι η Μέθοδος της Εξαρτημένης Αξιολόγησης [Contingent Valuation Method – CVM]. Η κεντρική ιδέα στηρίζεται στην ύπαρξη μιας υποθετικής αγοράς στην οποία είναι δυνατό να εκφραστεί η αντίληψη των ανθρώπων για τη χρησιμότητα ενός αγαθού και επομένως η προθυμία πληρωμής [Willingness to Pay – WTP] προκειμένου είτε να επιτύχουν μια βελτίωση της κατάστασης του αγαθού, ή να αποφύγουν μια επιδείνωση της κατάστασης του αγαθού.

Οι **Μέθοδοι Αποκαλυπτόμενης Προτίμησης** ή **Έμμεσες Μέθοδοι** εξετάζουν πραγματικές αγορές που σχετίζονται με το εξεταζόμενο κοινωνικό αγαθό και καταγράφουν τη συμπεριφορά των καταναλωτών στις αγορές αυτές ώστε να υπολογιστεί έμμεσα η αξία που αποδίδουν στο ίδιο το αγαθό ή σε μεταβολές της κατάστασης του.

Η **Μέθοδος Μεταφοράς Οφέλους** στοχεύει στην αξιοποίηση των αποτελεσμάτων άλλων άμεσων και έμμεσων αναλύσεων αποτίμησης του ίδιου υπό εξέταση αγαθού σε

διαφορετικές συνθήκες με μια συστηματική διαδικασία προσαρμογής τους στις συνθήκες που ισχύουν στη συγκεκριμένη μελέτη αποτίμησης. Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μια αρκετά αξιόπιστη και διαδεδομένη πρακτική χωρίς να απαιτεί τη συγκέντρωση σημαντικού όγκου πρωτογενών δεδομένων και χωρίς να είναι γενικά δαπανηρές και χρονοβόρες.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες αναλυτικές μεθοδολογίες (ExternE), βάσεις δεδομένων (CASES) και πακέτα λογισμικού (Ecosense, Riskroll) που ενσωματώνουν τις παραπάνω μεθόδους για την εκτίμηση των εξωτερικότητων σε μελέτες περίπτωσης, με εκτεταμένη εφαρμογή σε διαφόρους τύπους έργων ηλεκτροπαραγωγής.

## 2.2 Εξωτερικότητες Οικιακών Φ/Β

Η εγκατάσταση φ/β μονάδων και ιδιαίτερα οικιακών συστημάτων επηρεάζει τη λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος και δημιουργεί οφέλη, τα οποία δεν αποτυπώνονται στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας, συνιστώντας υπό την έννοια αυτή εξωτερικότητες. Στη διεθνή βιβλιογραφία αναγνωρίζονται οι ακόλουθες επιπτώσεις στα ηλεκτρικά συστήματα από την εγκατάσταση διασπαρμένων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (distributed generation units) και ιδιαίτερα οικιακών φ/β συστημάτων:

### A. Περιβαλλοντικά Οφέλη

Τα οικιακά φ/β παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, μειώνοντας την ανάγκη παραγωγής ηλεκτρισμού από κεντρικές, συμβατικές μονάδες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη:

- μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), οι οποίες, σύμφωνα με την επικρατούσα άποψη στη διεθνή επιστημονική κοινότητα, σχετίζονται με την ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή,
- τη μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), σωματιδιακών ρύπων (PM) και διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) που προκαλούν προβλήματα στα φυσικά οικοσυστήματα και στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, καθώς και τη
- μείωση του χρησιμοποιούμενου νερού ψύξης των θερμικών μονάδων.

### B. Οφέλη σχετικά με την ασφάλεια εφοδιασμού

Τα οικιακά φ/β δεδομένου ότι συνεισφέρουν στη μείωση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία παράγεται από συμβατικές μονάδες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, συμβάλλουν στη(ν):

- κάλυψη της εναπομείνουσας ζήτησης από τις πλέον αποδοτικές συμβατικές διαθέσιμες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Επιτυγχάνεται με τον τρόπο αυτό η μείωση της οριακής τιμής του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και, κατ' επέκταση, η μείωση του κόστους ηλεκτροπαραγωγής,
- βελτίωση της αξιοπιστίας του ηλεκτρικού συστήματος και τη μείωση των απαιτήσεων για εγκατάσταση νέων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Ιδιαίτερα τα φ/β συστήματα, στα οποία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κορυφώνεται κατά τις μεσημβρινές ώρες της θερινής περιόδου, συμβάλλουν αποφασιστικά στη μείωση των θερινών αιχμών του ηλεκτρικού συστήματος και επομένως στην αποφυγή εγκατάστασης αεριοστροβιλικών μονάδων με καύσιμο συνήθως φυσικό αέριο, που θα λειτουργούσαν μόνο λίγες δεκάδες ώρες το χρόνο αυξάνοντας σημαντικά τα κόστη ηλεκτροπαραγωγής.

Επιπλέον, εξαιτίας του γεγονότος ότι τα εν λόγω συστήματα εγκαθίστανται αποκεντρωμένα, κοντά στο φορτίο και ταυτόχρονα συνδέονται στο δίκτυο χαμηλής τάσης συμβάλλουν στη:



- μείωση των απωλειών του ηλεκτρικού συστήματος,
- μείωση των απαιτήσεων ανάπτυξης υποδομών για τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας,
- βελτίωση της ποιότητας της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς οι εταιρείες ηλεκτροπαραγωγής μπορούν να αξιοποιήσουν τους μετασχηματιστές που διαθέτουν τα φ/β συστήματα και δεν απαιτείται η εγκατάσταση πρόσθετων πυκνωτών.

Τέλος, καθώς οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί που έχουν τεθεί τα τελευταία χρόνια οδηγούν στη μεγαλύτερη διεύδυση του φυσικού αερίου στα συστήματα ηλεκτροπαραγωγής, η αυξημένη διεύδυση των φ/β συστημάτων συμβάλλει στη μείωση της έκθεσης των εταιρειών ηλεκτροπαραγωγής και του ηλεκτρικού συστήματος γενικότερα στις διακυμάνσεις των διεθνών τιμών φυσικού αερίου και επομένως στην διαμόρφωση σχετικά σταθερών και προβλέψιμων τιμών ηλεκτρικής ενέργειας.

#### Γ. Οφέλη σχετικά με την οικονομία

Οι εφαρμογές υψηλής τεχνολογίας θεωρούνται συνήθως εντάσεως κεφαλαίου και όχι εργασίας. Εντούτοις, κάτι τέτοιο δε φαίνεται να ισχύει στην περίπτωση των φ/β, αφού σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία η βιομηχανία των φ/β συμβάλλει στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας περισσότερο από κάθε άλλη ανανεώσιμη τεχνολογία. Στην περίπτωση των φ/β, οι άμεσες θέσεις εργασίας αφορούν στα στάδια της έρευνας, της παραγωγής, της εμπορίας, της εγκατάστασης και της συντήρησης.

Σε ότι αφορά τη συνεισφορά των φ/β εγκαταστάσεων γενικότερα στα δημόσια οικονομικά, το γεγονός ότι οι εν λόγω εγκαταστάσεις υποκαθιστούν συμβατικές μονάδες που κάνουν χρήση ορυκτών καυσίμων, ιδιαίτερα φυσικού αερίου, συμβάλλει στην αποφυγή χρήσης εισαγόμενων καυσίμων ή/και ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος η αυξανόμενη διεύδυση της εν λόγω τεχνολογίας στο ηλεκτρικό ενεργειακό μίγμα έχει ως αποτέλεσμα τη σταδιακή δημιουργία σωρευμένης εμπειρίας μέσω της εκμάθησης (Learning by Doing), γεγονός οδηγεί σε μείωση του κόστους της τεχνολογίας και κατ'επέκταση του κόστους των ενεργειακών υπηρεσιών που προσφέρει. Η εν λόγω μείωση του κόστους, που πυροδοτείται συνήθως μέσω προγραμμάτων στήριξης/ ενίσχυσης, επιτρέπει με τη σειρά της τη σταδιακή μείωση του ύψους της ενίσχυσης για τους νεοεισερχόμενους. Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας επιχειρείται η αποτίμηση του εν λόγω οφέλους.

### 3. Μηχανισμοί μείωσης του κόστους των τεχνολογιών ΑΠΕ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η στήριξη των ΑΠΕ αποτελεί στρατηγικό ενεργειακό στόχο για την Ευρωπαϊκή Ένωση αφού:

- Η ανάπτυξή τους συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος και στη μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και, ως εκ τούτου, μπορούν να συμβάλουν στην βελτίωση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού
- Η ανάπτυξη τους δύναται να συμβάλει σημαντικά στη δημιουργία θέσεων εργασίας και στην περιφερειακή ανάπτυξη. (ΕΜΠ, 2016)

Η στήριξη παρέχεται στις ΑΠΕ με στόχο, μεταξύ άλλων, την αύξηση της διείσδυσής τους, η οποία κατά κοινή ομολογία πυροδοτεί την τεχνολογική τους ανάπτυξη και ωρίμανση και οδηγεί συνακόλουθα στη μείωση του κόστους εγκατάστασης καθώς και του Σταθμισμένου Κόστους της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η εν λόγω μείωση θα τις καταστήσει σε βάθος χρόνου ανταγωνιστικές σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας και ως εκ τούτου θα περιοριστεί η ανάγκη κρατικής στήριξης. Η αντίληψη αυτή επιβεβαιώνεται σε μια σειρά κειμένων ενεργειακής πολιτικής, μερικά εκ των οποίων αναφέρονται στη συνέχεια.

Ειδικότερα, στη Λευκή Βίβλος (COM(97) 599 τελικό) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής αναφέρεται ότι «είναι γενικά αποδεκτό ότι υπάρχει ακόμα μεγάλο περιθώριο η Έρευνα και η Τεχνολογική Ανάπτυξη να βελτιώσουν την τεχνολογία, να μειώσουν το κόστος και να αποκτηθεί εμπειρία χρήστη σε προγράμματα επίδειξης με την προϋπόθεση ότι καθοδηγούνται από κατάλληλα μέτρα και πολιτικές για τη εισαγωγή τους και επακόλουθη εφαρμογή τους σε εσωτερικές αγορές και αγορές τρίτων χωρών. Κάθε δράση, δημοσιονομική, οικονομικής, νομικής ή άλλης φύσης στοχεύει στην διείσδυση των τεχνολογιών στην αγορά.» Στο ίδιο κείμενο ορίζεται μεταξύ άλλων ο στόχος της εγκατάστασης 1.000.000 φωτοβολταϊκών συστημάτων με βασικό επιχείρημα ότι «υπάρχει μεγάλο περιθώριο ο αριθμός των ευρωπαϊκών μικρομεσαίων επιχειρήσεων φωτοβολταϊκών να αυξηθούν και να δημιουργήσουν θέσεις εργασίας. Για το λόγο αυτό χρειάζεται μια φιλόδοξη και ορατή καμπάνια προώθησης που θα παρέχει μια επαρκή σε μέγεθος αγοραστική βάση ώστε να επιτευχθεί ουσιαστική μείωση των τιμών [...]»

Αντίστοιχη επιχειρηματολογία αναπτύσσεται και στην Πράσινη Βίβλο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (COM(2006) 105 final) όπου περιγράφεται η Ευρωπαϊκή Στρατηγική για Βιώσιμη, Ανταγωνιστική και Ασφαλή Ενέργεια. Συγκεκριμένα, υποστηρίζεται ότι «η ΕΕ εγκατέστησε αιολική ενέργεια που αντιστοιχεί σε 50 ηλεκτρικούς σταθμούς καύσης άνθρακα με αποτέλεσμα τα κόστη να μειωθούν κατά το ήμισυ σε 15 χρόνια». Επιπλέον, διατυπώνεται με σαφήνεια ότι «δράσεις που θα επιταχύνουν την τεχνολογική ανάπτυξη και θα μειώσουν τα κόστη νέων ενεργειακών τεχνολογιών πρέπει να συμπληρώνονται από μέτρα και πολιτικές που θα ανοίγουν την αγορά και θα εξασφαλίζουν τη διείσδυσή τους στην αγορά των υπαρχουσών τεχνολογιών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής».

Επίσης, και στην Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές αναφέρεται ότι «Εφόσον παρίσταται ανάγκη, η Επιτροπή, με βάση τα συμπεράσματα της εν λόγω έκθεσης, θα πρέπει

να υποβάλει πρόταση για κοινοτικό πλαίσιο όσον αφορά τα συστήματα στήριξης για την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. [...] Το εν λόγω πλαίσιο θα επιτρέψει στην ηλεκτρική ενέργεια, η οποία παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, να ανταγωνιστεί την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία παράγεται από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και θα περιορίσει το κόστος που βαρύνει τον καταναλωτή, ενώ, μεσοπρόθεσμα, θα μειώσει την ανάγκη κρατικής στήριξης.». Μάλιστα, σύμφωνα με την ίδια οδηγία «Η αυξανόμενη διείσδυση της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην αγορά, θα επιτρέψει να επιτευχθούν οικονομίες κλίμακας, γεγονός που θα μειώσει το κόστος».

Τέλος, στην Οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ αναφέρεται ότι «Είναι σκόπιμη η στήριξη των τεχνολογιών αποκεντρωμένης παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές κατά τις φάσεις επίδειξης και αρχικής διάθεσης στο εμπόριο», ενώ σε άλλο σημείο διατυπώνεται ότι «η δημόσια στήριξη είναι αναγκαία για την επίτευξη των στόχων της Κοινότητας σχετικά με την εξάπλωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ιδιαίτερα όσο οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας στην εσωτερική αγορά δεν αντικατοπτρίζουν πλήρως το περιβαλλοντικό και κοινωνικό κόστος και τα οφέλη των χρησιμοποιούμενων πηγών ενέργειας».

## 3.1 Η καινοτομία

### 3.1.1 Ορισμός της Καινοτομίας

Θεμελιωτής της έννοιας της καινοτομίας φέρεται να είναι ο αυστριακός οικονομολόγος Joseph Schumpeter (1883 – 1950). Συγκεκριμένα, ο Schumpeter (1934) στο έργο του «Η Θεωρία της Οικονομικής Ανάπτυξης» συνέδεσε την καινοτομική δραστηριότητα με την οικονομική ανάπτυξη (Κωνσταντέλου, 2005). Σύμφωνα με τον Schumpeter, η κάθε φορά νέα κατάσταση γενικής ισορροπίας που επιτυγχάνεται σε μια οικονομία είναι μια δυναμικά εξελισσόμενη διαδικασία, η οποία χαρακτηρίζεται από αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας του συστήματος και όχι απλά από μια ποσοτική αύξηση των «παραδοσιακών» συντελεστών εισροών (κεφάλαιο, εργασία, φυσικοί πόροι) (Ραφαηλίδης, 1998). Ο κύριος φορέας αυτών των αλλαγών είναι ο καινοτόμος επιχειρηματίας (Innovator – entrepreneur), ο οποίος αξιοποιώντας υπάρχοντες πόρους με νέους τρόπους κατορθώνει να προκαλέσει «αναστάτωση» στην ισορροπία του οικονομικού συστήματος, καθώς και μια διαδικασία «δημιουργικής καταστροφής», η οποία θα οδηγήσει στη σταδιακή απαξίωση των υπάρχουσών δομών, μέσων και διαδικασιών παραγωγής (Μιχαηλίδης, 2006).

Σύμφωνα με τον Κραψίτη (2009) ο Schumpeter, όντας ο πρώτος οικονομολόγος που έδωσε έμφαση στην καινοτομία ως τη βασική πηγή δυναμισμού στην καπιταλιστική οικονομία, όρισε πέντε (5) τύπους καινοτομίας:

- Εισαγωγή νέου προϊόντος ή ποιοτική αλλαγή σε ένα ήδη υπάρχον προϊόν.
- Εισαγωγή μιας νέας διαδικασίας παραγωγής.
- Αξιοποίηση νέων υλικών.
- Ανάπτυξη νέων μεθόδων και δομών οργάνωσης των επιχειρήσεων
- Ανάπτυξη νέων αγορών τόσο για την πώληση όσο και για την προμήθεια προϊόντων.

Επίσης για τον Schumpeter (1934) οι καινοτομίες διακρίνονται σε «ριζικές» ή «βαθμιαίες». Συγκεκριμένα, όπως υποστηρίζει ο Ραφαηλίδης (2009):

- «Ριζικές καινοτομίες» είναι αυτές που τείνουν να διευρύνουν τη γνωστική βάση ολόκληρης της οικονομίας και οι εφαρμογές τους διαχέονται σε πολλούς κλάδους, προκαλώντας διεθνείς αλλαγές. Η εμφάνιση του προσωπικού υπολογιστή είναι ένα κλασικό παράδειγμα ριζικής καινοτομίας που εκμεταλλεύθηκαν αποτελεσματικά νέες επιχειρήσεις όπως η Microsoft (Gates,1996), η Apple, η Del κλπ., ενώ η τεράστιου μεγέθους IBM θεώρησε ότι δεν υπάρχει χώρος παρά για λίγους μεγάλους σταθμούς εργασίας (Mainframes) και βέβαια, δεν υπήρξε μέλλον για τους υπολογιστές της (Γωνιάδης, 2007).
- «Βαθμιαίες καινοτομίες» θεωρούνται αυτές που στηρίζονται στην προϋπάρχουσα επιστημονική γνώση και τεχνική πρακτική, βελτιώνοντας συγκεκριμένες περιοχές ενδιαφέροντος. Η σύζευξη του προσωπικού υπολογιστή με το κινητό τηλέφωνο (πολλές χρήσεις σε μία συσκευή χειρός), μπορεί να αναφερθεί σαν παράδειγμα σταδιακής καινοτομίας η οποία είναι μια σειρά από ποσοτικές αλλαγές σε γνωστές παραμέτρους ενός προϊόντος, ή εισαγωγής τεχνικών χαρακτηριστικών ενός ήδη χρησιμοποιούμενου προϊόντος, σε άλλο (Saviotti, Stubs, 1982).

Με εδραιωμένη την αντίληψη ότι η καινοτομική δραστηριότητα παίζει καταλυτικό ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη, αναπτύχθηκε πληθώρα μικρο-οικονομικών θεωρήσεων που εστιάζουν στην κατανόηση της δυνατότητας των επιχειρήσεων να καινοτομούν. Μία από αυτές είναι η «εξελικτική» προσέγγιση, στο πλαίσιο της οποίας έχουν κυριαρχήσει δύο διακριτές τάσεις.

Η πρώτη προσπαθεί να εξηγήσει τα φαινόμενα αυτά με βάση την ανθρώπινη συμπεριφορά, και δη τη συμπεριφορά του υποκειμένου που μπορεί να έχει νομική ή θεσμική υπόσταση. Η τάση αυτή μπορεί να θεωρηθεί συνέχεια της θεώρησης του Schumpeter, ο οποίος ασχολήθηκε με το ρόλο του επιχειρηματία (entrepreneur) στην οικονομική εξέλιξη. Κύριοι εκφραστές της άποψης αυτής είναι οι Nelson & Winter (Κωνσταντέλλου, 2005).

Η δεύτερη τάση της εξελικτικής προσέγγισης βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα και αξιοποιεί στατιστικές μεθόδους προκειμένου να διερευνηθούν ποιοτικές υποθέσεις που αφορούν τη σχέση τεχνολογίας, οικονομίας και κοινωνίας. Κύριοι εκπρόσωποί της είναι ο Christofer Freeman και ο Giovanni Dosi. Ο πρώτος, υιοθετώντας μια ιστορική προσέγγιση στη μελέτη του φαινομένου της τεχνολογικής αλλαγής, κατέληξε μεταξύ άλλων ότι πέρα από την «επαγγελματικοποίηση» του συστήματος έρευνας και ανάπτυξης, άλλοι παράμετροι που επηρεάζουν τον ολοένα και περισσότερο επιστημονικό χαρακτήρα της τεχνολογίας, είναι η περιπλοκότητα της τεχνολογίας, η γενική τάση για εξειδίκευση και καταμερισμό εργασίας και η δημιουργία δικτύων επιχειρήσεων.

Ο Dosi, από την άλλη, χρησιμοποιώντας όρους και ιδέες από την επιστημολογία και ορίζοντας νέες έννοιες όπως το «τεχνολογικό παράδειγμα» και η «τεχνολογική τροχιά» διαμόρφωσε μια μικρο-οικονομική θεώρηση για τη καινοτομία, κεντρικό θέμα της οποίας είναι ο τρόπος με τον οποίο τα οικονομικά υποκείμενα αποκτούν γνώση και ικανότητες για την επίλυση τεχνολογικών και οργανωτικών προβλημάτων. Οι Freeman & Dosi, λοιπόν, εστιάζουν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο στο ρόλο της επιστήμης και της τεχνολογίας στην κατανόηση της σύγχρονης συμπεριφοράς της επιχείρησης απέναντι στην καινοτομία κάνοντας ιδιαίτερη μνεία στο ρόλο του κράτος και των πολιτικών για την επιστήμη και την

τεχνολογία και στη διαδραστική σχέση που αναπτύσσεται με επιχειρήσεις που διατηρούν οργανωμένες ερευνητικές δραστηριότητες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στη διεθνή βιβλιογραφία εμφανίζονται διαφορετικοί ορισμοί της καινοτομίας. Ο ΟΟΣΑ, το 1971 την ορίζει ως την «πρώτη εφαρμογή της επιστήμης και της τεχνολογίας με ένα νέο τρόπο που συνοδεύεται από εμπορική επιτυχία». Στον αντίποδα, η Unesco το 1972 επιλέγει τον ορισμό «κάθε σκέψη, συμπεριφορά ή πράγμα, που είναι νέο γιατί είναι ποιοτικά διαφορετικό από τις υπάρχουσες μορφές», αφήνοντας περιθώρια για την ανάδειξη και καινοτομιών που ενέχουν κοινωνικό όφελος ακόμα και αν δεν έχουν άμεσο οικονομικό – εμπορικό αποτέλεσμα.

Για τον Freeman (1982), «η βιομηχανική καινοτομία περιλαμβάνει τεχνικό σχεδιασμό, κατασκευή, διοικητικές και εμπορικές δραστηριότητες που σχετίζονται με το μάρκετινγκ λίγων (ή βελτιωμένων) προϊόντων ή με την πρώτη εμπορική χρήση μιας νέας (ή βελτιωμένης) διαδικασίας ή εξοπλισμού».

Ο Paul Michael Porter (1990) αναφέρει ότι «*«Οι επιχειρήσεις αποκτούν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα όταν καινοτομούν. Προσεγγίζουν την καινοτομία, με την ευρύτερη της έννοια, υιοθετώντας, τόσο καινούργιες τεχνολογίες, όσο και καινούργιους τρόπους παραγωγής προϊόντων»*».

Σύμφωνα με την Πράσινη Βίβλο της ΕΕ για την Καινοτομία (1995), «Ο όρος Καινοτομία μπορεί να αναφέρεται στη διαδικασία – μετατροπή μιας ιδέας σε εμπορεύσιμο προϊόν ή σε υπηρεσία, σε μια νέα μορφή οργάνωσης της επιχείρησης, σε μια νέα ή βελτιωμένη λειτουργική μέθοδο παραγωγής, σε ένα νέο τρόπο παρουσίασης ενός προϊόντος (design, marketing) ή ακόμη και σε μια νέα μέθοδο παροχής υπηρεσιών. Μπορεί επίσης να αναφέρεται στο σχεδιασμό και στην κατασκευή νέου βιομηχανικού εξοπλισμού, στην υλοποίηση ενός έργου με νέο τρόπο διαχείρισης ή να υποδηλώνει ένα νέο τρόπο σκέψης για την αντιμετώπιση μιας κατάστασης ή ενός προβλήματος».

Το «Εγχειρίδιο Όσλο» (Oslo Manual) που εκπονήθηκε από τον Ο.Ο.Σ.Α. και το Νορβηγικό Βιομηχανικό Επιμελητήριο, αποτελεί τη βάση των περισσότερων ερευνών που γίνονται στον κόσμο και διαχωρίζει την καινοτομία σε «τεχνολογική» και μη. Την «τεχνολογική καινοτομία» τη διακρίνει επιμέρους σε:

α) Καινοτομία Προϊόντος, εννοώντας την παραγωγή και εμπορευματοποίηση ενός προϊόντος ή υπηρεσίας, με βελτιωμένα χαρακτηριστικά απόδοσης. Πρακτικά βέβαια είναι δύσκολο να προσδιοριστεί το καινοτόμο προϊόν δεδομένου ότι, τις περισσότερες φορές, το προϊόν είναι σύνθετο τόσο ως προς τη διαδικασία παραγωγής του, όσο και ως προς τα επί μέρους στοιχεία (ενδιάμεσα προϊόντα) που το απαρτίζουν.

β) Καινοτομία Διαδικασίας, η οποία ορίζεται ως η υλοποίηση και υιοθέτηση νέων, ή σημαντικά βελτιωμένων μεθόδων παραγωγής ή διανομής, που μπορεί να περιλαμβάνει αλλαγές στον εξοπλισμό, στους ανθρώπινους πόρους, στις μεθόδους εργασίας, ή σε κάποιον συνδυασμό των παραπάνω (Oslo Manual, 1997). Οι καινοτομίες προϊόντος και διαδικασίας είναι αλληλένδετες. Ένα καινοτομικό προϊόν πολλές φορές, δεν μπορεί να γίνει εμπορικά εκμεταλλεύσιμο χωρίς την καινοτόμα διαδικασία που θα το κάνει παραγωγικά και κοστολογικά εφικτό. Μια καινοτόμα διαδικασία επιπλέον, μπορεί να «ανανεώσει» ένα υφιστάμενο προϊόν, μεγαλώνοντας τον κύκλο ζωής του.

Τη «μη τεχνολογική καινοτομία» την προσδιορίζει το εγχειρίδιο του Όσλο αφαιρετικά. Μη τεχνολογική καινοτομία, δηλαδή, είναι οτιδήποτε δεν εμπίπτει στην τεχνολογική καινοτομία. Ως μη τεχνολογικές καινοτομίες θεωρούνται οι Οργανωτικές και Διοικητικές Καινοτομίες υλοποίησης προηγμένων τεχνικών διοίκησης (Συστήματα Ολικής Ποιότητας-T.Q.S., Πιστοποίηση ποιότητας κατά ISO5 κλπ.), η εισαγωγή ουσιαστικά διαφοροποιημένων οργανωτικών δομών και η υλοποίηση νέων, ή ουσιαστικά διαφοροποιημένων προσανατολισμών επιχειρησιακής στρατηγικής (Γωνιάδης,200).

Υπό το φως των ανωτέρω, αναδεικνύεται ότι ενώ αρχικά η καινοτομία ως όρος ταυτιζόταν με την έννοια της τεχνολογικής αλλαγής, η οποία συμβαίνει σε συγκεκριμένο πλαίσιο / κλάδο και επιφέρει μια αλλαγή στην παραγωγική διαδικασία ή στο προϊόν, στη συνέχεια μετατράπηκε σταδιακά σε έναν γενικό περιγραφικό όρο που εμπεριέχει ταυτόχρονα τις έννοιες της τεχνολογικής αλλαγής, των οργανωσιακών αλλαγών καθώς και των αλλαγών στο πεδίο του marketing , οι οποίες θα καταστήσουν το προϊόν εμπορεύσιμο. Παρατηρείται δηλαδή μια απομάκρυνση του όρου από την αρχική έννοια της εντοπισμένης τεχνολογικής αλλαγής και μια ταύτισή του με την εμπορική διάσταση των προϊόντων.

### 3.1.2 Δείκτες μέτρησης καινοτομίας

Η καινοτομία και η κατεύθυνση της τεχνολογικής πολιτικής ρυθμίζονται σε εθνικό επίπεδο από ένα σύνολο θεσμών που αποκαλείται Εθνικό Σύστημα Καινοτομίας (ΕΚΣ). Η εξέταση των ΕΣΚ γίνεται σε τρία επίπεδα ανάλυσης:

- Το μακρο-επίπεδο όπου η οικονομία γίνεται αντιληπτή ως ένα σύνολο διασυνδεδεμένων δρώντων μηχανισμών που περιλαμβάνουν τις επιχειρήσεις, τα πανεπιστήμια και τους δημόσιους ερευνητικούς φορείς, και ενδιαμέσους υποστηρικτικούς φορείς που σχετίζονται π.χ. με την χρηματοδότηση της καινοτομίας, την τεχνική εκπαίδευση, την παροχή υπηρεσιών υποστήριξης μεταφοράς τεχνολογίας κτλ.
- Το μεσο-επίπεδο που εξετάζει τις αλληλοσυσχετίσεις ανάμεσα σε επιχειρήσεις με κοινά χαρακτηριστικά (παρόμοιες δραστηριότητες ή/και γεωγραφική εγγύτητα), τα λεγόμενα clusters.
- Το μικρο-επίπεδο που εστιάζει στα ιδιαίτερα εσωτερικά χαρακτηριστικά και ικανότητες της επιχείρησης που σχετίζονται θετικά με την ικανότητα της να καινοτομεί. (Κραψίτης, 2009).

Η μέτρηση της καινοτομίας και ειδικότερα η «εκτίμηση» καινοτομικών δεικτών σε οποιοδήποτε επίπεδο – επιχείρηση, κλάδο, περιφέρεια, χώρα – έρχεται αντιμέτωπη με πλείστες όσες προκλήσεις και αδιέξοδα: εννοιολογικές σημασιοδοτήσεις και οριοθετήσεις, πρακτικές άντλησης πληροφοριών, διαδικασίες ελέγχου αξιοπιστίας της αντλούμενης πληροφόρησης, αξιολόγηση της οικονομικής αξίας της καινοτομίας κ.λπ. Πρόσθετες δυσκολίες προκύπτουν και από το ότι η καινοτομία συνδέεται και επηρεάζεται από διαστάσεις ιστορικές, κοινωνικές, οργανωτικές και τοπικές ιδιαιτερότητες, και, ακόμα, επιχειρησιακές και άλλες υποκειμενικότητες.

Στην προκειμένη περίπτωση οι δυσκολίες πηγάζουν από το γεγονός, ότι πολλές από τις διαστάσεις αυτές δεν προσφέρονται σε καμιά μορφή κωδικοποίησης ή μέτρησης. Τόσο η παρουσία τους όσο και οι επιδράσεις τους μόνο έμμεσα μπορούν να διαπιστωθούν είτε σε αναφορά με μη αναγώγιμα σε συγκεκριμένα αίτια υπολειμματικά αποτελέσματα είτε με

συγκρίσεις επιδόσεων παρόμοιων κατά τα άλλα επιχειρήσεων, κλάδων τοπικών οικονομιών κ.λπ.

Με δεδομένη τη σημασία της καινοτομίας στην οικονομία, έχει αναπτυχθεί μεγάλο ενδιαφέρον για τη μέτρησή της. Σε γενικές γραμμές οι μέθοδοι, τρόποι ή πρακτικές ανίχνευσης, ποσοτικοποίησης και μέτρησης της καινοτομικής γνώσης και δραστηριότητας ομαδοποιούνται σε δύο κατηγορίες: έμμεσες και άμεσες (Κραψίτης, 2009).

Οι έμμεσες επιχειρούν τη μέτρηση της καινοτομικής δραστηριότητας μέσω της συσχέτισής της με κάποιο μέγεθος όπως η κερδοφορία, ο ρυθμός ανάπτυξης, η δημιουργία θέσεων εργασίας ή η παραγωγικότητα, συνήθως με τη βοήθεια κάποιου οικονομετρικού μοντέλου, χωρίς όμως η συμβολή της καινοτομίας να μπορεί να υπολογιστεί επακριβώς. Από την άλλη πλευρά οι άμεσες μετρήσεις αξιοποιούν δείκτες εισροών και εκροών που σχετίζονται με την καινοτομία. Χαρακτηριστικότερος δείκτης εισροών είναι οι δαπάνες για έρευνα και ανάπτυξη (R&D) ενώ αντίστοιχα εκροών ο αριθμός κατοχυρώσεων ευρεσιτεχνιών.

Οι μέθοδοι αυτοί παρουσιάζουν αδυναμίες και αστοχίες. Λόγου χάρη, οι ευρεσιτεχνίες ως τρόπος μέτρησης παρουσιάζουν μεγάλη ευκολία στην απόκτηση δεδομένων αλλά υπάρχουν πολύ μεγάλες διαφορές στην ποιότητα μεταξύ των ευρεσιτεχνιών (Griliches 1990). Συγκεκριμένα, κάθε χώρα ή οικονομική κοινότητα έχει διαφορετικούς κανονισμούς για τις ευρεσιτεχνίες ενώ οι ευρεσιτεχνίες δεν αντιπροσωπεύουν πάντα μία εμπορικά επιτυχημένη καινοτομία. Επιπλέον, ένα καινοτομικό προϊόν δεν μπορεί να γίνει, ή δεν γίνεται πάντα ευρεσιτεχνία (Archibugi και Sirilli 2000).

Συμπληρωματικά, αξιοποιούνται και δείκτες αποθέματος και δημιουργίας ανθρώπινου δυναμικού ή κεφαλαίου που υπολογίζονται στη βάση πληροφοριών που αναφέρονται σε διαστάσεις που μετρούν ή περιγράφουν διάφορες ιδιότητες, γνωρίσματα, ή χαρακτηριστικά των εργαζομένων, όπως επίσης και στη σύνθεση αυτών των διαστάσεων: επίπεδο εκπαίδευσης, σύνθεση επιστημονικών εξειδικεύσεων, εμπειρία, κατοχή ειδικών γνώσεων (π.χ. γνώσεις πληροφορικής, πολύ-ειδίκευση, κ.λ.π.) (Κραψίτης, 2009).

Πιο αναλυτικά, οι ποσοτικές μεταβλητές των ΕΣΚ διαιρούνται σε τέσσερις κατηγορίες κάθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει μια σειρά από δείκτες όπως αποτυπώνεται παρακάτω:

A) Προϋποθέσεις για καινοτομία: Υπάρχουν δύο είδη προϋποθέσεων καινοτομίας, με πρώτο τις συνθήκες αγοράς που προσδιορίζεται από το κατά κεφαλήν εισόδημα, το συνολικό Α.Ε.Π. και την πυκνότητα πληθυσμού. Οι δείκτες αυτοί περιγράφουν ουσιαστικά την εγχώρια αγορά το μέγεθος και η κατανομή της οποίας επιδρούν στις ευκαιρίες των επιχειρήσεων για παραγωγή και καινοτομία. Το δεύτερο είδος είναι οι θεσμικές συνθήκες και σε αυτές εντάσσονται ο δείκτης κατανομής εισοδήματος GINI, η νεότητα του πληθυσμού, το προσδόκιμο ζωής και ο δείκτης διαφθοράς. Οι δείκτες αυτοί αποτυπώνουν σε γενικές γραμμές πόσο φιλικό μπορεί να είναι το εγχώριο περιβάλλον στην καινοτόμο επιχειρηματική δραστηριότητα τόσο αγοραστικά όσο και κοινωνικοπολιτικά.

B) Εισροές στο Σύστημα: Οι εισροές χωρίζονται επίσης σε «υλική και άυλη επένδυση» και γνώση. Στην επένδυση συγκαταλέγονται οι κατά κεφαλήν δαπάνες για εκπαίδευση αλλά και ως ποσοστό του ΑΕΠ, , οι Ακαθάριστες Δαπάνες για Έρευνα και Ανάπτυξη ως ποσοστό του ΑΕΠ αλλά και κατά κεφαλήν και το ποσοστό επένδυσης σε προηγμένα τεχνολογικά κεφαλαιουχικά αγαθά. Χωρίζεται ουσιαστικά σε δαπάνες σε δαπάνες σε εκπαίδευση, σε έρευνα και σε φυσικό κεφάλαιο. Και αυτοί δείκτες έχουν πολύ σημαντικό αντίκτυπο στην καινοτομία, λιγότερο ή περισσότερο άμεσα. Η γνώση διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες. Η

γενική γνώση που αποκτάται από τη συμμετοχή στο εκπαιδευτικό σύστημα αποτυπώνεται από τον πληθυσμό δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης ως ποσοστό του συνολικού πληθυσμού. Η επιστημονική γνώση εκφράζεται μέσω του αριθμού των ερευνητών ως ποσοστό του εργατικού δυναμικού και του αριθμού των επιστημονικών εργασιών ανά κάτοικο. Τέλος η τεχνολογική γνώση προσεγγίζεται μέσω του αριθμού εγγραφών σπουδαστών σε σχολές τεχνολογικής κατεύθυνσης.

Γ) Κλαδική οργάνωση: Η κλαδική οργάνωση εξετάζει πρώτον τη διάσταση «οικονομικών κλάδων» μέσω της προστιθέμενης αξίας και των εξαγωγών σε δραστηριότητες υψηλής και μεσαίας τεχνολογίας. Δεύτερον εξετάζει τη διάσταση της εξωτερικής επικοινωνίας, αξιοποιώντας το λόγο Εξαγωγών και εισαγωγών προς ΑΕΠ και εισροές και εκροές ξένων άμεσων επενδύσεων και πάλι προς ΑΕΠ.

Δ) Εκροές συστήματος: Ως εκροές ενός ΕΣΚ νοούνται η απόδοσή του και η παραγωγή καινοτομίας αλλά και η διάχυση της νέας γνώσης και τεχνολογίας ανάμεσα στα διάφορα μέρη του. Δείκτες που ποσοτικοποιούν την πρώτη είναι ο αριθμός Η/Υ, συνδέσεων Internet, χρηστών Internet, κινητών τηλεφώνων και πιστοποιητικών ISO 9000 και ISO 14000, όλα ανά κάτοικο. Η τελευταία διάσταση αφορά το τελικό αποτέλεσμα των ΕΣΚ, την καινοτομία, και μετρείται από τους δείκτες πατέντες ανά κάτοικο και εμπορικά σήματα ανά κάτοικο.

Μια χαρακτηριστική αποτύπωση των παραπάνω δεικτών εντοπίζεται στον Ευρωπαϊκό Πίνακα Αποτελεσμάτων για την καινοτομία 2016 (European Commission) που επιχειρείται η βαθμολόγηση της επίδοσης των κρατών μελών στην καινοτομία με βάση τις επιμέρους επιδόσεις σε συνολικά 25 δείκτες χωρισμένους σε 3 βασικούς τύπους δεικτών και 8 διαστάσεις καινοτομίας. Οι «παράγοντες διευκόλυνσης» καταγράφουν τις βασικές κινητήριες δυνάμεις των επιδόσεων στον τομέα της καινοτομίας εκτός της επιχείρησης και καλύπτουν τρεις διαστάσεις της καινοτομίας: τους ανθρώπινους πόρους, τα ανοικτά, άριστα και ελκυστικά συστήματα έρευνας, καθώς και τη χρηματοδότηση και την υποστήριξη. Οι «δραστηριότητες των επιχειρήσεων» ενσωματώνουν τις προσπάθειες καινοτομίας στο επίπεδο της επιχείρησης και ταξινομούνται σε τρεις διαστάσεις καινοτομίας: τις επενδύσεις επιχειρήσεων, τις συνδέσεις και την επιχειρηματικότητα, καθώς και τα περιουσιακά στοιχεία διανοητικής ιδιοκτησίας. Τα «αποτελέσματα» αφορούν την επίδραση των καινοτόμων δραστηριοτήτων των επιχειρήσεων σε δύο διαστάσεις της καινοτομίας: τους παραγωγούς καινοτομίας και τα οικονομικά αποτελέσματα. Οι δείκτες αυτοί του European Scoreboard φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:



Πίνακας 6. Δείκτες καινοτομίας του European Scoreboard

Παράγοντες Διευκόλυνσης	
<b>Ανθρώπινοι Πόροι</b>	
1.1.1	Νέοι κάτοχοι Διδακτορικού Διπλώματος ανά 1000 άτομα πληθυσμού μεταξύ 25-34 ετών
1.1.2	Ποσοστό πληθυσμού μεταξύ 30-34 ετών με βασική εκπαίδευση
1.1.3	Ποσοστό νέων μεταξύ 20-24 ετών που μετείχαν τουλάχιστον στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση
<b>Ανοικτά, άριστα και ελκυστικά συστήματα έρευνας</b>	
1.2.1	Διεθνείς επιστημονικές συν-δημοσιεύσεις ανά εκατομμύριο πληθυσμού
1.2.2	Επιστημονικές δημοσιεύσεις στο 10% των δημοσιεύσεων με τις περισσότερες αναφορές παγκοσμίως ως ποσοστό των συνολικών επιστημονικών δημοσιεύσεων της χώρας
1.2.3	Υποψήφιοι Διδάκτορες, μη πολίτες της ΕΕ ως ποσοστό του συνόλου των Υποψήφιων Διδασκόντων
<b>Χρηματοδότηση και Υποστήριξη</b>	
1.3.1	Επενδύσεις σε Έρευνα & Ανάπτυξη στο δημόσιο τομέα ως ποσοστό του ΑΕΠ
1.3.2	Επενδύσεις καινοτόμων κεφαλαίων ως ποσοστό του κύκλου εργασιών
Δραστηριότητες των Επιχειρήσεων	
<b>Επενδύσεις επιχειρήσεων</b>	
2.1.1	Επένδυση σε Έρευνα & Ανάπτυξη στον ιδιωτικό τομέα ως ποσοστό του ΑΕΠ
2.1.2	Επένδυση σε καινοτομία εκτός Ε&Α ως ποσοστό του κύκλου εργασιών
<b>Συνδέσεις και επιχειρηματικότητα</b>	
2.2.1	Καινοτόμες Μικρο Μεσαίες Επιχειρήσεις ως ποσοστό των συνολικών ΜΜ Επιχειρήσεων
2.2.2	Καινοτόμες ΜΜΕπιχειρήσεις που συνεργάζονται με άλλες ως ποσοστό των συνολικών ΜΜ Επιχειρήσεων
2.2.3	Συν-δημοσιεύσεις δημοσίου - ιδιωτικού τομέα ανά εκατομμύριο πληθυσμού
Αποτελέσματα	
<b>Παραγωγοί Καινοτομίας</b>	
3.1.1	ΜΜ Επιχειρήσεις που εισάγουν καινοτομίες διαδικασίας ή προϊόντων ως ποσοστό των συνολικών ΜΜ Επιχειρήσεων
3.1.2	ΜΜΕ που εισάγουν καινοτομίες marketing ή οργανωτικές ως ποσοστό των συνολικών ΜΜ Επιχειρήσεων
3.1.3	Απασχόληση σε ταχέα αναπτυσσόμενες επιχειρήσεις
<b>Οικονομικά αποτελέσματα</b>	
3.2.1	Απασχόληση σε δραστηριότητες εντάσεως γνώσης ως ποσοστό της συνολικής απασχόλησης
3.2.2	Εξαγωγές προϊόντων μέσης και υψηλής τεχνολογίας ως ποσοστών των συνολικών εξαγωγών προϊόντων
3.2.3	Εξαγωγές υπηρεσιών εντάσεως γνώσης ως ποσοστό των συνολικών εξαγωγών υπηρεσιών
3.2.4	Πωλήσεις καινοτομιών νέων για την αγορά ή νέων για την επιχείρηση ως ποσοστό του κύκλου εργασιών
3.2.5	Έσοδα αδειών και διπλωμάτων ευρεσιτεχνιών από το εξωτερικό ως ποσοστό του ΑΕΠ

Για τη μέτρηση της καινοτόμου απόδοσης σε επίπεδο επιχείρησης έχει δοθεί λιγότερη προσοχή απ' ότι σε επίπεδο προγράμματος ή και συστήματος (Καραγιάννης, 2010). Ως τώρα φαίνεται ότι οι χρησιμοποιούμενοι δείκτες μέτρησης καινοτομίας σε επίπεδο επιχείρησης μπορούν να ομαδοποιηθούν σε 3 κατηγορίες:

- **Δείκτες εισαγωγής (input)**, για τη μέτρηση των πόρων που διατίθενται στη διαδικασία της καινοτομίας
- **Δείκτες διαδικασίας (process)**, που απεικονίζουν τα οργανωτικά συστήματα και τα συστήματα διαχείρισης διαδικασιών καινοτομίας και ενσωματώνουν το σχέδιο του συστήματος καινοτομίας μιας εταιρείας.
- **Δείκτες αποτελέσματος (output)**, που προσδιορίζουν τα αποτελέσματα της οργανωτικής καινοτομίας και αντιπροσωπεύουν την πραγματοποιημένη, βραχυπρόθεσμη επιτυχία της καινοτόμου δραστηριότητας.

Μεταξύ των δεικτών που χρησιμοποιούνται στο επίπεδο επιχειρήσεων είναι το ποσοστό των πωλήσεων καινοτόμων προϊόντων που μπηκαν στην αγορά την τελευταία πενταετία υποθέτοντας ότι, όσο μεγαλύτερο είναι το μερίδιο της αγοράς ενός προϊόντος (οι πωλήσεις του δηλαδή), τόσο μεγαλύτερη είναι και η αναλογία συμμετοχής του στο σύνολο του κύκλου εργασιών της επιχείρησης. Ο δε δείκτης αποτελεσματικότητας της διαδικασίας για E&A αποδίδεται σαν ποσοστό επί των πωλήσεων της επιχείρησης. Όσο μικρότερος δηλαδή, είναι ο αριθμός που προκύπτει από την προηγούμενη σχέση, τόσο αποτελεσματικότερη αποδεικνύεται η διαδικασία της E&A. Ένας άλλος σημαντικός δείκτης προκύπτει από το λόγο του συνόλου των καινοτομιών ανά χίλιους απασχολούμενους στη βιομηχανία. Πρέπει όμως να προκύπτει διαφορετικά για τις μεγάλες (πάνω από 500 απασχολούμενοι) από ότι στις μικρές επιχειρήσεις, προκειμένου να υπάρχει κάποια στάθμιση. (Γωνιάδης, 2007).

### 3.1.3 Τεχνολογική Εξέλιξη ΦΒ

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία βασίζουν τη λειτουργία τους στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο που ανακάλυψε το 1839 ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel. Το πρώτο φωτοβολταϊκό στοιχείο κατασκευάστηκε το 1883 από τον Charles Fritz χρησιμοποιώντας κρύσταλλο από σεληνίο (Se) και είχε απόδοση 1%.

Χωρίς την κατανόηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου, η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου, θα παρέμενε μικρή και μόνο η ερμηνεία του φαινομένου αυτού, θα βοηθούσε στη βελτίωση της. Ο Albert Einstein γράφει την πληρέστερη θεωρία γύρω από το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, το 1904. Για αυτήν τη θεωρητική του εξήγηση τιμήθηκε με βραβείο Nobel, το 1921 (Κόκκαλης, 2009). Τη θεωρία συμπλήρωσε ο Schottky που εστίασε στο σχηματισμό των ημιαγωγών.

Έκτοτε και ιδιαίτερα από τη δεκαετία του 50' και μετά έχουν υπάρξει πολύ σημαντικά τεχνολογικά επιτεύγματα στον τομέα τω φωτοβολταϊκών με αποτέλεσμα πλέον να είναι διαθέσιμη μια πληθώρα τεχνολογιών για φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες που αναφέρονται επίσης ως 1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> γενιά: 1) κρυσταλλικής σιλικόνης (c-Si), 2) λεπτού υμενίου και 3) νέων τεχνολογιών (IEA-ETSAP, 2013).

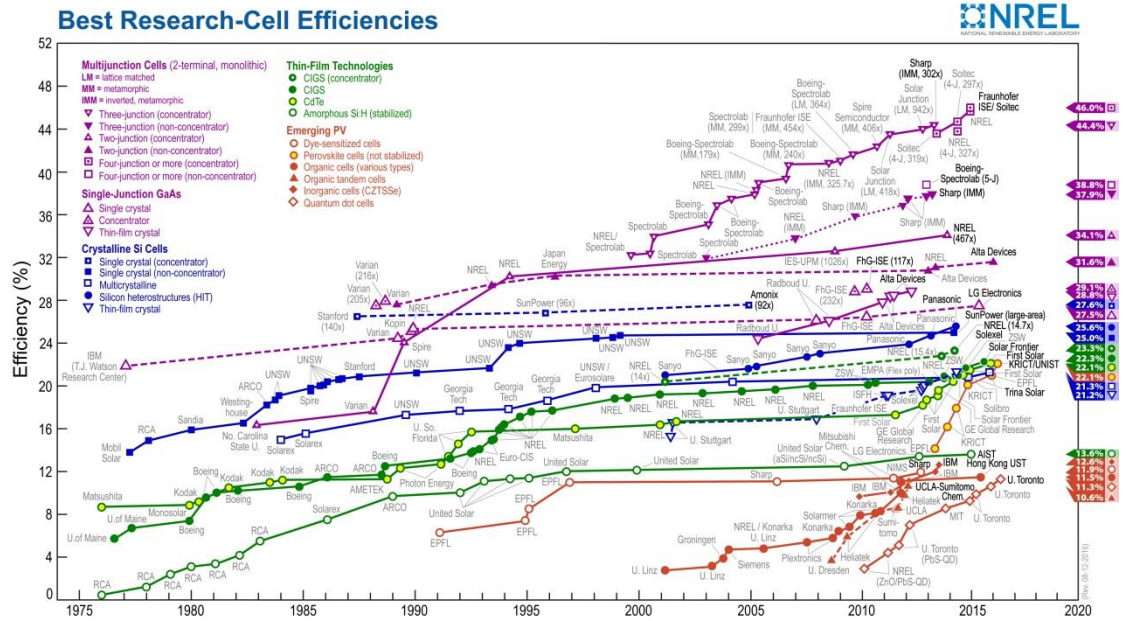
Στην πρώτη κατηγορία, το πυρίτιο χρησιμοποιείται σε 3 μορφές: μονοκρυσταλλικό (sc-Si) πολυκρυσταλλικό (mc-Si) και σε στοιχεία ταινίας (c-Si). Τα φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από ένα κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Αποτελούν τα πιο αποδοτικά φωτοβολταϊκά με αποδόσεις της τάξεως του 15%. Η κατασκευή τους όμως είναι πιο πολύπλοκη γιατί απαιτεί την κατασκευής του μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποτέλεσμα το υψηλότερο κόστος κατασκευής.

Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλομένου πυριτίου. Για την παραγωγή τους οι ράβδοι του πυριτίου κόβονται σε λεπτά τμήματα από τα οποία κατασκευάζεται η κυψέλη του φωτοβολταϊκού. Η διαδικασία κατασκευής τους είναι απλούστερη από εκείνη των μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών με αποτέλεσμα το φθηνότερο κόστος παραγωγής. Παρουσιάζουν όμως σε γενικές γραμμές μικρότερη απόδοση της τάξεως του 12%.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτού υμενίου (thin films), έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πχ. πυρίτιο) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται, η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας τέτοια φωτοβολταϊκά κυμαίνονται από 4% έως 12%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για αυτήν την κατηγορία είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζονται από τις υψηλές θερμοκρασίες ενώ το βασικό μειονέκτημα τους είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παραχθεί η ίδια ενέργεια απαιτείται σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά ή πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής τους μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια.

Η κατηγορία αυτή διαιρείται σε άμορφου πυριτίου (a-Si), με χαμηλά κόστη αλλά και απόδοση (4-8%), πολλαπλών ενώσεων και τελλουριούχου καδμίου με υψηλότερες αποδόσεις και σουλφιδίου του χαλκού - ινδίου / Γαλλίου - Δισεληνιούχου με την υψηλότερη απόδοση της 2<sup>ης</sup> κατηγορίας.

Στην 3<sup>η</sup> κατηγορία, με τις αναδυόμενες τεχνολογίες, η πιο ώριμη αυτή τη στιγμή είναι τα συγκεντρωτικά φωτοβολταϊκά (CPV) στα οποία το ηλιακό φως εστιάζεται σε κυψέλες υψηλής απόδοσης μέσω φακών. Άλλα είδη είναι τα οργανικά Φ/Β, τα προηγμένα ανόργανα Φ/Β κ.α..



Σχήμα 7. Τύποι Φωτοβολταϊκών και αποδόσεις μέχρι το 2010. Πηγή: NREL

Πέρα όμως από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, υπάρχει μια σειρά εξαρτημάτων που αποτελούν ένα φωτοβολταϊκό σύστημα και αποκαλούνται Λοιπό Σύστημα (Balance of System ή BoS). Τέτοια είναι ο inverter (για τη μετατροπή του DC σε AC), οι καλωδιώσεις, τα συστήματα ελέγχου της ισχύος και οι συσκευές αποθήκευσης. Τα περισσότερα από αυτά είναι ώριμες τεχνολογίες αλλά και αυτών το κόστος μειώθηκε τα τελευταία χρόνια παράλληλα με το κόστος των πάνελς.

Στο Λοιπό Σύστημα μπορεί να περιλαμβάνεται και η αποθήκευση ενέργειας. Φθηνότερη αποθήκευση θα μπορούσε να ενισχύσει σημαντικά την διείσδυση των φωτοβολταϊκών στην αγορά βοηθώντας στη διαχείριση της στοχαστικότητας της ηλιακής ενέργειας. Για τις μπαταρίες οι προσπάθειες R&D εστιάζουν αυτή την περίοδο κυρίως στην απόδοση, τη διάρκεια ζωής και το κόστος.

### 3.2 Εκμάθηση μέσω Πείρας

Όπως αναλύθηκε παραπάνω, η αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στηρίζεται σε πολιτικές ενίσχυσης της ζήτησης και της καινοτομικής δραστηριότητας για τις συγκεκριμένες τεχνολογίες, προκειμένου να μειωθεί το κόστος τους και να καταστούν ανταγωνιστικές σε σχέση με τις συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η μείωση του κόστους εγκατάστασης της εκάστοτε τεχνολογίας μάλιστα θεωρείται ένας από τους πιο διαδομένους δείκτες μέτρησης της καινοτομίας για τη συγκεκριμένη τεχνολογία.

Πληθώρα μελετών έχει εντοπίσει μια εμπειρική σχέση μεταξύ της μείωσης του κόστους εγκατάστασης και της συνολικής παραγόμενης ποσότητας ή - όταν πρόκειται για ενεργειακή τεχνολογία - της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος. Η σχέση αυτή αποτυπώνεται στην «καμπύλη μάθησης» (learning curve) και την «καμπύλη εμπειρίας» (experience curve).

Οι καμπύλες αυτές προέρχονται από την παρατήρηση ότι οι εργαζόμενοι σε βιομηχανίες γίνονται πιο αποδοτικοί καθώς παράγουν περισσότερες μονάδες ενός προϊόντος.

Οι πρώτοι που επιχείρησαν να ποσοτικοποιήσουν την παρατήρηση ότι «η εμπειρία βελτιώνει την απόδοση» ήταν οι μηχανικοί και οι managers της βιομηχανίας αεροσκαφών. Το 1936 ο Wright ασχολήθηκε με τη σχέση κόστους – ποσότητας στην εργασία «Παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος των αεροπλάνων». Το έργο του Wright είχε να κάνει με τη διαδικασία της μάθησης εντός ενός εργοστασίου και σε αυτόν αποδίδονται οι πρώτες καμπύλες που αποτύπωναν την Εκμάθηση μέσω Πείρας.

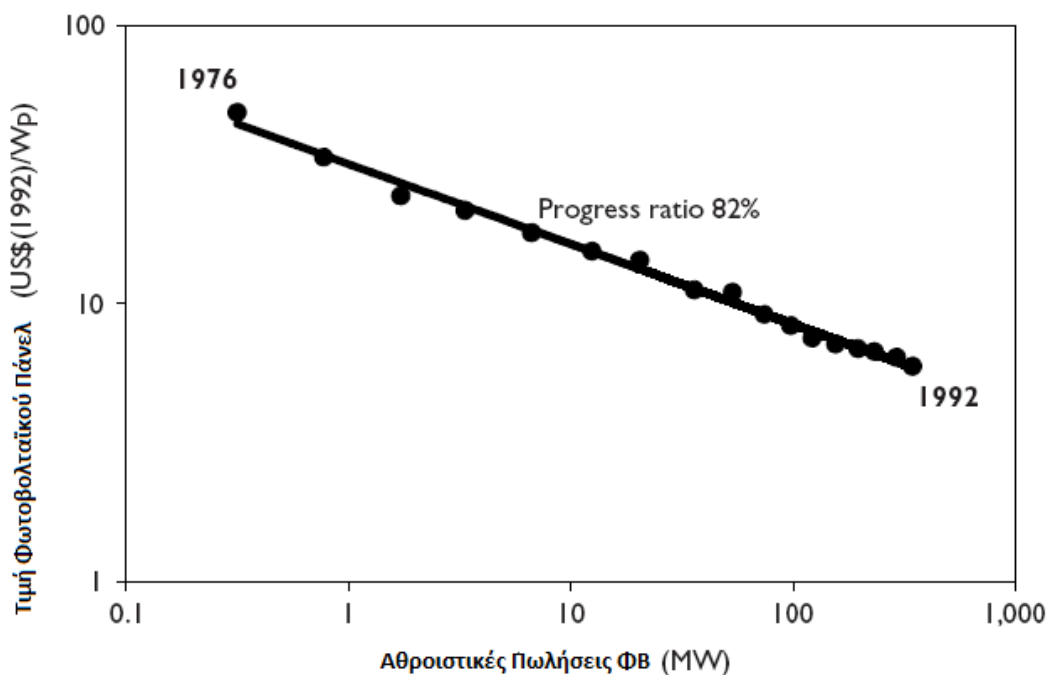
Αντλώντας στοιχεία από την ιδέα της μάθησης στην ψυχολογική θεωρία, ο Arrow (1962) μοντελοποίησε την τεχνική αλλαγή ως συνάρτηση της μάθησης που προέρχεται από τη συσσώρευση πείρας στην παραγωγή.

### 3.2.1 Καμπύλες μάθησης

Η καμπύλη μάθησης αποτελεί ένα ελκυστικό μοντέλο για διάφορους λόγους:

- Συνήθως υπάρχει διαθεσιμότητα των δύο εμπειρικών χρονοσειρών που είναι απαραίτητες για τη δημιουργία της καμπύλης, ήτοι τα δεδομένα για το κόστος και την παραγωγή. Ως εκ τούτου έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες τα αποτελέσματα των οποίων επιβεβαιώνουν το εν λόγω μοντέλο.
- Ήδη παλαιότερες έρευνες για την προέλευση των τεχνολογικών βελτιώσεων, όπως στην κατασκευή αεροσκαφών ή πλοίων είχαν αποτελέσματα που επιβεβαιώνουν τη θεωρία ότι οι εταιρείες μαθαίνουν από προηγούμενη εμπειρία.
- Μελέτες δείχνουν επιβεβαίωση των εμπειρικών δεδομένων από δυναμικές συναρτήσεις σε βάθος χρόνου, ακόμα και δεκαετιών ως επαλήθευση του μοντέλου.
- Η δυναμική διάσταση του μοντέλου – ότι δηλαδή ο ρυθμός βελτίωσης προσαρμόζεται σε αλλαγές του μεγέθους της παραγωγής – καθιστά το μοντέλο ανώτερο από προβλέψεις που αντιλαμβάνονται την αλλαγή αποκλειστικά ως συνάρτηση του χρόνου.
- Τέλος η απλοποίηση της πολύπλοκης διαδικασίας της καινοτομίας σε μία παράμετρο, το βαθμό μάθησης, διευκολύνει την χρήση του από υπολογιστικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στο χώρο της ενέργειας (Nemet, 2006).

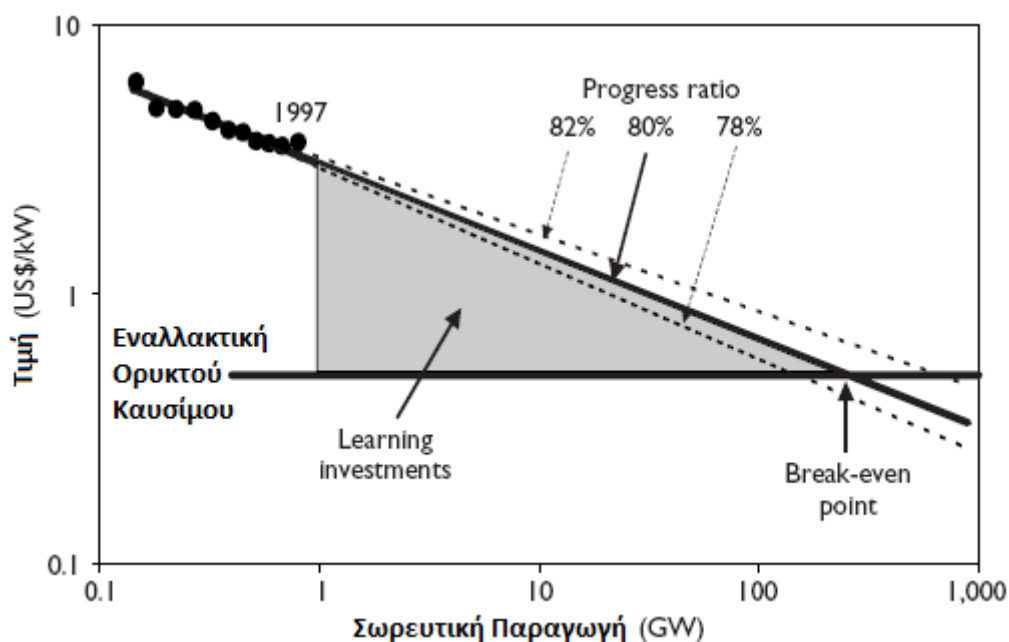
Στο παρακάτω σχήμα 8 αποτυπώνεται η καμπύλη μάθησης για τα φωτοβολταϊκά πάνελς στη παγκόσμια αγορά την περίοδο 1976-1992. Τα δεδομένα καταδεικνύουν μια σταθερή, προοδευτική μείωση στις τιμές, μέσω των διαρκώς αυξανόμενων πωλήσεων, που χρησιμοποιούνται ως μέτρο της εμπειρίας που συσσωρεύεται εντός της βιομηχανίας. Η σχέση παραμένει η ίδια σε 3 τάξεις μεγέθους. Τα δεδομένα παρουσιάζονται σε διπλή λογαριθμική κλίμακα, μια συνηθισμένη μορφή παρουσίασης για καμπύλες μάθησης. Με αυτό τον τρόπο παρουσίασης είναι εύκολο να παρακολουθήσει κανείς το φαινόμενο της συσσώρευσης πείρας σε πολλές τάξεις μεγέθους. Ωστόσο το βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι μετατρέπει την καμπύλη μάθησης σε μια απλή ευθεία γραμμή, διευκολύνοντας την κατανόηση του φαινομένου της μάθησης και τον εντοπισμό δομικών αλλαγών στις αγορές ή τις τεχνολογίες.



**Σχήμα 8.** Καμπύλη μάθησης Φωτοβολταϊκών 1976 - 1992

Η ευθεία γραμμή αποτυπώνει ένα πολύ ενδιαφέρον χαρακτηριστικό της καμπύλης μάθησης. Σε οποιοδήποτε σημείο της γραμμής, μια αύξηση κατά συγκεκριμένο ποσοστό της σωρευτικής παραγωγής δίνει μια σταθερή ποσοστιαία μείωση στην τιμή. Στη βιβλιογραφία, οι συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών καμπυλών μάθησης γίνονται διπλασιάζοντας την αθροιστική ποσότητα. Η αντίστοιχη αλλαγή στην τιμή αναφέρεται ως ρυθμός προόδου (progress ratio). Η παραπάνω καμπύλη μάθησης έχει ρυθμό προόδου 82% που σημαίνει ότι με κάθε διπλασιασμό των αθροιστικών πωλήσεων η τιμή μειώνεται κατά 18% σε σχέση με το προηγούμενο επίπεδο της. (International Energy Agency, 2000).

Τα υπάρχοντα δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι καμπύλες μάθησης αποτελούν μια ικανοποιητική μεθοδολογία για την περιγραφή της ιστορικής εξέλιξης και επίδοσης μιας τεχνολογίας. Συνεπώς, αποτελούν χρήσιμα εργαλεία στην ανάπτυξη πολιτικών εξάπλωσης νέων, φιλικών για το περιβάλλον τεχνολογιών. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 9, βάσει των εκτιμήσεων του 2000, προκειμένου τα φωτοβολταϊκά συστήματα να καταστούν αντίστοιχα ανταγωνιστικά με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας, πρέπει το κόστος των πάνελς να φτάσει τα 0,5 US\$/Wp, όπως υποδεικνύει η γραμμή «Εναλλακτική ορυκτού καυσίμου» στο σχήμα 9. Η τιμή αυτή, και η αντίστοιχη αθροιστική ποσότητα παραγωγής πάνελς διαμορφώνουν το «νεκρό σημείο» (break-even point).



**Σχήμα 9.** Προέκταση της καμπύλης μάθησης μέχρι την επίτευξη Grid Parity

Μέσω της καμπύλης μάθησης δύναται να εκτιμηθούν οι επενδύσεις που είναι απαραίτητο να υλοποιηθούν προκειμένου μια τεχνολογία να καταστεί ανταγωνιστική έναντι μιας άλλης (λ.χ. φωτοβολταϊκές μονάδες έναντι συμβατικών σταθμών). Παρόλα αυτά, μέσω των εν λόγω καμπυλών δεν είναι εφικτό να εκτιμηθεί χρονικά πότε θα συμβεί το ανωτέρω γεγονός. Συγκεκριμένα, η χρονική στιγμή επίτευξης του break-even point εξαρτάται από τους ρυθμούς εγκατάστασης που μπορούν να διαμορφωθούν μέσω των κατάλληλων πολιτικών. Ειδικότερα, προκειμένου το κόστος κατασκευής μιας τεχνολογίας να μειωθεί απαιτούνται επενδύσεις, οι οποίες θα πυροδοτήσουν/ ενισχύσουν τη διαδικασία εκμάθησης, εξαιτίας της οποίας θα αποκλιμακωθούν περαιτέρω τα κόστη κατασκευής.

Στο πλαίσιο των ανωτέρω ένα χαρακτηριστικό μέγεθος είναι το επιπλέον κόστος που απαιτείται προκειμένου το κόστος κατασκευής μιας τεχνολογίας να απομειωθεί από το παρόν επίπεδο και έως το break-even point. Το μέγεθος αυτό αποκαλείται επενδύσεις μάθησης ή learning investments. Πρόκειται δηλαδή για επενδύσεις που στοχεύουν να καταστήσουν, μέσω της μάθησης, μια τεχνολογία αποδοτική από πλευράς κόστους και αναμένεται να ανακτηθούν με την μελλοντική περαιτέρω εξέλιξη της εν λόγω τεχνολογίας (IEA, 2000).

Οι επενδύσεις μάθησης προέρχονται κυρίως μέσα από μηχανισμούς της αγοράς αλλά σε αρκετές περιπτώσεις, η κρατική χρηματοδότηση αποτελεί σημαντικό μέρος των επενδύσεων αυτών ή είναι απαραίτητη προκειμένου να κινητοποιήσει την αγορά. Πολλές φορές παρατηρείται μια επικάλυψη μεταξύ των επενδύσεων αυτών και της κρατικής χρηματοδότησης σε Έρευνα και Ανάπτυξη, αλλά παραμένουν διακριτές διαδικασίες ενίσχυσης της μάθησης. Ενδεικτικά, μέχρι το 2000, οι χώρες του ΟΟΣΑ επένδυσαν περίπου τα διπλάσια χρήματα σε Έρευνα και Ανάπτυξη (E&A) από ότι σε επενδύσεις μάθησης, γεγονός που οφείλεται στο ότι η E&A είναι αυτή που υποστηρίζει τα πρώτα στάδια ανάπτυξης μιας τεχνολογίας μέχρι να καταστεί εν δυνάμει εμπορική και να δοθεί πλέον το βάρος στις επενδύσεις μάθησης (IEA, 2000).

Βασικός περιορισμός του παραπάνω μοντέλου των καμπυλών μάθησης είναι η κυκλικότητα που παρουσιάζει. Συγκεκριμένα, παραβλέπεται το γεγονός ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς δεν αποτελεί εξωγενή παράμετρο/μεταβλητή αλλά σχετίζεται/συναρτάται με τη ζήτηση, η οποία ζήτηση επηρεάζεται από παράγοντες που διαμορφώνουν το κόστος, το οποίο με τη σειρά του εξαρτάται από την εγκατεστημένη ισχύ (Klassen et al, 2005).

### 3.2.2 Factor Learning Curve

Από τη σκοπιά διαμόρφωσης πολιτικών, μία σοβαρή έλλειψη της απλής καμπύλης μάθησης, που χρησιμοποιεί αποκλειστικά τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ ως παράγοντα μείωσης του κόστους, είναι ότι ο ρυθμός μάθησης – και η διαδικασία μάθησης γενικότερα – εξαρτάται αποκλειστικά από την εγκατάσταση περισσότερης ισχύος. Επομένως μόνο πολιτικές που ενισχύουν τη ζήτηση και κατά συνέπεια αυξάνουν την εγκατεστημένη ισχύ παίζουν ρόλο στη μείωση του κόστους σύμφωνα με αυτή την ανάλυση. Η δαπάνη για E&A παρά τη μεγάλη αποδοχή που έχει ως μέσο άσκησης πολιτικής και την προφανή της επίδραση στην καινοτομία δεν έχει θέση σε αυτήν την καμπύλη. Κατά συνέπεια η παραδοσιακή καμπύλη μάθησης δε βοηθάει στην κατανομή των ισχυών πολλές φορές διαθέσιμων πόρων μεταξύ επέκτασης της εγκατεστημένης ισχύος και επενδύσεων E&A.

Σαν λύση στα παραπάνω προτάθηκε από τους Kouvaritakis et al (2000) η επέκταση της ιδέας της καμπύλης μάθησης με τρόπο που να περιλαμβάνει και την αθροιστική δαπάνη σε E&A ως δεύτερο παράγοντα που επιδρά στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ, διαμορφώνοντας έτσι την καμπύλη μάθησης 2 παραγόντων (2 factor learning curve). Μια επέκταση της προσέγγισης αυτής έχει γίνει από τους Klassen et al (2005), στην οποία αντί της αθροιστικής δαπάνης σε E&A χρησιμοποιείται η πιο γενική έννοια του αποθέματος γνώσης (knowledge stock), που λαμβάνει υπόψη την απαξίωση ορισμένης γνώσης στο πέρασμα του χρόνου ενώ υπολογίζει και μια διαφορά φάσης από τη στιγμή που γίνεται η δαπάνη σε E&A μέχρι να προστεθεί νέα γνώση στο απόθεμα γνώσης.

### 3.2.3 Καμπύλη Εμπειρίας

Η έννοια της καμπύλης εμπειρίας (experience curve) διατυπώθηκε αρχικά από την Boston Consulting Group στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Μελετώντας μια από τις μεγαλύτερες εταιρείες ημιαγωγών, οι σύμβουλοι της εταιρείας παρατήρησαν ότι το μοναδιαίο κόστος παραγωγής μειωνόταν κατά 25% περίπου σε κάθε διπλασιασμό της παραγωγής. Αυτή είναι και η σημασία της καμπύλης: όσο μεγαλύτερη εμπειρία έχει μια εταιρεία τόσο χαμηλότερο είναι το κόστος.

Η βασική διαφορά των καμπυλών εμπειρίας με τις καμπύλες μάθησης έγκειται στο ότι οι δεύτερες αποτυπώνουν μόνο μία ή δύο παραμέτρους ως είσοδο (την εκμάθηση μέσω πείρας και τις δαπάνες σε E&A για την καμπύλη 2 παραγόντων) και την επίδρασή τους στη μείωση του κόστους εντός της βιομηχανικής διαδικασίας, ενώ οι πρώτες εξετάζουν το συνολικό κόστος συμπεριλαμβάνοντας κόστη κάθε είδους που είναι απαραίτητα μέχρι την παράδοση του προϊόντος στον τελικό χρήστη. Έτσι στις καμπύλες εμπειρίας ενσωματώνονται αναμφίβολα και τα κόστη για E&A, τα γενικά έξοδα επιχείρησης κ.α. (Boston Consulting Group, 1968; Abell and Hammond, 1979).

Γενικά η καμπύλη προκύπτει από τον τύπο:

$$C_{cum} = C_0 \cdot CUM^b \quad (1)$$



Όπου  $C_{cum}$  είναι το κόστος ανά μονάδα,  $C_0$  είναι το κόστος της πρώτης μονάδας που εγκαταστάθηκε, CUM είναι η αθροιστική εγκατάσταση και b είναι ο δείκτης εμπειρίας.

Ο δείκτης εμπειρίας χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της σχετικής μείωσης κόστους ( $1-2^b$ ) για κάθε διπλασιασμό της αθροιστικής παραγωγής. Η τιμή  $2^b$  ονομάζεται ρυθμός προόδου (progress ratio – PR), χρησιμεύει για την έκφραση της προόδου της μείωσης του κόστους για διαφορετικές τεχνολογίες. Ένας ρυθμός προόδου 80% για παράδειγμα σημαίνει ότι τα κόστη μειώνονται κατά 20% κάθε φορά που η αθροιστική παραγωγή διπλασιάζεται.

Οι μειώσεις κόστους της καμπύλης εμπειρίας αναφέρονται σε συνολικά κόστη (εργασία, κεφάλαιο, διοικητικά κόστη, έρευνα και marketing κλπ). Πηγές της μείωσης του κόστους είναι ένας συνδυασμός αλλαγών στην παραγωγή (όπως καινοτομίες στη διαδικασία, επιδράσεις της μάθησης ή των οικονομιών κλίμακας), αλλαγών στα προϊόντα (καινοτομίες στα προϊόντα, επανασχεδιασμός και προτυποποίηση των προϊόντων) και αλλαγών στις τιμές των εισροών. Εν κατακλείδι, η διαδικασία της συσσώρευσης εμπειρίας αποτελεί μια μακροπρόθεσμη εξελικτική διαδικασία που αναπαριστά τη συνδυαστική επίδραση ενός μεγάλου αριθμού παραμέτρων που μπορεί να διακυμαίνονται έντονα σε βραχυπρόθεσμη κλίμακα. Μόνο μετά από αλληπάλληλους διπλασιασμούς της παραγωγής μπορεί να εντοπιστεί η υφέρπουσα τάση.

Στην παρούσα εργασία, για την παρακολούθηση του κόστους των οικιακών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα επιλέχθηκε η μεθοδολογία της Καμπύλης Εμπειρίας με βάση την οποία το παρακολουθούμενο μέγεθος είναι η τελική τιμή της εγκατάστασης, συμπεριλαμβάνοντας όλα τα πιθανά κόστη. Ο τρόπος με τον οποίο κάθε μηχανισμός (Εκμάθηση μέσω πείρας, Έρευνα και Ανάπτυξη κ.ά.) επιδρά στην ωρίμανση της τεχνολογίας εξετάζεται στη συνέχεια.

## 4. Τεχνολογική Ωρίμανση

### 4.1 Δείκτες μέτρησης του κόστους παραγωγής

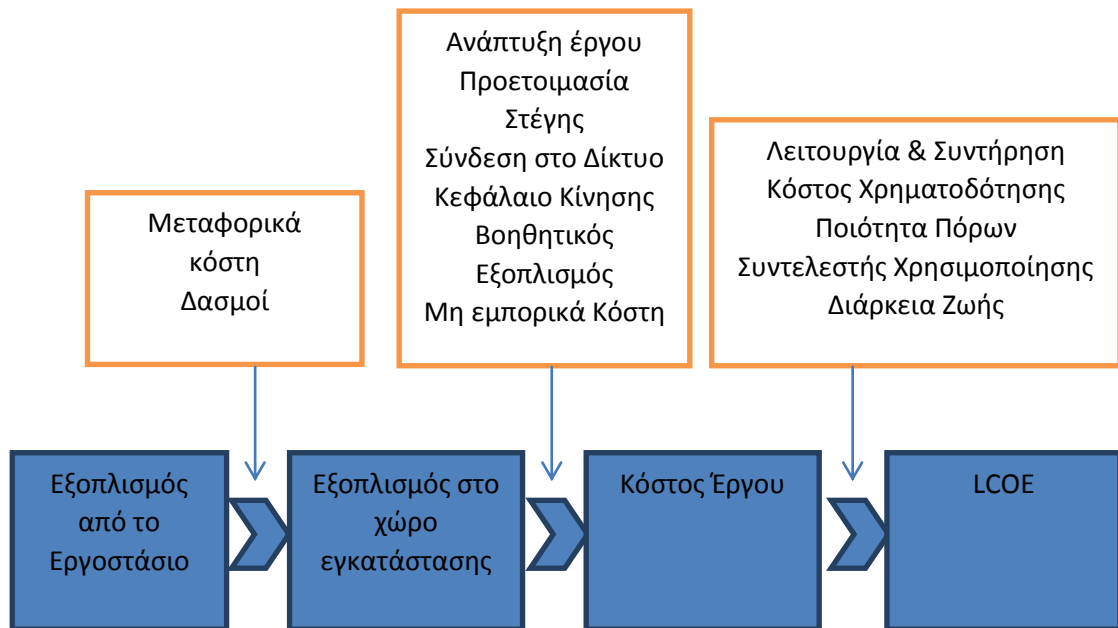
Κεντρικό ερώτημα της παρούσας εργασίας αποτελεί το ποιος είναι ο πιο ακριβής τρόπος να υπολογιστεί το όφελος που προκύπτει από την επιδότηση των οικιακών φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα όσον αφορά την ωρίμανση της τεχνολογίας με τελικό στόχο να καταστούν ανταγωνιστικά με τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας που έχουν καθιερωθεί στην αγορά (επίτευξη grid parity). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η υψηλή εγγυημένη τιμή αποζημίωσης της ενέργειας από οικιακά φωτοβολταϊκά οδηγεί σε αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος. Αυτή με τη σειρά της, μέσω του μηχανισμού της συσσώρευσης εμπειρίας οδηγεί στην ωρίμανση της τεχνολογίας, δηλαδή σε μείωση του κόστους εγκατάστασης και κατ'επέκταση του κόστους παραγωγής ενέργειας από την τεχνολογία αυτή.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέτρησης του κόστους παραγωγής ενέργειας από μια συγκεκριμένη τεχνολογία. Με δεδομένο ότι η ανάλυση για τους σκοπούς της εργασίας στοχεύει στην καταγραφή της τάσης του κόστους και της ανταγωνιστικότητας των οικιακών φωτοβολταϊκών, δε θεωρείται επιθυμητό στο δείκτη μέτρησης του κόστους να αποτυπώνονται τα οικονομικά κίνητρα που παρέχει το κράτος. Επίσης από την ανάλυση του κόστους εξαιρούνται οφέλη από την ασφάλεια του συστήματος (μείωση απωλειών) αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη (π.χ. μείωση εκπομπών) και άλλες σχετικές εξωτερικότητες, που αποτυπώνονται σε άλλες εργασίες, και δεν αφορούν τον υπολογισμό του οφέλους από τη μείωση της τιμής λόγω της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος.

Με βάση τα παραπάνω, στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η χρήση του σταθμισμένου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE). Το σταθμισμένο κόστος ενέργειας είναι ένας δείκτης της απαιτούμενης τιμής του ηλεκτρισμού (εκφρασμένος σε Ευρώ ανά Μεγαβατώρα) για μια εγκατάσταση όπου τα έσοδα θα ισοσκελιζαν τα έξοδα, συμπεριλαμβάνοντας μια επιπλέον απόδοση του κεφαλαίου που επενδύθηκε ίση με το επιτόκιο προεξόφλησης (IRENA, 2016).

### 4.2 Το Σταθμισμένο Κόστος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας – LCOE

Ο δείκτης του σταθμισμένου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας (levelised cost of electricity - LCOE) αντιπροσωπεύει την τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας που απαιτείται ώστε να αποσβένονται όλα τα επιμέρους κόστη της επένδυσης σε όλη τη διάρκεια ζωής της. Πιο συγκεκριμένα, εκφράζει σε τιμές παρούσας αξίας το κόστος που απαιτείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη τη διάρκεια ζωής μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής, σταθμισμένο ως προς τη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνυπολογίζοντας όλες τις επιμέρους συνιστώσες κόστους (κόστος επένδυσης, λειτουργίας, καυσίμου, δανειοδότησης, ασφάλισης κ.λπ.).



Σχήμα 10. Σχηματική αποτύπωση του LCOE, Πηγή: IRENA, 2012, ίδια επεξεργασία.

Κατ' επέκταση, το όφελος εξαιτίας της ωρίμανσης της εν λόγω τεχνολογίας λόγω της επιδότησης αντανακλάται στη μείωση του σταθμισμένου κόστους παραγωγής και κατά συνέπεια για να υπολογιστεί το όφελος αυτό αρκεί να υπολογιστεί η διαφορά μεταξύ της τιμής του LCOE για οικιακά φωτοβολταϊκά τη στιγμή εκκίνησης του προγράμματος επιδότησης και τη στιγμή παύσης του.

Στις περισσότερες εφαρμογές του σταθμισμένου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται η απλουστευμένη έκφραση του, στην οποία λαμβάνεται υπόψη το συνολικό επενδυτικό κόστος, τα ετήσια λειτουργικά έξοδα και η τελική υπολειμματική αξία της εξεταζόμενης επένδυσης. Ωστόσο η αναλυτική του έκφραση πρέπει να περιλαμβάνει και τις συνιστώσες που αφορούν τις αποσβέσεις, τους όρους δανεισμού αλλά και την φορολογική επιβάρυνση της επένδυσης (Darling et al., 2001; NREL and ECN, 2011).

Η αναλυτική εκτίμηση του σταθμισμένου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$LCOE = \frac{IK - \sum_{n=1}^N \frac{AP_n + TK_n}{(1+r)^n} \cdot \Sigma\Phi + \sum_{n=1}^N \frac{TXP_n}{(1+r)^n} + \sum_{n=1}^N \frac{\Lambda K_n}{(1+r)^n} \cdot (1 - \Sigma\Phi) - \frac{YA}{(1+r)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{H\Lambda_n}{(1+r)^n} \cdot (1 - \Sigma\Phi)} \quad (2)$$

όπου,

IK είναι τα ίδια κεφάλαια που απαιτήθηκαν για την υλοποίηση της επένδυσης,  
 AP το ετήσιο κόστος επανάκτησης του κεφαλαίου της επένδυσης (αποσβέσεις),

TK το ετήσιο κόστος εξυπηρέτησης των τόκων του δανείου που απαιτήθηκε,

TXP το ετήσιο κόστος εξυπηρέτησης των τοκοχρεολυσίων του δανείου που απαιτήθηκε,

LK το συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος συμπεριλαμβανομένου όλων των συνιστωσών κόστους όπως μπορεί να είναι το (πιθανό) κόστος εξασφάλισης της πρώτης ύλης, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του έργου, το κόστος ασφάλισης του εξοπλισμού και των εσόδων, το κόστος που αντιστοιχεί στην πληρωμή του ανταποδοτικού τέλους προς τους ΟΤΑ και διάφορα άλλα έξοδα),

YA η υπολειμματική αξία της επένδυσης,

HL η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια,

SΦ ο συντελεστής φορολόγησης των εσόδων,

r το επιτόκιο προεξόφλησης,

n το έτος λειτουργίας της μονάδας.

### 4.3 Το LCOE των συστημάτων φωτοβολταϊκών

Τα φωτοβολταϊκά είναι μια ώριμη τεχνολογία που πλησιάζει με ταχύτητα το grid parity<sup>5</sup>. Είναι μια ανανεώσιμη και ασφαλής πηγή ενέργειας με πολύ υψηλή αξιοπιστία σταθμού και δεν είναι εκτεθειμένη στην διακύμανση των τιμών κάποιου καυσίμου. Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών έχει κάνει αξιόλογη πρόοδο όσον αφορά τη μείωση του κόστους. Η αύξηση της τιμής των καυσίμων, οι συνεχείς μειώσεις της τιμής των πανέλων έχουν φέρει τα φωτοβολταϊκά σε σημείο σχεδόν ανταγωνιστικό με συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας. Συμπληρωματικά, το γεγονός ότι η παραγωγή των φωτοβολταϊκών συνήθως κορυφώνεται σε ώρες αιχμής της ζήτησης όταν το κόστος παραγωγής είναι υψηλότερο, τα καθιστά ήδη πλήρως ανταγωνιστικά για παραγωγή σε ώρες αιχμής.

Το κόστος της ενέργειας που παράγεται από ένα σύστημα φωτοβολταϊκών καθορίζεται εν τέλει από το κόστος επένδυσης (CAPEX – capital cost), το επιτόκιο προεξόφλησης, τα μεταβλητά κόστη (OPEX), το επίπεδο ηλιακής ακτινοβολίας την περιοχή και την απόδοση των ηλιακών κυψελών. Από τις παραμέτρους αυτές, το κόστος επένδυσης, το κόστος χρηματοδότησης και η απόδοση είναι οι πιο κρίσιμες και μειώσεις σε αυτές προσφέρουν τις μεγαλύτερες ευκαιρίες για μείωση του κόστους.

### 4.4 Οι συνιστώσες του κόστους επένδυσης

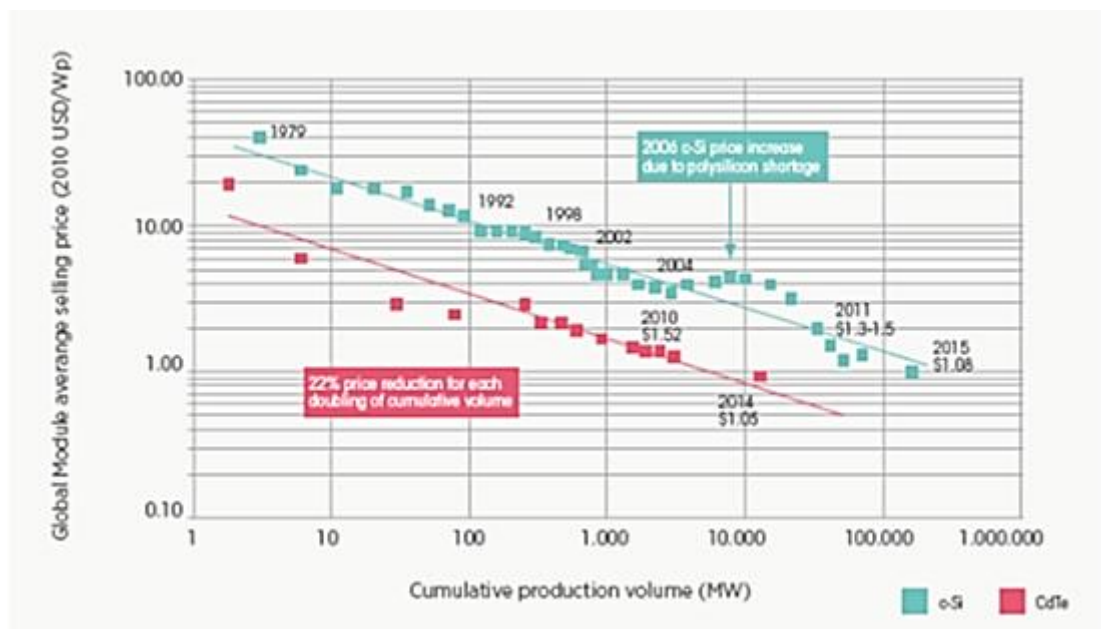
Το κόστος επένδυσης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος συντίθεται από το κόστος του φωτοβολταϊκού πανέλου και το κόστος του λοιπού συστήματος (Balance of System – BOS). Το πανέλο είναι η διασυνδεδεμένη συστοιχία φωτοβολταϊκών κυψελών και το κόστος του καθορίζεται από το κόστος των υλικών, ιδιαίτερα της τιμής της σιλικόνης, το κόστος της επεξεργασίας και κατασκευής των κυψελών και το κόστος συναρμολόγησης. Το κόστος Λοιπού Συστήματος περιλαμβάνει μια πληθώρα συνιστωσών όπως το κόστος του συστήματος στήριξης (βάσεις κλπ), του ηλεκτρικού συστήματος (inverter, καλωδιώσεις κλπ) και το σύστημα αποθήκευσης (σε περιπτώσεις εφαρμογών εκτός δικτύου).

---

<sup>5</sup> Ως Grid parity ορίζεται η χρονική στιγμή κατά την οποία το LCOE μιας ανανεώσιμης τεχνολογίας γίνεται ανταγωνιστικό σε σχέση με το αντίστοιχο LCOE των συμβατικών σταθμών

#### 4.4.1 Κόστος των Πάνελς

Το κόστος των φωτοβολταϊκών πάνελς κυμαίνεται συνήθως μεταξύ του ενός τρίτου και του μισού του συνολικού κόστους επένδυσης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, αναλόγως του μεγέθους του έργου και του τύπου των πάνελς. Η πρόβλεψη της μελλοντικής πορείας του κόστους των πάνελς είναι δύσκολη λόγω του ρυθμού εκμάθησης, της τάξης του 22% που παρουσιάσθηκε ιστορικά όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 11. Καμπύλη μάθησης για διαφορετικούς τύπους φωτοβολταϊκών πανέλων

Δεδομένου ότι ο ρυθμός μεγέθυνσης της αγοράς φωτοβολταϊκών, όπως φαίνεται και από το σχήμα 11 ακολουθεί τα τελευταία δέκα έτη σχεδόν γεωμετρική πρόοδο, προβλέψεις για τη μείωση του κόστους μπορούν γρήγορα να καταστούν παρωχημένες. Το απόλυτο κόστος και η δομή των φωτοβολταϊκών πάνελς ποικίλει ανάλογα με την τεχνολογία. Τα συμβατικά πάνελς c-Si (κρυσταλλικού πυριτίου) είναι η πιο ακριβή τεχνολογία φωτοβολταϊκών, με εξαίρεση τα συγκεντρωτικά ΦΒ (CPV) αλλά έχουν και την υψηλότερη εμπορική απόδοση. Πλέον όμως και κάποια πάνελς λεπτού υμενίου όπως τα CIGS πλησιάζουν τα επίπεδα απόδοσης των πάνελς κρυσταλλικού πυριτίου και είναι φθηνότερα.

Είναι πολύ δύσκολο να ανακτηθούν ακριβή δεδομένα αναφορικά με τις εργοστασιακές τιμές των φωτοβολταϊκών πάνελς διεθνώς και μάλιστα στην πραγματικότητα υπάρχει ένα πολύ μεγάλο εύρος τιμών που εξαρτάται από τη δομή κόστους του κατασκευαστή, τα χαρακτηριστικά της αγοράς και την απόδοση των πάνελς. Ακριβή δεδομένα είναι πολύ δύσκολο να συγκεντρωθούν και για τις τιμές λιανικής πώλησης αλλά εκτιμάται ότι αυτές κυμαίνονται 35-45% υψηλότερα από τις τιμές εργοστασίου και ότι η μαζική αγορά πάνελς μπορεί να μειώσει την τιμή λιανικής κατά σχεδόν 10% για πελάτες λιανικής (IRENA, 2012).

#### 4.4.2 Κόστη Λοιπού Συστήματος

Τα λοιπά κόστη συστήματος και το κόστος εγκατάστασης αποτελούν το υπολειπόμενο κόστος επένδυσης για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Τα κόστη λοιπού συστήματος επηρεάζονται κατά κύριο λόγο από τη φύση της εγκατάστασης. Για ΦΒ πάρκα εδάφους

«βιομηχανικής κλίμακας» (utility scale) μπορεί τα λοιπά κόστη να αφορούν μόλις το 20% (για ένα απλό ΦΒ σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο) ή να φτάνουν το 70% (για ένα σύστημα εκτός δικτύου), με το 40% να αποτελεί μια αντιπροσωπευτική για ένα πάρκο εδάφους τέτοιας κλίμακας (IEA PVPS, 2009).

Σε οικιακά συστήματα και συστήματα μικρής κλίμακας, τα κόστη λοιπού συστήματος και το κόστος εγκατάστασης αποτελούν κατά κανόνα το 55-60% του συνολικού κόστους. Το LCOE λοιπόν ενός ΦΒ συστήματος επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα κόστη αυτά που περιλαμβάνουν:

- Τον αντιστροφέα (inverter) που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) σε εναλλασσόμενο (AC).
- Τα εξαρτήματα που απαιτούνται για την στήριξη των πάνελς (μεταλλικές βάσεις κ.ά.)
- Τα λοιπά ηλεκτρικά εξαρτήματα
- Την προετοιμασία του χώρου (π.χ. η διαμόρφωση της στέγης)
- Τα κόστη εργασίας για την εγκατάσταση και τη σύνδεση στο δίκτυο.
- Το σχεδιασμό του συστήματος, τη διαχείριση, τα γενικά έξοδα, τα αδειοδοτικά τέλη, τις μελέτες κλπ.

Τα φωτοβολταϊκά σε στέγες έχουν κόστος λοιπού συστήματος σχετικά υψηλότερο σε σχέση με συστήματα εδάφους κυρίως εξαιτίας του επιπλέον κόστους της διαμόρφωσης της στέγης για την τοποθέτηση των πάνελς και την ελαφρώς ακριβότερη εγκατάσταση.

Ο αντιστροφέας (Inverter) είναι από τα θεμελιώδη συστατικά ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Μετατρέπει το συνεχές ρεύμα από τα πάνελς σε εναλλασσόμενο. Τα μεγέθη των αντιστροφέων ποικίλουν από μικρές συσκευές στο μέγεθος ενός βιβλίου (για οικιακές χρήσεις) μέχρι μεγάλες λύσεις μεγέθους container για βιομηχανική χρήση. Το μέγεθος και ο αριθμός των αντιστροφέων που απαιτούνται εξαρτάται από την εγκατεστημένη ισχύ και τον σχεδιασμό του συστήματος. Οι αντιστροφείς είναι τα κυριότερα συστατικά ηλεκτρονικών ισχύος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.

Τα εξαρτήματα στήριξης είναι συνήθως προκατασκευασμένα συστήματα από αλουμίνιο ή ατσάλινα ράφια. Οι βάσεις στήριξης ποικίλουν ανάλογα με την τοποθεσία του φωτοβολταϊκού συστήματος, με διαφορετικές λύσεις για οικιακά ή εμπορικά συστήματα, για στέγες ή συστήματα εδάφους. Λόγω της χαμηλής τους αξίας αλλά του σημαντικού βάρους τους, τα συστήματα στήριξης κατασκευάζονται και συναρμολογούνται συνήθως τοπικά, καθώς η μεταφορά τους θα ήταν αρκετά ακριβή.

Ο λοιπός ηλεκτρολογικός εξοπλισμός συμπεριλαμβάνει όλα τα υπόλοιπα επιμέρους στοιχεία που είναι απαραίτητα όπως καλώδια AC/DC, ηλεκτρολογικοί πίνακες, γειώσεις, σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, διατάξεις τηλεμέτρησης κλπ.

Η προετοιμασία του χώρου και η εγκατάσταση του συστήματος αποτελούν τμήμα του κόστους. Περιλαμβάνουν την προετοιμασία της τοποθεσίας (οικόπεδο ή στέγη) και διάφορες εργασίες κατασκευής της ηλεκτρολογικής υποδομής, εγκατάστασης και σύνδεσης του συστήματος. Τα κόστη εργασίας αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του κόστους εγκατάστασης και ποικίλουν έντονα ανά έργο και χώρα.

Στα διοικητικά / διαχειριστικά κόστη περιλαμβάνονται τα κόστη της μελέτης, της έκδοσης αδειών, της απόκτησης των εγκρίσεων από διάφορες υπηρεσίες, κλπ. Για τα οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα τα κόστη αυτά συνήθως συμπεριλαμβάνονται στην τελική τιμή που Inverter δίνεται από την εταιρεία. Τα κόστη αυτά εξαρτώνται έντονα από την εκάστοτε νομοθεσία και αναμενόμενα κυμαίνονται έντονα από χώρα σε χώρα.

## 5. Εκτίμηση της εξέλιξης του κόστους

Προκειμένου να υπολογιστεί το όφελος που προκύπτει εξαιτίας της ωρίμανσης της τεχνολογίας των ΦΒ στέγης απαιτούνται μια σειρά από ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία τα οποία συναρτώνται με την παράμετρο του χρόνου. Από την επεξεργασία των δεδομένων αυτών θα υπολογιστεί:

- η μείωση του κόστους επένδυσης μιας οικιακής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης από την αρχή ως το τέλος του Ειδικού Προγράμματος στήριξης,
- η μεταβολή του ρυθμού της ως άνω μείωσης,
- καθώς και ποιοι παράγοντες, εγχώριοι και διεθνείς συνέβαλαν στην πτώση των τιμών και σε τι ποσοστό ο καθένας.

Επίσης θα εξαχθούν και επιπλέον αποτελέσματα όπως η προκύπτουσα καμπύλη εμπειρίας και συνακόλουθα ο ρυθμός μάθησης και ο χρόνος στον οποίο θα επιτευχθεί το grid parity.

Τέτοια δεδομένα ωστόσο, για την περίπτωση της Ελλάδας, δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα από κανέναν δημόσιο ή ιδιωτικό φορέα και η πραγματική διακύμανση του κόστους εγκατάστασης μια οικιακής φωτοβολταϊκής μονάδας δεν έχει αποτυπωθεί. Για το λόγο αυτό, και στο πλαίσιο της εν λόγω μελέτης, αναζητήθηκε μία μέθοδος εκτίμησης των δεδομένων αυτών και επιλέχθηκε η μέθοδος Delphi.

### 5.1 Η μέθοδος Delphi

Η Δελφική μέθοδος αναπτύχθηκε από τον οργανισμό RAND το 1950, και βελτιώθηκε περί τα τέλη της δεκαετίας του 1970, για να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο επίτευξης συναίνεσης στους τομείς της δημόσιας υγείας, των δημόσιων μεταφορών, της εκπαίδευσης και επίσης σε κυβερνητικά σχέδια (Kittell-Limerick, 2005: 13,55). Πρόκειται για μια ποιοτική μέθοδο συστηματικής «συλλογής» και «αξιολόγησης» της γνώμης μιας ομάδας, που θεωρούνται «ειδικοί», ή, όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Agwe (2007: 122), για έναν τρόπο «διεξαγωγής διαλόγου χωρίς τα μειονεκτήματα της διαπροσωπικής αντιπαράθεσης».

Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από:

- Ανωθυμία μεταξύ των συμμετεχόντων (και κυρίως των απαντήσεών τους), προκειμένου να εκφράζουν ελεύθερα την άποψή τους και μειώνοντας την επίδραση της γνώμης των «επιφανέστερων» υποψηφίων (δεδομένου ότι κάποια άτομα πιθανόν να έχουν μεγαλύτερη επιρροή).
- Επανάληψη, επιτρέποντας στους συμμετέχοντες να βελτιώσουν την άποψή τους, βάσει της «προόδου» της ομάδας, από γύρο σε γύρο.
- Επανατροφοδότηση, ενημερώνοντας τους συμμετέχοντες για τις απόψεις της ομάδας και δίνοντάς τους τη δυνατότητα να αποσαφηνίσουν την άποψή τους ή και να την αλλάξουν.
- Στατιστική διατύπωση των απαντήσεων, επιτρέποντας την ποσοτική ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων (Dalkey, 1969· Rowe and Wright, 1999· Skulmoski et al., 2007)

Το κύριο ζητούμενο, όμως, στη διαδικασία αυτή είναι η επιλογή της ομάδας των «ειδικών», τόσο όσον αφορά τον αριθμό των συμμετεχόντων, όσο και τα προσόντα που πρέπει να



διαθέτουν. Στην πρώτη περίπτωση, συνδυάζοντας τη γνώμη των Linstone (1978:296), Phillips (2000: 193), Mullen (2003: 41) Skulmoski et al. (2007), προτείνεται ο αριθμός αυτός να μην είναι μικρότερος από 7 ή 8 άτομα, ενώ, όταν η «ομάδα» είναι ομοιογενής, ένα δείγμα 10 – 15 ατόμων μπορεί να θεωρηθεί επαρκές (Γιάνναρου, Ζέρβας). Επιπλέον, εξίσου σημαντική είναι και η «ποιοτική» διάσταση του δείγματος των συμμετεχόντων, αφού θα πρέπει να έχουν γνώση σχετική με το υπό έρευνα αντικείμενο (Cantrill et al., 1996: 69).

Σύμφωνα με τους Γιάνναρου και Ζέρβα, Στη συνηθέστερη μορφή της, η Δελφική μέθοδος «ζητά» από τους ειδικούς να καταθέσουν την εμπειρία τους, αξιολογώντας κάθε ερώτηση σε μια κλίμακα από 0 έως 10 (Ishikawa et al., 1993), ενώ ο αριθμός των «ανατροφοδοτήσεων» (γύροι Δελφικής) κυμαίνονται από δύο έως τρεις (Sumsion, 1998: 153· Gallagher et al., 1996· Mullen, 2005: 46). Ο μέσος και η τυπική απόκλιση υπολογίζονται από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων, με τη συναίνεση να επιτυγχάνεται όταν το 75% περίπου των απαντήσεων βρίσκονται δύο μονάδες πάνω και κάτω από τον μέσο (σε μια 10-βάθμια κλίμακα) ή όταν η τυπική απόκλιση είναι μικρότερη του 1,5 (Christie and Barela, 2005: 112. Τέλος, κάθε γύρος «ανατροφοδότησης» παρουσιάζει τα αποτελέσματα αυτά, ζητώντας από όσους συμμετέχοντες βρίσκονται εκτός των υπολογιζόμενων ορίων να αιτιολογήσουν ή να αλλάξουν την άποψή τους (Mullen, 003: 48).

## 5.2 Εφαρμογή της Δελφικής Μεθόδου για την εκτίμηση της εξέλιξης του Κόστους Εγκατάστασης μιας οικιακής φωτοβολταϊκής μονάδας στην Ελλάδα

Για την υλοποίηση της Δελφικής Μεθόδου απαιτήθηκε να υλοποιηθεί μια σειρά από βήματα:

- Επιλογή ομάδας ειδικών / εμπειρογνομόνων με επιθυμητά χαρακτηριστικά (γνώση της αγοράς των οικιακών φωτοβολταϊκών).
- Κατάρτιση ερωτηματολογίου με διατύπωση ερωτήσεων και πιθανών απαντήσεων.
- Διενέργεια πρώτου γύρου ερωτήσεων και επεξεργασία των αποτελεσμάτων.
- Επαναδιαμόρφωση του ερωτηματολογίου και ενημέρωση κάθε συμμετέχοντα για τις αποκλίσεις των απαντήσεών του από το μέσο όρο.
- Διεξαγωγή δεύτερου γύρου όπου κάθε συμμετέχων, εάν το κρίνει σκόπιμο, μπορεί να αναθεωρήσει την εκτίμησή του με βάση το μέσο όρο του πρώτου γύρου ή να δώσει νέες πιθανές απαντήσεις.
- Επεξεργασία αποτελεσμάτων και ολοκλήρωση της μεθόδου.

Σε περίπτωση που κρίνεται ότι δεν έχει επιτευχθεί επαρκής συναίνεση θα πρέπει να ακολουθήσει και επόμενος (οι) γύρος (οι).

### 5.2.1 Ομάδα «ειδικών»

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία οι συμμετέχοντες παραμένουν ανώνυμοι καθ όλη τη διάρκεια εφαρμογής της μεθόδου. Η ανωνυμία αυτή αποτελεί βασικό στοιχείο της μεθόδου Delphi αφού έτσι μειώνεται η επίδραση κυρίαρχων ατόμων (εμπειρογνώμονες με κύρος / επιμονή / πειστικότητα) που συχνά αποτελεί πρόβλημα στην υλοποίηση των ομαδικών διαδικασιών για την συλλογή και σύνθεση πληροφοριών (Dalkey, 1972). Στη διατήρηση της ανωνυμίας συμβάλει και η χωροταξική διασπορά των συμμετεχόντων και η χρήση ηλεκτρονικών μέσων επικοινωνίας (στην παρούσα εργασία προτιμήθηκε η χρήση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου). Έτσι, αμβλύνονται διάφορα μειονεκτήματα που σχετίζονται

με τις δυναμικές καταστάσεις εντός ομάδων (group dynamics) όπως η χειραγώγηση ή η πίεση για αποδοχή μιας κυρίαρχης άποψης (Helmer & Rescher, 1959; Oh, 1974; Adams, 2001).

Η επιλογή των εμπειρογνομόνων για την εφαρμογή της μεθόδου Delphi αποτελεί πολύ σημαντικό βήμα ολόκληρης της διαδικασίας αφού επηρεάζει άμεσα με την ποιότητα των παραγόμενων αποτελεσμάτων. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα πρέπει να πληρούν 4 προϋποθέσεις: i) γνώση και εμπειρία σχετική με τα υπό εξέταση ζητήματα ii) διαθεσιμότητα και διάθεση συμμετοχής iii) επαρκή χρόνο συμμετοχής και iv) επικοινωνιακές ικανότητες (Turkoff & Hiltz, 1996). Σε πολλές περιπτώσεις έχει παρατηρηθεί ότι πραγματικά καλοί εμπειρογνώμονες είναι πολύτιμοι για την εξέλιξη για μιας εργασίας αλλά συχνά είναι πολύ απασχολημένοι και αδυνατούν να συμμετάσχουν πλήρως. Η συμμετοχή τους ωστόσο μπορεί να εκμαιευθεί από ελκυστικές, συνοπτικές και καλογραμμένες ερωτήσεις (Skulmoski et al, 2007).

Στη βιβλιογραφία δεν εντοπίζεται συναντάται κάποιος κοινά αποδεκτός βέλτιστος αριθμός συμμετεχόντων εμπειρογνομόνων σε μια εφαρμογή της μεθόδου Delphi. Εάν το μέγεθος του δείγματος είναι πολύ μικρό, μπορεί το δείγμα εκτιμήσεων να θεωρηθεί ανεπαρκές σε σχέση με το υπό εξέταση ζήτημα. Ωστόσο, ένα πολύ μεγάλο μέγεθος δείγματος είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει στην εμφάνιση συνήθων προβλημάτων της Δελφικής μεθόδου όπως καθυστέρηση στις απαντήσεις και αναμονή για μεγάλες χρονικές περιόδους. (Hsu & Sandford, 2007). Για ομογενείς ομάδες, 10-15 άτομα θεωρούνται επαρκής αριθμός (Delbecq et al, 1975).

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας διαμορφώθηκε μια ομάδα 10 συνολικά ειδικών. Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων είναι Ηλεκτρολόγοι και Μηχανολόγοι Μηχανικοί. Οι συμμετέχοντες χωρίζονται με βάση το χώρο δραστηριότητας τους σε δύο (2) βασικές κατηγορίες: Ειδικοί της Αγοράς (Market Experts) και Ειδικοί Πολιτικής (Policy Experts). Οι 2 κατηγορίες συμμετέχουν στην ομάδα σε αναλογία 60% - 40%, Market και Policy Experts αντίστοιχα.

Οι Ειδικοί της Αγοράς προέρχονται από εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο της ενέργειας και έχουν υλοποιήσει σημαντικό αριθμό έργων που αφορούν σε οικιακές εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών στο πλαίσιο του Ειδικού Προγράμματος. Οι Ειδικοί Πολιτικής προέρχονται από φορείς επιφορτισμένους με την εκπόνηση μελετών (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) ή τη χάραξη πολιτικής (Υπουργείο Ενέργειας, Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας) για τεχνολογίες ΑΠΕ μεταξύ των οποίων και οι οικιακές εγκαταστάσεις Φωτοβολταϊκών.

### 5.2.2 Διαμόρφωση ερωτηματολογίου

Τα ερωτηματολόγια Delphi μπορεί να είναι ανοικτά σε απαντήσεις διευρύνοντας το ερευνητικό πλέγμα ή να εστιάζουν εξ αρχής προκειμένου να επισπεύδεται η επίτευξη συναίνεσης. Όσο πιο ανοικτές και γενικές είναι οι ερωτήσεις, τόσο διευρύνεται το φάσμα των πιθανών απαντήσεων αλλά αυξάνεται και ο απαιτούμενος χρόνος ανάλυσης των αποτελεσμάτων κάθε γύρου. Η απόφαση για τον χαρακτήρα των ερωτήσεων λαμβάνεται σε πρώιμη φάση της έρευνας (Skulmoski et al, 2007).

Για λόγους εξοικονόμησης χρόνου αλλά και για λόγους πληρότητας της έρευνας, στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η διαμόρφωση ενός ερωτηματολογίου με λογική κλειστών

απαντήσεων πολλαπλής επιλογής όπου όμως κατά τον πρώτο γύρο δινόταν η επιλογή στον ερωτώμενο να προσθέσει επιπλέον λόγους ως δυνατές απαντήσεις.

Οι ερωτήσεις που τέθηκαν στους συμμετέχοντες αποσκοπούσαν στην αποτύπωση των εκτιμήσεων τους σχετικά με:

1. Την κατώτατη, τη μέση και την ανώτερη τιμή μιας οικιακής εγκατάστασης φωτοβολταϊκών 10kW, το Α' εξάμηνο του 2010.
2. Την εξαμηνιαία εξέλιξη του πλήρους κόστους εγκατάστασης ενός οικιακού φωτοβολταϊκού συστήματος ονομαστικής ισχύος 10 kW μεταξύ των ετών 2010 – 2016.
3. Τους λόγους που οδήγησαν στην προώθηση, ωρίμανση και διάχυση της τεχνολογίας των οικιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων στην ελληνική αγορά
4. Τις συνιστώσες του κόστους που συνέβαλαν στη μείωση του συνολικού κόστους επένδυσης για μια οικιακή φωτοβολταϊκή εγκατάσταση στην ελληνική αγορά και το βαθμό συμβολής κάθε συνιστώσας στη μείωση αυτή.
5. Τους λόγους που οδήγησαν στη μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών πανέλων στην ελληνική αγορά και το βαθμό συμβολής κάθε λόγου στη μείωση αυτή.
6. Τους λόγους που οδήγησαν στη μείωση του κόστους των λοιπών υλικών μιας οικιακής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στην ελληνική αγορά και το βαθμό συμβολής κάθε λόγου στη μείωση αυτή.

Για τις ερωτήσεις 1 και 2 ζητούνταν απάντηση με συγκεκριμένο κόστος εκφρασμένο σε Ευρώ ανά Watt. Η ερώτηση 3 απαιτούσε ιεράρχηση των πιθανών λόγων με βαθμολογία από 0 έως 3 και επέτρεπε την προσθήκη νέας πιθανής απάντησης από τους συμμετέχοντες. Οι ερωτήσεις 4 έως 6 διαμορφώθηκαν ως ερωτήσεις ιεράρχησης με ποσοστό, με δυνατότητα κατά τον πρώτο γύρο της μεθόδου να προστεθεί νέα πιθανή απάντηση από τον ερωτώμενο. Και στις 3 αυτές ερωτήσεις οι ερωτώμενοι πρόσθεσαν πιθανές απαντήσεις που ενσωματώθηκαν στο ερωτηματολόγιο του δεύτερου γύρου καθώς κρίθηκαν εύλογες κατόπιν επεξήγησης από τον ερωτώμενο ή δόθηκαν ως αυθόρμητες απαντήσεις και από άλλους.

Μετά την ολοκλήρωση του πρώτου γύρου, διαμορφώθηκαν δέκα προσωποποιημένα ερωτηματολόγια, ένα για κάθε εμπειρογνώμονα. Στα ερωτηματολόγια αυτά, πέρα από τις νέες πιθανές απαντήσεις που ενσωματώθηκαν από τον πρώτο γύρο, προστέθηκε και ο μέσος όρος των απαντήσεων του πρώτου γύρου για κάθε ερώτηση και η απόκλιση από αυτόν των απαντήσεων του εκάστοτε ειδικού. Βάσει των δεδομένων αυτών ο κάθε ειδικός μπορεί να αναθεωρήσει την αρχική του εκτίμηση δίνοντας νέα.

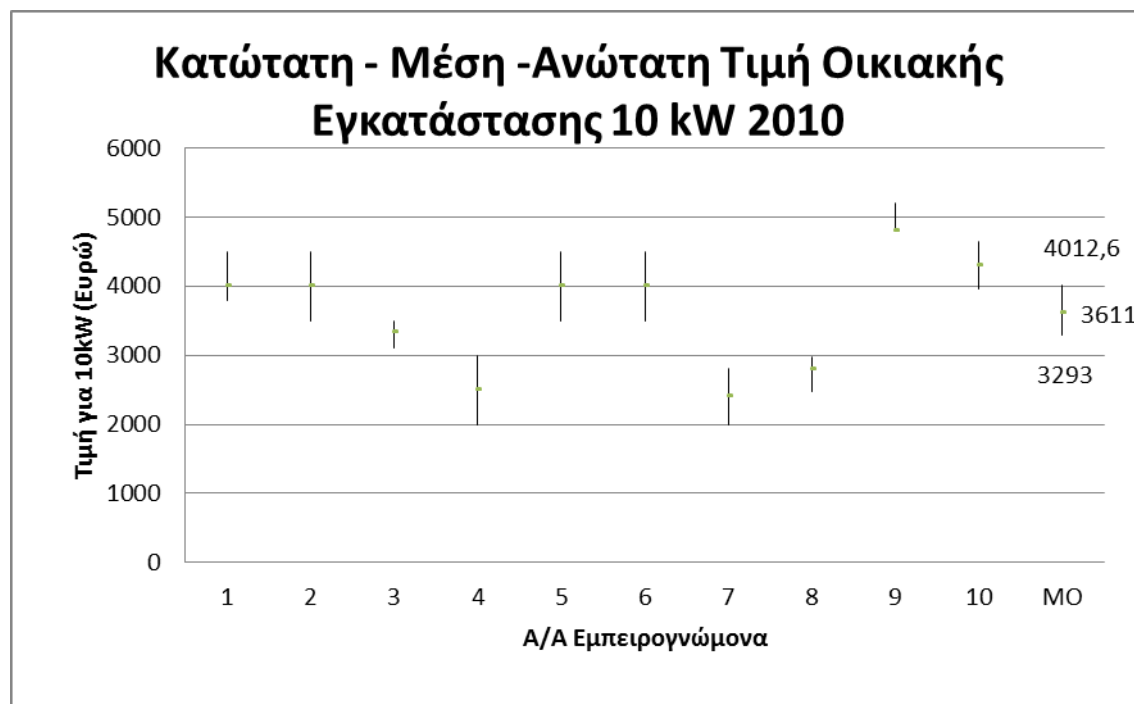
### **5.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων μεθόδου Delphi**

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων που συλλέχθηκαν στα 10 συμπληρωμένα ερωτηματολόγια μετά από 2 γύρους ερωτήσεων.

#### **5.3.1 Εξέλιξη Κόστους Εγκατάστασης Οικιακών Φωτοβολταϊκών 2010 - 2016**

Από την επεξεργασία των απαντήσεων που έδωσαν οι συμμετέχοντες στην πρώτη ερώτηση, η οποία αφορούσε το συνολικό κόστος εγκατάστασης ενός οικιακού φωτοβολταϊκού συστήματος ονομαστικής ισχύος 10kW το έτος 2010 (έτος έναρξης του Ειδικού

Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις), παράχθηκε το παρακάτω διάγραμμα:



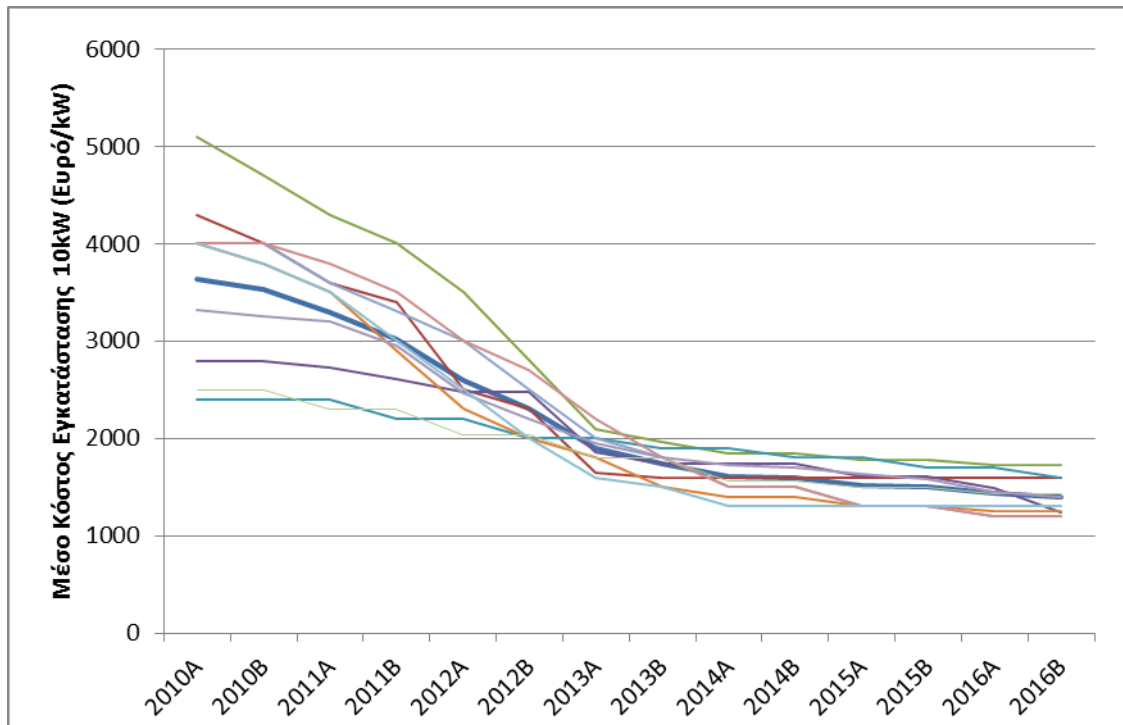
**Διάγραμμα 1.** Απαντήσεις στην ερώτηση 1 για μέγιστο, ελάχιστο και μέσο κόστος εγκατάστασης το 2010

Σύμφωνα με το ως άνω διάγραμμα προκύπτει ότι το μέσο, ανώτατο και κατώτατο κόστος οικιακής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης 10kW ήταν κατά το έτος 2010 (Πίνακας 5):

**Πίνακας 7.** Ο μέσος όρος των απαντήσεων για ελάχιστο, μέγιστο και μέσο κόστος εγκατάστασης το 2010

	Μέσος Όρος (€)
<b>Ελάχιστο</b> κόστος εγκατάστασης ισχύος 10kW (€/kW)	<b>3.293,0</b>
<b>Μέγιστο</b> κόστος εγκατάστασης ισχύος 10kW (€/kW)	<b>4.012,6</b>
<b>Μέσο</b> κόστος εγκατάστασης ισχύος 10kW (€/kW)	<b>3.611,0</b>

Η δεύτερη ερώτηση αποσκοπούσε στο να αποτυπωθεί η εκτίμηση των συμμετεχόντων αναφορικά με την εξαμηνιαία εξέλιξη του κόστους εγκατάστασης μιας οικιακής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης μεταξύ των ετών 2010 – 2016. Από την επεξεργασία των απαντήσεων που δόθηκαν προέκυψαν οι καμπύλες του παρακάτω διαγράμματος.



**Διάγραμμα 2.** Οι διαφορετικές εκτιμήσεις για την πορεία των τιμών οικιακών ΦΒ συστημάτων 2010-2016

Σύμφωνα με το διάγραμμα 2 παρατηρείται μεγαλύτερη απόκλιση μεταξύ των απαντήσεων κατά τα πρώτα δύο χρόνια εφαρμογής του ειδικού προγράμματος, ενώ από το έτος 2012 και μετά οι εκτιμήσεις συγκλίνουν πολύ. Ο μέσος όρος των εκτιμήσεων των εμπειρογνομόνων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 6:

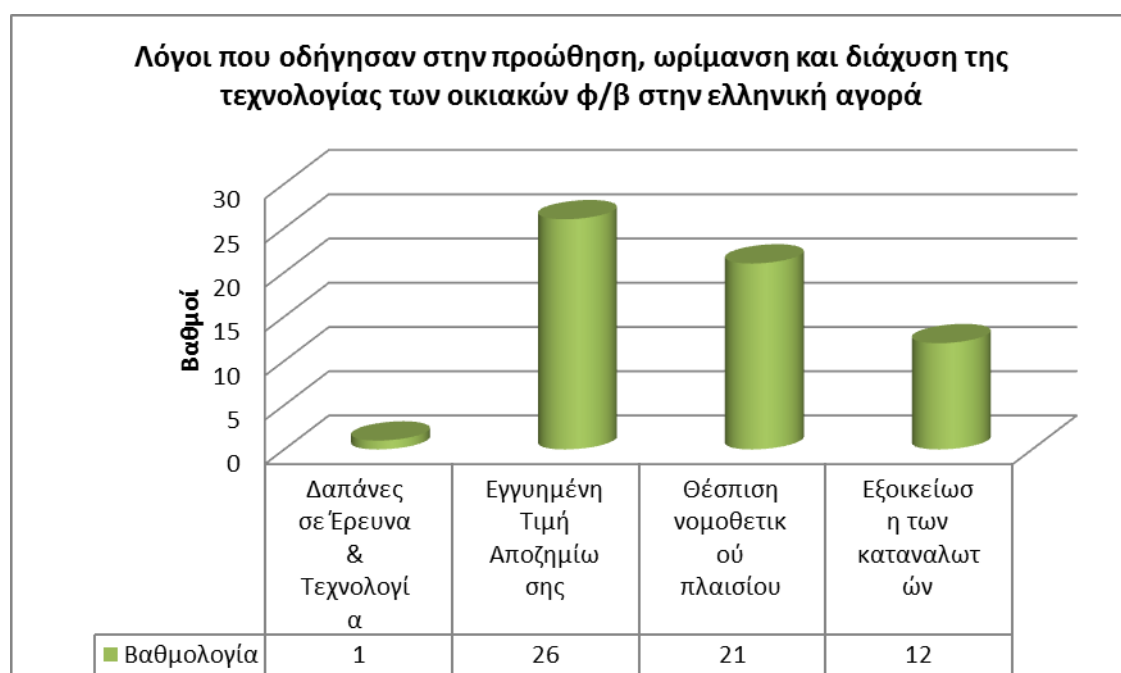
**Πίνακας 8.** Το μέσο εκτιμώμενο κόστος εγκατάστασης σε Euro/kW 2010-2016

	Κόστος Εγκατάστασης 10 kW (€/kW)
2010A	<b>3641</b>
2010B	<b>3524</b>
2011A	<b>3293</b>
2011B	<b>3015</b>
2012A	<b>2597</b>
2012B	<b>2301</b>
2013A	<b>1896</b>
2013B	<b>1740</b>
2014A	<b>1607</b>
2014B	<b>1594</b>
2015A	<b>1512</b>
2015B	<b>1497</b>
2016A	<b>1434</b>
2016B	<b>1394</b>

Κατά το δεύτερο γύρο εφαρμογής της μεθόδου Delphi, το 50% των εμπειρογνομόνων αναθεώρησαν τις απόψεις τους. Η έστω και μερική αναθεώρηση οδήγησε σε μείωση της μέσης απόκλισης έκαστου εμπειρογνώμονα από τον μέσο όρο από 14,9% σε 12,1%.

### 5.3.2 Λόγοι που οδήγησαν στην προώθηση, ωρίμανση και διάχυση της τεχνολογίας των οικιακών φ/β στην ελληνική αγορά

Με την τρίτη ερώτηση, ζητήθηκε από τους εμπειρογνώμονες να ιεραρχήσουν τα αίτια που οδήγησαν στην προώθηση, την ωρίμανση και τη διάχυση της τεχνολογίας των οικιακών φωτοβολταϊκών στην ελληνική αγορά. Η ερώτηση αυτή βασίζεται στη διαπίστωση ότι στη διεθνή βιβλιογραφία και σε κείμενα πολιτικής συχνά αναφέρεται ότι η εφαρμογή μηχανισμών στήριξης αποτελεί ένα ιδιαίτερα επιτυχημένο εργαλείο για την ωρίμανση και διάχυση μιας τεχνολογίας Α.Π.Ε.. Το αποτελέσματα φαίνονται στο διάγραμμα παρακάτω.



**Διάγραμμα 3.** Βαθμολογία των παραγόντων που οδήγησαν στην διάχυση της τεχνολογίας των ΦΒ στην Ελλάδα

Οι ειδικοί είχαν τη δυνατότητα να βαθμολογήσουν 4 πιθανούς λόγους με ακέραια βαθμολογία από το 0 έως το 3. Στον πρώτο γύρο τους δινόταν ευκαιρία να προσθέσουν και επιπλέον λόγους αλλά κανένας δεν προέκυψε.

Έξι ειδικοί βαθμολόγησαν την Εγγυημένη Τιμή Αποζημίωσης με 3 βαθμούς (πολύ σημαντικός λόγος) και οι υπόλοιποι τέσσερις με 2 βαθμούς (μέτρια σημαντικός λόγος) ενώ κανείς δεν την αντιμετώπισε ως λιγότερο ή καθόλου σημαντικό λόγο. Ως αποτέλεσμα η Εγγυημένη Τιμή Αποζημίωσης συγκέντρωσε 26 βαθμούς σε μέγιστο 30. Τέσσερις ειδικοί αξιολόγησαν ως πολύ σημαντικό λόγο (3 βαθμοί) την θέσπιση νομικού πλαισίου γύρω από τα φωτοβολταϊκά στέγης και άλλοι τέσσερις ως μέτρια σημαντικό (2 βαθμοί) ενώ ένας ειδικός την αξιολόγησε ως λιγότερο σημαντική (1 βαθμός). Αθροίζοντας τα παραπάνω, η θέσπιση νομοθετικού πλαισίου συγκέντρωσε 21 βαθμούς. Η εξοικείωση των καταναλωτών με την τεχνολογία κρίθηκε από τρεις ειδικούς ως μέτρια σημαντικός λόγος και από έξι λιγότερο σημαντικός, συγκεντρώνοντας τελικά 12 βαθμούς. Τέλος, η οι δαπάνες σε έρευνα

και τεχνολογία κρίθηκαν από όλους σχεδόν του ερωτηθέντες ως καθόλου σημαντικές με την εξαίρεση ενός που τη βαθμολόγησε με 1 βαθμό (λιγότερο σημαντικός λόγος).

Από το προηγούμενο διάγραμμα προκύπτει με σαφήνεια ότι ο κινητήριος μοχλός για την ωρίμανση και διάχυση της τεχνολογίας των οικιακών ΦΒ στην ελληνική αγορά ήταν η Εγγυημένη Τιμή Αποζημίωσης, ως πολύ σημαντικός λόγος, σε συνδυασμό βέβαια με τη θέσπιση νομοθετικού πλαισίου που μπορεί να θεωρηθεί μέτρια σημαντικός. Η εξοικείωση των καταναλωτών κρίθηκε λιγότερο σημαντικός λόγος ενώ οι Δαπάνες σε Έρευνα και Τεχνολογία αξιολογήθηκαν ως καθόλου σημαντικός λόγος.

### 5.3.3 Ανάλυση της μείωσης του κόστους επένδυσης οικιακής ΦΒ εγκατάστασης στην ελληνική αγορά

Η ερώτηση αυτή αποσκοπούσε στο να αποτυπωθεί η άποψη των εμπειρογνομόνων σχετικά με τους λόγους οι οποίοι οδήγησαν στη μείωση του κόστους της επένδυσης μιας οικιακής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Η εν λόγω ερώτηση ήταν μια ερώτηση κλειστού τύπου. Συγκεκριμένα, αποτυπώνονταν 4 διαφορετικές συνιστώσες κόστους και ζητούνταν από τους εμπειρογνώμονες να συμπληρώσουν το ποσοστό συμβολής της κάθε συνιστώσας στη συνολική μείωση του κόστους επένδυσης. Στον πρώτο γύρο δινόταν και επιλογή ελεύθερης απάντησης από την οποία προέκυψε ως επιπλέον συνιστώσα η μείωση του περιθωρίου κέρδους λόγω του ανταγωνισμού. Η απάντηση αυτή δόθηκε από 3 συμμετέχοντες και ενσωματώθηκε στα ερωτηματολόγια όλων των εμπειρογνομόνων για το δεύτερο γύρο. Τα αποτελέσματα του δεύτερου γύρου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 7.

**Πίνακας 9.** Συμβολή διαφορετικών συνιστωσών στη μείωση του συνολικού κόστους εγκατάστασης

<b>Που οφείλεται η μείωση του συνολικού κόστους επένδυσης μιας οικιακής φ/β εγκατάστασης στην ελληνική αγορά (%)</b>		
Μείωση κόστους	πανέλων	64%
	εργασιών	11%
	λοιπών υλικών	16%
	O&M	4%
Άλλος Λόγος (Ανταγωνισμός - Μείωση Περιθωρίου κέρδους)		7%

Η μείωση του περιθωρίου κέρδους, η νέα απάντηση που προστέθηκε από τους 3 εμπειρογνώμονες στον πρώτο γύρο, τελικά συγκέντρωσε 7% στο σύνολο των ερωτηθέντων αντί για 4,8% αρχικά, γεγονός που δείχνει ότι και άλλοι ειδικοί συμφώνησαν εν τέλει με την εκτίμηση των τριών. Με πολύ μεγάλη διαφορά, η μείωση του κόστους εγκατάστασης αποδόθηκε κατά τα δύο τρίτα στη μείωση του κόστους των πανέλων. Αξιόλογη συνεισφορά, αν και κατά πολύ μικρότερη σε σχέση με αυτή των πανέλων, παρουσιάζουν και τα κόστη λοιπών υλικών και εργασιών (16% και 11% αντίστοιχα). Τη μικρότερη συνεισφορά, μικρότερη και της μείωσης του περιθωρίου κέρδους, παρουσιάζει η μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης με 4%.

### 5.3.4 Λόγοι μείωσης του κόστους των φ/β πανέλων στην ελληνική αγορά

Όπως ήδη αναφέρθηκε, βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας υποστηρίζεται ότι, η αυξημένη ποσότητα παραγωγής ενός προϊόντος στο παρόν οδηγεί σε σώρευση πείρας και συμβάλλει στη μελλοντική μείωση του κόστους παραγωγής αυτού του προϊόντος. Ως εκ τούτου με την 5<sup>η</sup> ερώτηση επιχειρήθηκε να διερευνηθεί σε τι βαθμό συνέβαλε η σώρευση εμπειρίας

καθώς και άλλοι παράγοντες (π.χ. έρευνα και τεχνολογία) στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών πανέλων οικιακών εγκαταστάσεων.

Η εν λόγω ερώτηση δομήθηκε με τρόπο πανομοιότυπο με την προηγούμενη ερώτηση 4. Συγκεκριμένα, στους εμπειρογνώμονες δόθηκαν 6 πιθανοί λόγοι εξαιτίας των οποίων μειώθηκε το κόστος των φωτοβολταϊκών πανέλων στην ελληνική αγορά. Οι εμπειρογνώμονες κλήθηκαν να εκτιμήσουν το ποσοστό συμβολής του κάθε λόγου διακριτά. Οι συμμετέχοντες είχαν την δυνατότητα να προσθέσουν και επιπλέον λόγους αν το έκριναν απαραίτητο.

Τρεις από τους ερωτώμενους πρόσθεσαν ως αιτία τον παγκόσμιο ανταγωνισμό και πιο συγκεκριμένα την εμπορική πολιτική της Κίνας στα φωτοβολταϊκά πάνελς. Η απάντηση αυτή ενσωματώθηκε σε όλα τα ερωτηματολόγια για το δεύτερο γύρο και από 4% στον πρώτο γύρο, η τελική συμβολή της εκτιμήθηκε στο 9,3% στο τέλος του δεύτερου γύρου.

**Πίνακας 10.** Συμβολή ποικίλων παραγόντων στη μείωση του κόστους των ΦΒ πανέλων στην ελληνική αγορά

<b>Που οφείλεται η μείωση του κόστους των φ/β πανέλων στην ελληνική αγορά (%)</b>	
Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φ/β σε <b>διεθνές</b> επίπεδο	19,2%
Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φ/β σε <b>εγχώριο</b> επίπεδο	0,9%
Αύξηση της σωρευμένης πείρας, μέσω της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος φ/β εγκαταστάσεων στην Ελλάδα	8,9%
Τεχνολογικά επιτεύγματα στη βιομηχανία κρυσταλλικού πυριτίου εξαιτίας επενδύσεων ανεξάρτητων από τη βιομηχανία φ/β	14,1%
Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στη διεθνή φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων	44,1%
Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στην εγχώρια φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων	3,6%
Άλλος Λόγος (Παγκόσμιος Ανταγωνισμός / Κινέζικη εμπορική πολιτική)	9,3%

Όπως αποτυπώνεται στον παραπάνω πίνακα 8 σχεδόν κατά το ήμισυ (44,1%) υπεύθυνη για την μείωση της τιμής των φωτοβολταϊκών πάνελς θεωρήθηκε η επίτευξη οικονομιών κλίμακας στη **διεθνή** φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων. Σημαντικός ρόλος αποδίδεται στα τεχνολογικά επιτεύγματα στη βιομηχανία κρυσταλλικού πυριτίου εξαιτίας επενδύσεων ανεξάρτητων από την εγχώρια και διεθνή βιομηχανία φωτοβολταϊκών αλλά και στις Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φωτοβολταϊκών σε **διεθνές** επίπεδο με 14,1% και 19,2% αντίστοιχα. Λιγότερο σημαντικές αλλά με αξιόλογη συμβολή θεωρήθηκαν η αύξηση της σωρευμένης πείρας, μέσω της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων **στην Ελλάδα** και η κινέζικη εμπορική πολιτική με 8,9% και 9,3% αντίστοιχα. Τέλος ελάχιστη επίδραση στη μείωση των τιμών αποδίδεται στην επίτευξη οικονομιών κλίμακας στην εγχώρια φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων (3,6%) και στις εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φωτοβολταϊκών σε διεθνές επίπεδο (0,9%).



### 5.3.5 Λόγοι μείωσης του κόστους των λοιπών υλικών μιας οικιακής φ/β εγκατάστασης, στην ελληνική αγορά

Η ερώτηση 6 βασίζεται επίσης στη θεωρία της μελλοντικής μείωσης του κόστους παραγωγής ενός προϊόντος μέσω της σώρευσης πείρας, που προέρχεται από την αυξημένη παραγωγή του προϊόντος στο παρόν. Πέραν όμως της τιμής των φωτοβολταϊκών πανέλων, διερεύνησης χρήζει και η τιμή των λοιπών υλικών μιας εγκατάστασης, που συμβάλουν και αυτά σε σημαντικό βαθμό στο τελικό κόστος. Όπως αναλύεται προηγούμενα, στα λοιπά υλικά συμπεριλαμβάνονται αντιστροφείς, πίνακες, βάσεις στήριξης, κ.τ.λ.

Όπως και στην προηγούμενη ερώτηση, δόθηκαν στους εμπειρογνώμονες 5 πιθανοί λόγοι τους για καθέναν από τους οποίους καλούνταν να εκτιμήσουν το ποσοστό συμβολής του στη μείωση του κόστους των λοιπών υλικών μιας οικιακής ΦΒ εγκατάστασης στην ελληνική αγορά. Οι ειδικοί είχαν την δυνατότητα να προσθέσουν και επιπλέον λόγους αν το έκριναν απαραίτητο.

Στην ερώτηση αυτοί τρεις εμπειρογνώμονες προσέθεσαν από μία πιθανή απάντηση που έγιναν δεκτές και ενσωματώθηκαν στα ερωτηματολόγια του δεύτερου γύρου. Οι απαντήσεις αυτές αν και αθροιστικά στον πρώτο γύρο δεν ξεπερνούσαν το 4%, στο τέλος του δεύτερου γύρου συγκέντρωναν αθροιστικά 9,1%.

**Πίνακας 11.** Συμβολή ποικίλων παραγόντων στη μείωση του κόστους των λοιπών υλικών στην ελληνική αγορά

<b>Που οφείλεται η μείωση του κόστους των φ/β πανέλων στην ελληνική αγορά (%)</b>	
Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φ/β σε <b>διεθνές</b> επίπεδο	23,4%
Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φ/β σε <b>εγχώριο</b> επίπεδο	4,9%
Αύξηση της σωρευμένης πείρας, μέσω της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος φ/β εγκαταστάσεων στην Ελλάδα	14,8%
Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στη <b>διεθνή</b> φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων	15,2%
Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στην <b>εγχώρια</b> φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων	32,7%
Άλλος Λόγος (Παγκόσμιος Ανταγωνισμός)	3,1%
Άλλος Λόγος (Εσωτερικός Ανταγωνισμός)	3,1%
Άλλος Λόγος (Εκπτώση στην ποιότητα κατασκευών)	3,0%

Βάσει των απαντήσεων, η μείωση του κόστους των λοιπών υλικών οφείλεται κατά περίπου το ένα τρίτο (32,7%) στην επίτευξη οικονομιών κλίμακας στην εγχώρια φωτοβολταϊκή βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων. Ακολουθούν οι εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φωτοβολταϊκών σε διεθνές επίπεδο με 23,4%, σχεδόν ένα τέταρτο της μείωσης. Σημαντική συμβολή έχουν και η επίτευξη οικονομιών κλίμακας στη διεθνή φωτοβολταϊκή βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων αλλά και η αύξηση της σωρευμένης πείρας, μέσω της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος φ/β εγκαταστάσεων στην Ελλάδα με 15,2 και

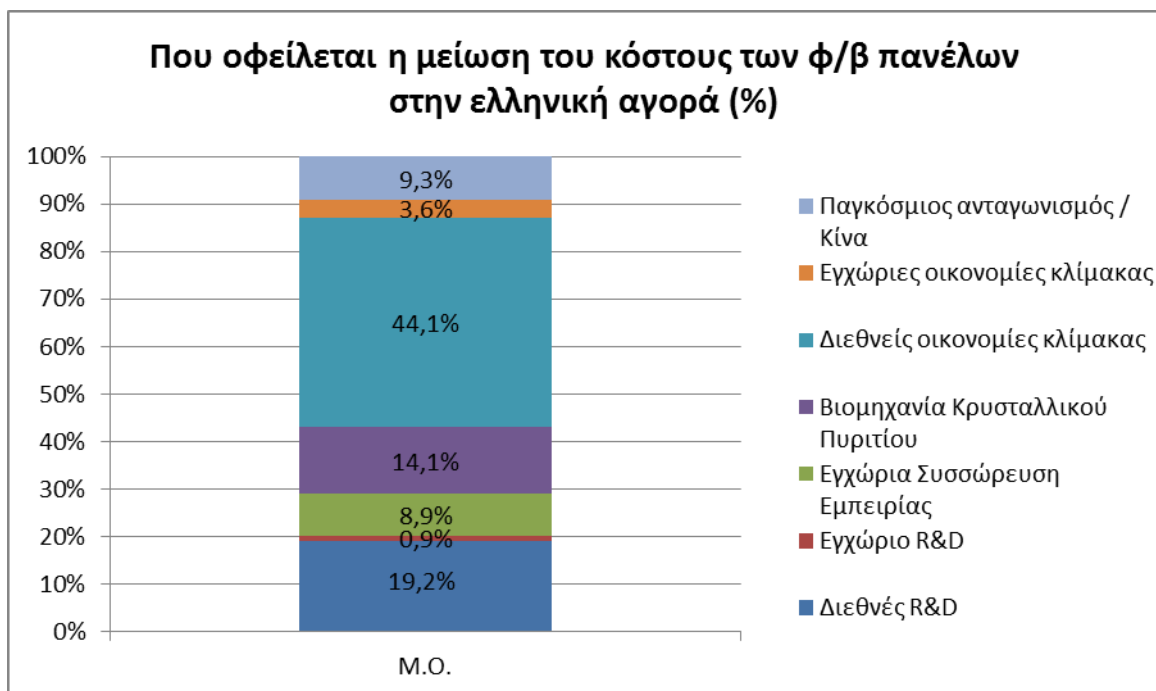
14,8% συνεισφορά αντίστοιχα. Σαφώς μικρότερη συνεισφορά έχουν οι υπολειπόμενοι 4 λόγοι. Στις εγχώριες εταιρικές δαπάνες σε Έρευνα και Τεχνολογία αποδίδεται μόλις το 4,9% ενώ από 3% αποδίδεται και στους λόγους που προστέθηκαν στον πρώτο γύρο: εγχώριος ανταγωνισμός, διεθνής ανταγωνισμός και εκπτώσεις στην ποιότητα των κατασκευών.

## 6. Επεξεργασία - Ανάλυση των αποτελεσμάτων

Η καμπύλη κόστους εγκατάστασης συναρτήσει του χρόνου, που παράχθηκε από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της δεύτερης ερώτησης, θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της συνολικής μείωσης του κόστους εγκατάστασης από το 2010 μέχρι το 2016. Όπως αναφέρεται προηγουμένως, η μείωση αυτή του κόστους οφείλεται σε διάφορες επιμέρους συνιστώσες, η κάθε μία από τις οποίες επηρεάζεται τόσο από εγχώριους όσο και από διεθνείς παράγοντες. Προκειμένου να υπολογιστεί το όφελος που οφείλεται στην εγχώρια επιδότηση της εν λόγω τεχνολογίας είναι απαραίτητη η ανάλυση των αποτελεσμάτων των ερωτήσεων 3 έως και 5.

Επίσης το εύρος των απαντήσεων στην ερώτηση 1 όπως αποτυπώνεται στο σχήμα 12 υποδηλώνει διαφοροποιήσεις στην τελική τιμή μιας εγκατάστασης ακόμα και εντός του ίδιου εξαμήνου λόγω των ιδιαιτεροτήτων της εκάστοτε κατασκευής. Οι παράμετροι που μπορεί να διαφοροποιούνται είναι η ποιότητα της κατασκευής, η προέλευση των πανέλων, η διαμόρφωση της στέγης, το περιθώριο κέρδους του εγκαταστάτη κλπ. Και σε αυτή την περίπτωση, για τον προσδιορισμό του επιπέδου της συμβολής κάθε μίας από τις παραπάνω αιτίες διαφοροποίησης του κόστους απαραίτητη είναι η ανάλυση των αποτελεσμάτων των υπόλοιπων ερωτήσεων.

### 6.1 Μείωση κόστους Φωτοβολταϊκών πανέλων



**Διάγραμμα 4.** Συμβολή ποικίλων παραγόντων στη μείωση του κόστους των ΦΒ πανέλων στην ελληνική αγορά

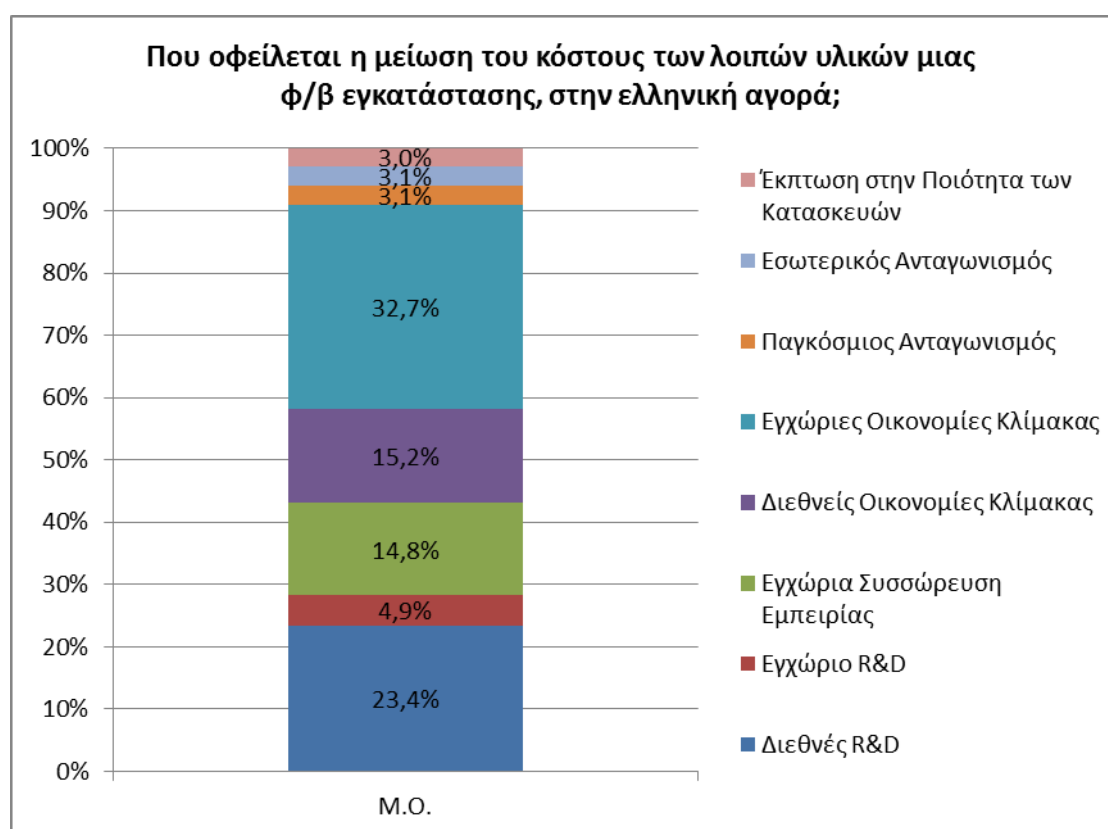
Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, η αποκλιμάκωση του κόστους των φωτοβολταϊκών πανέλων αποδίδεται κατά κύριο λόγο στις εξελίξεις που συντελούνται στη διεθνή βιομηχανία φωτοβολταϊκών (οικονομίες κλίμακας, επενδύσεις σε E&A) αθροίζοντας

σε ποσοστό 63,3%. Η εγχώρια βιομηχανία φωτοβολταϊκών φαίνεται ότι συμβάλει αθροιστικά στη μείωση του κόστους των πάνελ κατά 13,4% χάρις στις εγχώριες οικονομίες κλίμακας, την εγχώρια συσσώρευση εμπειρίας και τις εγχώριες δαπάνες σε έρευνα και ανάπτυξη.

Η μεγάλη διαφορά εγχώριων και διεθνών παραγόντων θεωρείται αναμενόμενη με δεδομένο ότι η εγχώρια βιομηχανία κατασκευής φωτοβολταϊκών πανέλων ήταν πολύ περιορισμένη σε σχέση με τη διεθνή με το συντριπτικά μεγαλύτερο όγκο πανέλων να προέρχεται από εισαγωγές.

Η σημαντική επίδραση (14,1%) παραγόντων που δεν σχετίζονται άμεσα με αυτή καθ' αυτή τη βιομηχανία φωτοβολταϊκών, όπως είναι η έρευνα και ανάπτυξη στη βιομηχανία κρυσταλλικού πυριτίου αποτελεί φαινόμενο που δεν αποτυπώνεται στις καμπύλες εμπειρίας. Σημαντική επίδραση επίσης έχει η κινεζική εμπορική πολιτική στον τομέα των φωτοβολταϊκών που βασίστηκε στη λογική του damping (9,3%), την πώληση δηλαδή πανέλων σε τιμές υπερβολικά χαμηλές, με στόχο την επικράτηση εντός της αγοράς έναντι των ανταγωνιστών παραγωγών.

## 6.2 Μείωση κόστους Λοιπών Υλικών



**Διάγραμμα 5.** Συμβολή ποικίλων παραγόντων στη μείωση του κόστους των λοιπών υλικών στην ελληνική αγορά

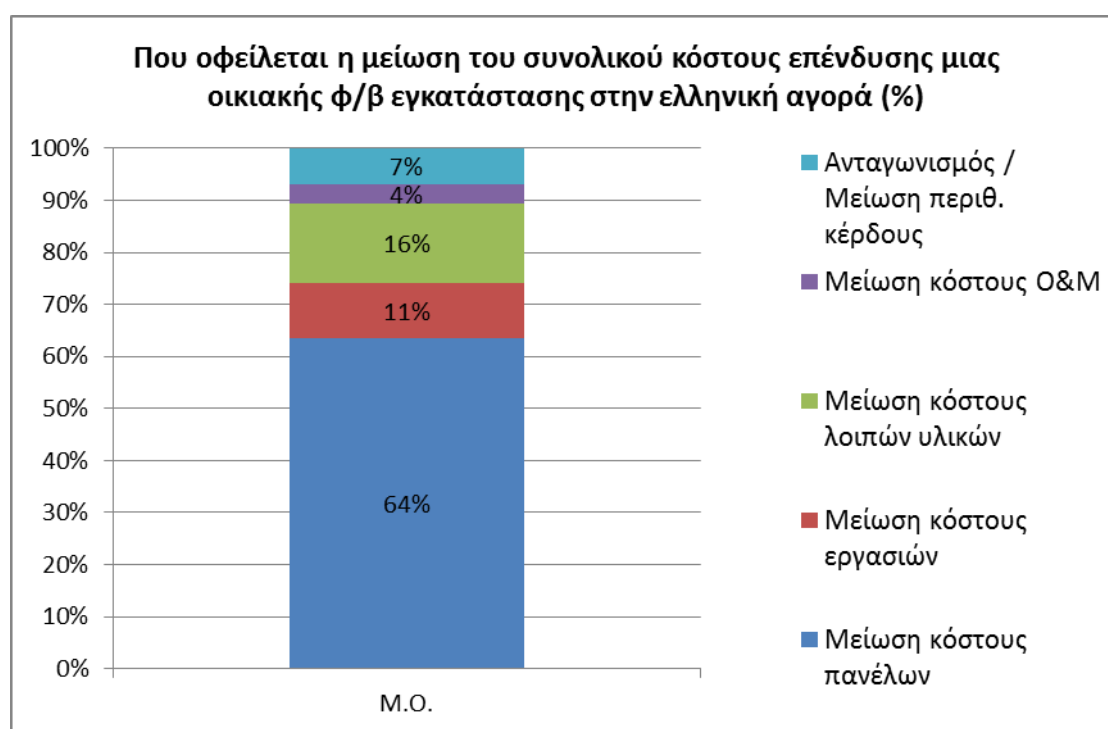
Όσον αφορά το υπόλοιπο σύστημα πλην πάνελ, διαφαίνεται μια σαφώς αυξημένη επίδραση των εγχώριων παραγόντων στη μείωση της τιμής του κόστους των λοιπών υλικών. Συγκεκριμένα, στην εγχώρια βιομηχανία αποδίδεται αθροιστικά το 55,5% της μείωσης του

κόστους. Η τιμή αυτή προκύπτει αθροίζοντας τα ποσοστά που αφορούν τις κατηγορίες ανταγωνισμός, οικονομίες κλίμακας, δαπάνες σε έρευνα και ανάπτυξη αλλά και την εκμάθηση μέσω πείρας που συντελούνται εντός της ελληνικής αγοράς.

Η έκπτωση στην ποιότητα των κατασκευών (3%) συνιστά ενδιαφέρον εύρημα ως αιτία μείωσης του κόστους, ωστόσο σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί ως θετική πρακτική και κατ'επέκταση δε συμπεριλαμβάνεται στους εγχώριους παράγοντες μείωσης του κόστους.

Η πολύ μεγαλύτερη συμβολή των εγχώριων παραγόντων στη μείωση του κόστους των λοιπών υλικών σε σχέση με την αντίστοιχη συμβολή στη μείωση του κόστους των πάνελ, οφείλεται στο γεγονός ότι η εγχώρια βιομηχανία παραγωγής των εν λόγω υλικών είναι πολύ πιο ανεπτυγμένη από την αντίστοιχη παραγωγής φωτοβολταϊκών πάνελ. Ως αποτέλεσμα, το ποσοστό των υλικών που εισάγονται είναι μικρό, σε αντίθεση με ότι συνέβαινε στην περίπτωση των πάνελ που η ελληνική παραγωγή ήταν σαφώς υποδεέστερη.

### 6.3 Μείωση κόστους επένδυσης



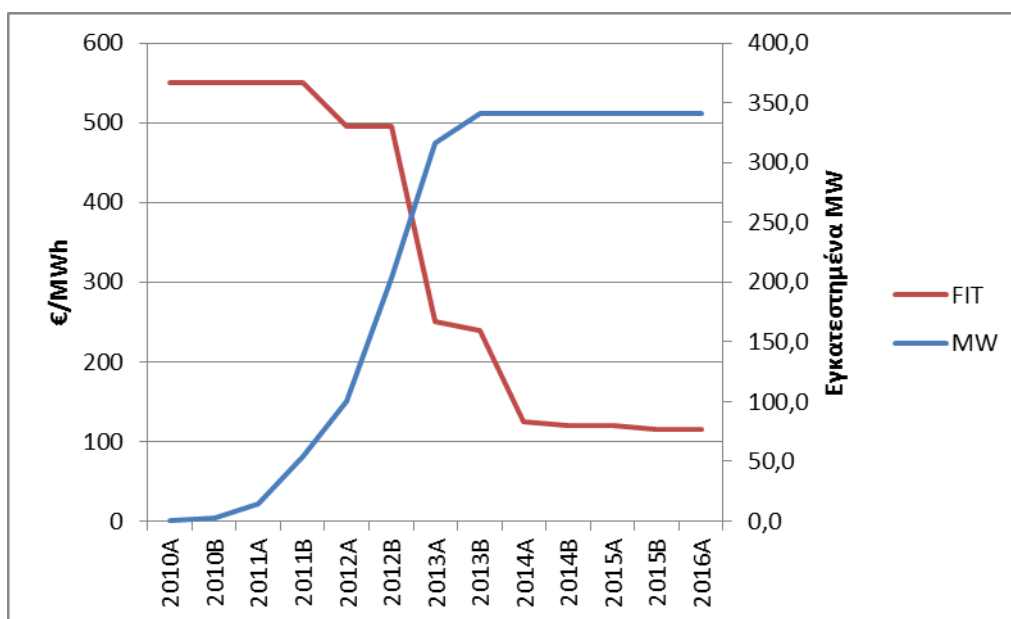
**Διάγραμμα 6.** Συμβολή διαφορετικών συνιστωσών στη μείωση του συνολικού κόστους εγκατάστασης

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι πέρα από τα πάνελ και τα λοιπά υλικά που ευθύνονται για τα 4/5 του συνολικού κόστους, το υπολοιπό 20% αποδίδεται στη μείωση του κόστους εργασιών, του κόστους λειτουργίας και συντήρησης αλλά και τη μείωση του περιθωρίου κέρδους εξαιτίας του ανταγωνισμού. Με βάση την ανάλυση των 6.1.1 και 6.1.2, υπολογίζεται το τμήμα του 80% των λοιπών υλικών και των πάνελ που μπορεί να αποδοθεί σε εγχώριους παράγοντες. Τα υπόλοιπα κόστη αποδίδονται στην

ελληνική αγορά αφού προέρχονται από την εγχώρια ζήτηση (ανταγωνισμός) ή την απόκτηση εμπειρίας λόγω του αριθμού των εγκαταστάσεων (κόστη εργασιών και O&M).

## 6.4 Κινητήριοι μοχλός διάχυσης τεχνολογίας οικιακών ΦΒ στην ελληνική αγορά

Από την τρίτη ερώτηση προέκυψε ότι ο κύριος μηχανισμός που προκάλεσε τη συστηματική εγκατάσταση οικιακών συστημάτων φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα, συμβάλλοντας κατά αυτόν τον τρόπο σημαντικά στην ωρίμανση της τεχνολογίας αυτής, ήταν το σύστημα των εγγυημένων τιμών ενέργειας (Feed-In Tariffs ή FITs). Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνεται από το παρακάτω διάγραμμα 7 που παρουσιάζονται τα εγκατεστημένα MW συναρτήσει των εγγυημένων τιμών για το ίδιο διάστημα.



Διάγραμμα 7. Εγγυημένες τιμές και εγκατεστημένη ισχύς οικιακών ΦΒ 2010-2016

Από το παραπάνω διάγραμμα 7 προκύπτει μια εμφανής ποιοτική συσχέτιση μεταξύ του ύψους της εγγυημένης τιμής και της εγκατάστασης νέων οικιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων για την ίδια περίοδο. Μάλιστα παρατηρείται απόλυτο στάμα των εγκαταστάσεων το δεύτερο εξάμηνο του 2013 όταν πλέον η εγγυημένη τιμή έχει φτάσει στα 115 Ευρώ ανά Μεγαβαττώρα και υιοθετήθηκε από το ελληνικό κοινοβούλιο το λεγόμενο «new deal» για το αναδρομικό «κούρεμα» των εγγυημένων τιμών. Επιβεβαιώνεται έτσι ποιοτικά το συμπέρασμα της Δελφικής μεθόδου ότι κινητήριοι μοχλός για τη διάχυση και ωρίμανση της τεχνολογίας των οικιακών ΦΒ ήταν ο μηχανισμός εγγυημένων τιμών αποζημίωσης.

## 6.5 Όφελος από την ωρίμανση της τεχνολογίας

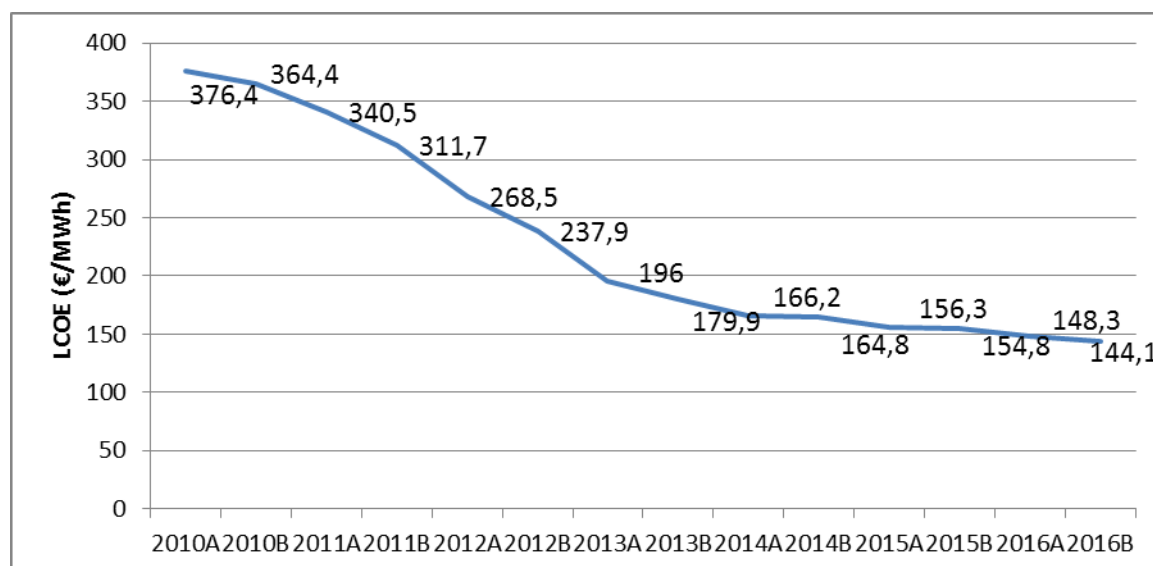
Από την απάντηση στη δεύτερη ερώτηση προέκυψε ο πίνακας 6 με την πορεία του κόστους εγκατάστασης από το 2010 έως το 2016 ανά εξάμηνο. Οι τιμές αυτές χρησιμοποιήθηκαν στον τύπο (2) για τον υπολογισμό του σταθμισμένου κόστους παραγωγής ενέργειας (LCOE)

για μια τυπική οικιακή εγκατάσταση ΦΒ ισχύος 10 kW ανά εξάμηνο. Οι υπόλοιπες μεταβλητές λήφθηκαν ως εξής:

**Πίνακας 12.** Τιμές συντελεστών για τον υπολογισμό του LCOE

Ισχύς (kW)	10
Cf (kWh/kW/y)	1.350
OPEX (%)	2%
Ποσοστό Δανείου (%)	0%
Ετήσιος Συντελεστής απομείωσης ενέργειας (%)	0,2%
Επιτοκίο Προεξοφλησης (r - %)	13%

Με τα δεδομένα αυτά και χρήση του προαναφερθέντος τύπου, προέκυψε η παρακάτω καμπύλη του σταθμισμένου κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά εξάμηνο.

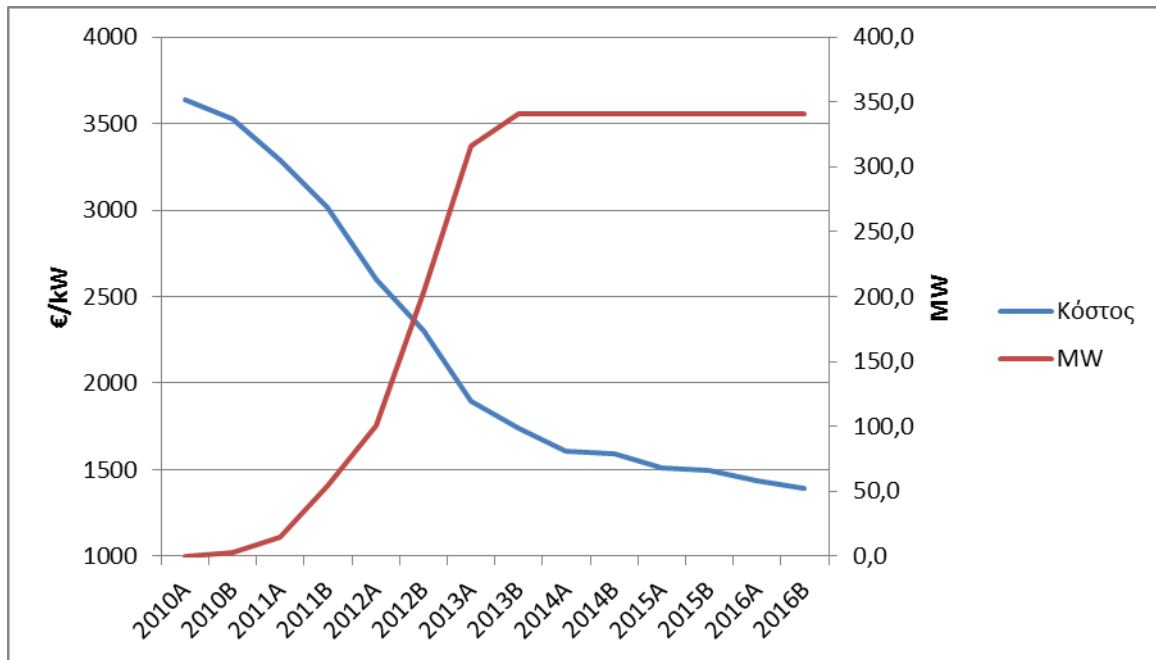


**Διάγραμμα 8.** Καμπύλη Σταθμισμένου Κόστους Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας για μια τυπική οικιακή εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών 10kW 2010-2016

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι το εκτιμώμενο όφελος από την ωρίμανση της τεχνολογίας όπως αποτιμάται σε μείωση του LCOE υπολογίζεται ως εξής:

$$LCOE_{2010A} - LCOE_{2016B} = (376,4 - 144,1) \text{ €/MWh} = \mathbf{235,3 \text{ €/MWh}}$$

Η ποσότητα αυτή είναι ωστόσο λάθος να αποδοθεί στην ελληνική αγορά αφού, όπως τεκμηριώνεται προηγούμενα, σημαντικό ρόλο στη μείωση του κόστους έπαιξαν και η διεθνής βιομηχανία φωτοβολταϊκών αλλά και άλλοι εξωγενείς παράγοντες. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από το παρακάτω διάγραμμα:



**Διάγραμμα 9.** Κόστος ανά kW και εγκατεστημένη ισχύς ΦΒ στέγης 2010-2016.

Εύκολα παρατηρείται στο Σχήμα, ότι παρά την προφανή ποιοτική συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού μείωσης του κόστους και του ρυθμού εγκατάστασης νέων συστημάτων, το κόστος συνεχίζει να μειώνεται και μάλιστα σημαντικά παρά το σταμάτημα της εγκατάστασης νέων συστημάτων. Για το λόγο αυτό το ποσό ανά MWh που υπολογίστηκε παραπάνω ως όφελος από την ωρίμανση της τεχνολογίας, πολλαπλασιάζεται με το ποσοστό συμβολής των εγχώριων παραγόντων που υπολογίζεται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 13.** Υπολογισμός συμβολής της ελληνικής αγοράς στη μείωση του LCOE

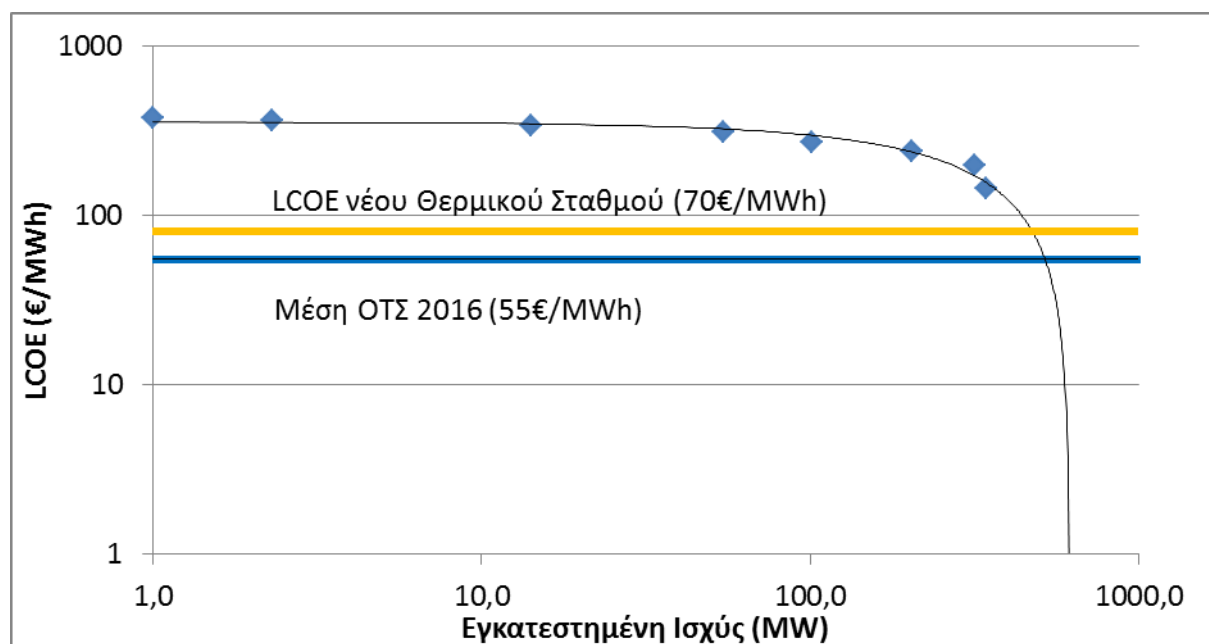
	Συμβολή στη συνολική μείωση	Συμβολή ελληνικής αγοράς	Τελική Συμβολή Εγχώριας Αγοράς στη συνολική μείωση
ΦΒ πανέλα	63,5%	13,4%	8,5%
Λοιπά Υλικά	15,5%	55,5%	8,6%
Εργασίες	10,5%	100%	10,5%
Ο&Μ	3,6%	100%	3,6%
Περιθώριο κέρδους	6,9%	100%	6,9%
<b>Σύνολο</b>			<b>38,1%</b>

Το ποσοστό που υπολογίστηκε παραπάνω (38,1%) πολλαπλασιαζόμενο με το συνολικό ποσό μείωσης του Σταθμισμένου Κόστους Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας, προκύπτει το όφελος της ωρίμανσης της τεχνολογίας που αποδίδεται στην ελληνική αγορά και το οποίο ανέρχεται σε **89,6 €/MWh**.



## 6.6 Καμπύλη εμπειρίας

Αξιοποιώντας τη μεθοδολογία που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3 και τα αποτελέσματα της δελφικής μεθόδου, διαμορφώνεται η καμπύλη εμπειρίας του παρακάτω διαγράμματος και προκύπτουν τα σχετικά μεγέθη (δείκτης εμπειρίας, δείκτης προόδου). Στο διάγραμμα εμφανίζονται και το LCOE του τελευταίου υπό κατασκευή συμβατικού σταθμού ορυκτού καυσίμου στην Ελλάδα, «Πτολεμαΐδα 5» της ΔΕΗ. Επίσης εμφανίζεται η μέση Οριακή Τιμή Συστήματος του 2017 με βάση τα στοιχεία του ΛΑΓΗΕ. Το διάγραμμα παρουσιάζεται σε διπλή λογαριθμική κλίμακα όπως συνηθίζεται.



**Διάγραμμα 10.** Καμπύλη εμπειρίας οικιακών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων 10kW στην ελληνική αγορά

Λύνοντας τον τύπο της καμπύλης εμπειρίας (1) γνωρίζοντας την αρχική και παρούσα εγκατεστημένη ισχύ και το αντίστοιχο κόστος, υπολογίστηκε ο δείκτης εμπειρίας ίσος με  $b=0.16$ . Στη συνέχεια με χρήση του τύπου το οποίο μεταφράζεται σε δείκτη προόδου  $PR = 2^b = 89\%$ . Δηλαδή παρατηρήθηκε στην Ελλάδα μείωση του κόστους κατά 11% σε κάθε διπλασιασμό της εγκατεστημένης ισχύος.

Με χρήση του ίδιου τύπου και γνωστούς αυτή τη φορά το δείκτη εμπειρίας και το επιθυμητό κόστος παραγωγής ενέργειας υπολογίστηκε η επιπλέον απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς ώστε οι οικιακές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις 10kW να είναι ανταγωνιστικές των συμβατικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Επιλέχθηκαν δύο πιθανοί τρόποι για τη μέτρηση του μεγέθους αυτού:

- Η σύγκριση με το LCOE του πιο πρόσφατα κατασκευασμένου θερμικού σταθμού (Πτολεμαΐδα 5 της ΔΕΗ – ~70 €/MWh)
- Η σύγκριση με την μέση Οριακή Τιμή Συστήματος του 2015 (~52€/MWh)

Για την πρώτη περίπτωση η απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς προκύπτει **78 MW** ενώ για τη δεύτερη περίπτωση απαιτούνται επιπλέον **477 MW**.

## 6.7 Συμπεράσματα

- Η εγγυημένη τιμή, σύμφωνα με τους ερωτηθέντες, αποτελεί κινητήριο μοχλό για την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος και τη συνεπακόλουθη μείωση του κόστους εγκατάστασης όπως, ποιοτικά, φαίνεται και από τα Διαγράμματα 7 και 9.
- Η εν λόγω μείωση του κόστους εγκατάστασης οδηγεί σε μείωση του κόστους του παραγόμενου προϊόντος, ήτοι της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις μονάδες οικιακών φ/β, γεγονός που αντικατοπτρίζεται στο μέγεθος LCOE.
- Σύμφωνα με το Διάγραμμα 8, η μείωση του LCOE μεταξύ 2010-2016 ήταν ίση με **235,3 €/MWh**.
- Παρόλα αυτά το σύνολο της μείωσης του LCOE δεν μπορεί να αποδοθεί μόνο σε παραμέτρους/παράγοντες που σχετίζονται με την ελληνική αγορά (βλ. 6.1, 6.2). Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έγιναν στο 6.5, η μείωση που αποδίδεται σε εγχώριες συνθήκες είναι περίπου **38,1%**.
- Σύμφωνα με την κυρίαρχη διεθνή βιβλιογραφία η αύξηση της εγκατάστασης οδηγεί σε μείωση του κόστους εγκατάστασης εξαιτίας της αύξησης του φαινομένου της εκμάθησης μέσω πείρας, της δημιουργίας οικονομιών κλίμακας και των δαπανών σε έρευνα και ανάπτυξη. Παρόλα αυτά, όπως καταδείχθηκε από τη συγκεκριμένη μελέτη, αν και η μείωση του κόστους ακολουθεί/συσχετίζεται με την εγκατεστημένη ισχύ (Διάγραμμα 9), φαίνεται ότι συμβάλλουν και άλλες παράμετροι, όπως:
  - Διεθνείς εμπορικές πολιτικές που βασίζονται σε λογικές ντάμπινγκ
  - Τεχνολογικές εξελίξεις σε τομείς που συνδέονται έμμεσα με την υπό εξέταση βιομηχανία
- Απαιτείται η εγκατάσταση περίπου άλλων 78 MW φωτοβολταϊκών στέγης προκειμένου το σταθμισμένο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της εν λόγω τεχνολογίας να προσεγγίσει το κόστος ενός σύγχρονου συμβατικού σταθμού.

## Βιβλιογραφία

1. Γιάνναρου Λ., Ζέρβας Ε. Αξιολόγηση Έργων στον Τομέα των Μεταφορών, Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
2. Γωνιάδης Η. (2007) Η Ευρεσιτεχνία ως Προπομπός της Επιχειρηματικής Καινοτομίας και Εφαλτήριο Ανάπτυξης της Επιχειρηματικότητας στην Ελλάδα. Διδακτορική Διατριβή. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
3. Καλιαμπάκος Δ. & Δαμίγος Δ. (2008) Χρηματοοικονομική και Κοινωνικοοικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων, ΕΜΠ. Διαθέσιμο στο: [http://mycourses.ntua.gr/courses/PSTGR1094/document/Investment\\_analysis\\_notes.pdf](http://mycourses.ntua.gr/courses/PSTGR1094/document/Investment_analysis_notes.pdf)
4. Καραγιάννης Η. Γ., Μπακούρος Ι. Λ., (2010), Καινοτομία και Επιχειρηματικότητα Θεωρία – Πράξη, Εκδόσεις «ΣΟΦΙΑ»
5. Κόκκαλης Θωμάς, (2005) Εκτίμηση της απόδοσης φωτοβολταϊκού με τη χρήση συστήματος παρακολούθησης του ηλίου και αξιολόγησή του. Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων. Διπλωματική εργασία
6. Κραψίτης Θ. (2009). Εθνικά Συστήματα Καινοτομίας. Διπλωματική Εργασία. Πάντειο Πανεπιστήμιο
7. Κωνσταντέλου Α. (2005). Οικονομική και Κοινωνιολογία της Τεχνολογίας. Διδακτικές Σημειώσεις. Τμήμα Μηχανικών Οικονομίας και Διοίκησης. Πανεπιστήμιο Αιγαίου
8. Μαγνήσαλης Κ., (1997). Η συμπεριφορά του καταναλωτή. Αθήνα: Εκδόσεις Interbooks
9. Μιχαηλίδης Π. (2006). Σουμπετεριανή Θεωρία, Τεχνολογική Αλλαγή και Οικονομία: Μια Θεωρητική και Οικονομετρική Διερεύνηση. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή ΕΜΦΕ. ΕΜΠ.
10. Μοιρασγεντής, Σ., (1998). Εξωτερικές Οικονομίες στην Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας: Αποτίμηση και επιπτώσεις στον ενεργειακό σχεδιασμό. Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Αθήνα
11. ΟΔΗΓΙΑ 2009/28/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης
12. ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων
13. Ο.Ο.Σ.Α., Εγχειρίδιο Oslo, Γ.Γ.Ε.Τ., Αθήνα. 2000
14. Ραφαηλίδης Α. (1998). Μια εισαγωγή στα θέματα της καινοτομίας και της τεχνολογικής αλλαγής. Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων Πάτρας, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας
15. Τουρκολιάς Χ. (2010) Ανάπτυξη μεθοδολογικού πλαισίου για την αποτίμηση περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων της ηλεκτροπαραγωγής, Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ. Διαθέσιμο στο: <http://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/25556>
16. Abell, D.F. and Hammond, J.S. (1979), "Cost Dynamics: Scale and Experience Effects",

in: Strategic Planning: Problems and Analytical Approaches, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.

17. Agwe, J. N. (2007). Knowledge capitalization for development: prioritizing the relative dominance of drivers for intellectual entrepreneuring in the tertiary knowledge industry. University of Maryland University College, Adelphi, Maryland
18. Archibugi, D., Sirilli, G., (2000), The direct measurement of technological innovation in Business, Proceedings of Conference on Innovation and Enterprise Creation: Statistics and Indicators, France
19. Arrow K. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. The Review of Economic Studies, Vol. 29, No. 3 (Jun., 1962), pp. 155-173Published by: The Review of Economic Studies Ltd.
20. Boston Consulting Group (1968), Perspectives on experience, Boston Consulting Group Inc.
21. Cantrill, J.A., Sibbald, B. and Buetow, S. (1996). The Delphi and nominal group techniques in health services research. International Journal of Pharmacy Practice, 4(2), 67-74.
22. Christie, C. and Barela, E. (2005). The Delphi technique as a method for increasing inclusion in the evaluation process. The Canadian Journal of Program Evaluation, 20(1), 105-122.
23. Dalkey, N. C. (1969). The Delphi method – an experimental study of group opinion. RM 5888-PR, The Rand Corporation, Santa Monica, CA.
24. Dalkey, N. C. (1972). The Delphi method: An experimental study of group opinion. In N. C. Dalkey, D. L. Rourke, R. Lewis, & D. Snyder (Eds.). Studies in the quality of life: Delphi and decision-making (pp. 13-54). Lexington, MA: Lexington Books.
25. Darling, S., You, F., Veselka, T., and Velosa, A., (2011). Assumptions and the levelized cost of energy for photovoltaics. Energy Environ. Sci., 2011, 4, 3133-3139, DOI: 10.1039/C0EE00698J.
26. Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H., & Gustafson, D. H. (1975). Group techniques for program planning. Glenview, IL: Scott, Foresman, and Co.
27. Dixon, B. L., Hollinger, S. E., Garcia, P., & Tirupattur, V. (1994). Estimating corn yield response models to predict impacts of climate change. Journal of Agricultural and resource economics, 58^68.
28. ENERGY FOR THE FUTURE: RENEWABLE SOURCES OF ENERGY White Paper for a Community Strategy and Action Plan COM(97)599 final (26/11/1997) EUROPEAN COMMISSION
29. European Innovation Scoreboard 2016, European Commission
30. Freeman, C., (1982) The economics of Industrial Innovation, 2<sup>nd</sup> Edition, Francis Pinter, London.
31. Gallagher, M., Branshaw, C. and Nattress, H. (1996). Policy priorities in diabetes care: a Delphi study. Quality in Health Care, 5, 3-8.
32. Gates, B., (1996) Ο δρόμος προς το μέλλον, Εκδ. Κλειδάριθμος, Αθήνα.
33. GREEN PAPER A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy COM(2006) 105 final, COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

34. Green Paper on Innovation, COM 1995, 688
35. Griliches, Z. (1990): "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, v.28(4), pp..1661-1707
36. Helmer, O., & Rescher, N. (1959). On the epistemology of the inexact science. *Management Science*, 6, 25-53.
37. Hsu, Chia-Chien & Sandford, Brian A. (2007). The Delphi Technique: Making Sense of Consensus. *Practical Assessment Research & Evaluation*, 12(10).
38. IEA Photovoltaic Power Systems (IEA PVPS) (2009), Trends in Photovoltaic Applications, IEA PVPS.  
[http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/tr\\_2009\\_neu.pdf](http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/tr_2009_neu.pdf)
39. IEA-ETSAP and IRENA© Technology Brief E11 – January 2013
40. IRENA, RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES, 2012
41. IRENA, THE POWER TO CHANGE: SOLAR AND WIND COST REDUCTION POTENTIAL TO 2025, , 2016
42. Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R. and Mieno, H. (1993). The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets and Systems*, 55(3), 241-253.
43. Kittell-Limerick, P. (2005). Perceived barriers to completion of the academic doctorate: a Delphi study. A & M University, Texas
44. Klaassen,T, Asami Miketaa, Katarina Larsenb, Thomas Sundqvistc *SCIENCE DIRECT Ecological Economics* 54 (2005) 227– 240 ANALYSIS The impact of R&D on innovation for wind energy in Denmark, Germany and the United Kingdom
45. Kouvaritakis Nikolaos, Antonio Soria and Stéphane Isoard (2000) Modelling energy technology dynamics: methodology for adaptive expectations models with learning by doing and learning by searching Nikolaos Kouvaritakis, Antonio Soria and Stéphane Isoard *Int. J. Global Energy Issues*, Vol. 14, Nos. 1-4, 104
46. Krupnick, A., Burtraw, D., Palmer, K., (1995). The Social Benefits of Social Costing Research. *The External Costs of Energy, Proceedings of the 1st EC/OECD/IEA Workshop on Energy Externalities, Brussels.*
47. Linstone, H. A. (1978). The Delphi technique, in Fowles, R. B. (Ed.), *Handbook of Futures Research*, Greenwood, Westport, CT, 271-300.
48. Mullen, P. M. (2003). Delphi: myths and reality. *Journal of Health Organization and Management*, 17 (1), 37-52.
49. National Renewable Energy Laboratory (NREL) and Energy Research Centre of the Netherlands (ECN), 2011. IEA Wind Task 26 Multi-national Case Study of the Financial Cost of Wind Energy. Work Package 1, Final Report, IEA Wind agreement, Contract No. DE-AC36-08GO28308.
50. Nemet G., *Energy Policy* 34 (2006) 3218–3232 Beyond the learning curve: factors influencing cost reductions in photovoltaics ELSEVIER
51. OECD/IEA, *Experience Curves for Energy Technology Policy*, 2000
52. Pearce, D. W.,& Turner, R. K.(1990). *Economics of natural resources and the environment*. JHU Press
53. Pearce, D., Lockwood, B., Ozdemiroglu, E., Steele, P., 1994. *Non-Environmental*

Externalities of Electricity Fuel Cycles in the United Kingdom. Position paper, CSERGE/EFTEC.

54. Phillips, R. (2000). New applications for the Delphi technique. Annual "San Diego" Pfeiffer and Company, 2, 191-196.
55. Porter Michael (1990) : The Competitive Advantage of Nations, σ.73
56. Rowe, G. and Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: Issues and analysis. International Journal of Forecasting, 15(4), 353-375.
57. Saviotti P., Stubs,P., Coombs,R. & Gibbons,M. (1982): "An Approach to the Construction of Indexes of Technological Change and Technological Sophistication: The Case of Agricultural Tractors", Technological Forecasting and Social Change, v.21, pp.133-147.
58. Schumpeter J. (1934): The Theory of Economic Development, Harvard University Press.
59. Skulmoski, Hartman, & Krahn (2007). The Delphi Method for Graduate Research. Journal of Information Technology Education Volume 6.
60. Sumsion, T. (1998). The Delphi technique: an adaptive research tool. British Journal of Occupational Therapy, 61(4), 153-156.
61. Turoff, M., & Hiltz, S. R. (1996). Computer based Delphi process. In M. Adler, & E. Ziglio (Eds.). Gazing into the oracle: The Delphi method and its application to social policy and public health (pp. 56-88). London, UK: Jessica Kingsley Publishers.
62. Wright, T.P. (1936), "Factors Affecting the Cost of Airplanes", Journal of the Aeronautical Sciences, Vol. 3, p. 122.

## Παράρτημα Ι – Ερωτηματολόγιο πρώτου γύρου

### ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

#### Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής

Εφαρμογή της μεθόδου Delphi για την εκτίμηση της εξέλιξης του κόστους εγκατάστασης καθώς και λοιπών χαρακτηριστικών, αναφορικά με την τεχνολογία των οικιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων

Κωδικός αριθμός ερωτώμενου.....

Αριθμός επαναλήψεων.....

#### ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Αγαπητέ Κύριε/Κυρία,

Ονομάζομαι Πέτρος Μαρκόπουλος και είμαι μεταπτυχιακός φοιτητής στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Στο πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας πραγματοποιώ μια έρευνα, εφαρμόζοντας τη Δελφική (Delphi) μέθοδο, σχετικά με το πώς και εάν η επιδότηση της τιμής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από οικιακά φωτοβολταϊκά (φ/β) συμβάλει στην ωρίμανση της εν λόγω τεχνολογίας και τη συνακόλουθη μείωση του κόστους εγκατάστασης.

**Συνοπτικά, η διαδικασία που θα ακολουθηθεί είναι η ακόλουθη:** Το παρόν ερωτηματολόγιο έχει διανεμηθεί, εκτός από εσάς, και σε άλλους εμπειρογνώμονες (experts). Σε σύντομο χρονικό διάστημα αφού απαντήσετε το παρόν ερωτηματολόγιο θα σας κοινοποιηθεί ο μέσος όρος των απαντήσεων και των υπόλοιπων συμμετεχόντων με στόχο να επανεκτιμήσετε τις απαντήσεις σας, αν σας φαίνεται εύλογο. Η διαδικασία θα ολοκληρωθεί μετά από έναν ή δύο γύρους, αφού επιτευχθεί σύγκλιση των αποτελεσμάτων.

Θα σας παρακαλούσα να μας αφιερώσετε περίπου 10 λεπτά από το χρόνο σας γιατί η συμμετοχή σας στην έρευνά μας είναι πολύτιμη δεδομένου ότι, οι απαντήσεις σας θα μας βοηθήσουν να εκτιμήσουμε το κοινωνικό όφελος από την επιδότηση φιλικών προς το περιβάλλον ενεργειακών τεχνολογιών όπως τα οικιακά φ/β. Τα ερωτηματολόγια είναι ανώνυμα και τα στοιχεία που θα συλλεχθούν από αυτή την έρευνα θα είναι στη διάθεσή σας, με την ολοκλήρωση της έρευνας.

Σας ευχαριστώ προκαταβολικά

**Ερώτηση 1.** Ποιο ήταν το συνολικό κόστος εγκατάστασης ενός οικιακού φ/β συστήματος ισχύος 10kW το έτος 2010 (έτος έναρξης του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φ/Β Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις). Παρακαλείσθε να δώσετε την ελάχιστη, μέγιστη και τη μέση τιμή του συνολικού κόστους εγκατάστασης.

**Ελάχιστο κόστος εγκατάστασης ισχύος 10kW (€/kW).....**  
**Μέγιστο κόστος εγκατάστασης ισχύος 10kW (€/kW).....**  
**Μέση τιμή κόστους εγκατάστασης ισχύος 10kW (€/kW).....**

**Ερώτηση 2.** Για να καταστεί εφικτή η αποτύπωση της αποκλιμάκωσης του συνολικού κόστους εγκατάστασης των οικιακών φ/β συστημάτων είναι απαραίτητη η, όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστη, εκτίμηση του μέσου κόστους επένδυσης μιας φ/β εγκατάστασης 10 kW μεταξύ των ετών 2010 έως 2016. Δεδομένου ότι το μέσο κόστος επένδυσης είναι πιθανό να μεταβαλλόταν εντός του ίδιου έτους, παρακαλείσθε να συμπληρώσετε τον παρακάτω Πίνακα. Σε περίπτωση που εντός κάποιου έτους η μεταβολή ήταν πιο συχνή από ένα εξάμηνο, παρακαλώ σημειώστε το στα κενά κελιά της τρίτης στήλης του Πίνακα.

Έτος	Μέσο Κόστος Επένδυσης (€/kW)	
2010 (Α Εξάμηνο)		
2010 (Β Εξάμηνο)		
2011 (Α Εξάμηνο)		
2011 (Β Εξάμηνο)		
2012 (Α Εξάμηνο)		
2012 (Β Εξάμηνο)		
2013 (Α Εξάμηνο)		
2013 (Β Εξάμηνο)		
2014 (Α Εξάμηνο)		
2014 (Β Εξάμηνο)		
2015 (Α Εξάμηνο)		
2015 (Β Εξάμηνο)		
2016 (Α Εξάμηνο)		
2016 (Β Εξάμηνο)		



**Ερώτηση 3.** Στη διεθνή βιβλιογραφία και σε κείμενα πολιτικής συχνά αναφέρεται ότι η εφαρμογή μηχανισμών στήριξης αποτελεί ένα ιδιαίτερα επιτυχημένο εργαλείο προκειμένου για την ωρίμανση και διάχυση μιας τεχνολογίας Α.Π.Ε. Στο πλαίσιο αυτό, ποιοι ήταν κατά τη γνώμη σας οι λόγοι που οδήγησαν στην προώθηση, ωρίμανση και διάχυση της τεχνολογίας των οικιακών φ/β στην ελληνική αγορά; Επιλέξτε έως τρεις απαντήσεις κατά σειρά προτεραιότητας (1: πιο σημαντικό, 3: λιγότερο σημαντικό)

- Δαπάνες σε Έρευνα & Τεχνολογία (Ιδιωτικές ή/και Δημόσιες) .....
- Εγγυημένη Τιμή Αποζημίωσης.....
- Απλοποίηση Αδειοδοτικού Πλαισίου.....
- Σταδιακή εξοικείωση των καταναλωτών με την τεχνολογία.....
- Άλλος (παρακαλώ σημειώστε).....

**Ερώτηση 4.** Σε ποιους λόγους οφείλεται, κατά τη γνώμη σας, η μείωση του συνολικού κόστους επένδυσης μιας οικιακής φ/β εγκατάστασης στην ελληνική αγορά; Παρακαλείσθε στις απαντήσεις που θα επιλέξετε να σημειώσετε και το ποσοστό συμβολής κάθε μίας στην ως άνω μείωση του κόστους.

- Μείωση του κόστους των φ/β πανέλων (%).....
- Μείωση του κόστους εργασίας (%).....
- Μείωση του κόστους των λοιπών υλικών (π.χ. inverter, καλώδια, κ.λ.π) (%).....
- Μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης (%).....
- Άλλος (παρακαλώ σημειώστε) (%).....

**Ερώτηση 5.** Γενικά υποστηρίζεται ότι, η αυξημένη ποσότητα παραγωγής ενός προϊόντος στο παρόν οδηγεί σε σώρευση πείρας και συμβάλλει στη μελλοντική μείωση του κόστους παραγωγής αυτού του προϊόντος. Στην περίπτωση της τεχνολογίας των φ/β η θέση αυτή δέχεται κριτική.

Στο πλαίσιο αυτό, σε ποιους λόγους οφείλεται, κατά τη γνώμη σας, η μείωση του κόστους των φ/β πανέλων στην ελληνική αγορά; Παρακαλείσθε στις απαντήσεις που θα επιλέξετε να σημειώσετε και το ποσοστό συμβολής κάθε μίας στην ως άνω μείωση του κόστους.

- Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φ/β σε **διεθνές** επίπεδο (%).....
- Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φ/β σε **εγχώριο** επίπεδο (%).....
- Αύξηση της σωρευμένης πείρας, μέσω της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος φ/β εγκαταστάσεων **στην Ελλάδα**(%).....
- Τεχνολογικά επιτεύγματα στη βιομηχανία κρυσταλλικού πυριτίου εξαιτίας επενδύσεων ανεξάρτητων από την εγχώρια και διεθνή βιομηχανία φ/β (%).....
- Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στη **διεθνή** φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων (%).....
- Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στην **εγχώρια** φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων (%).....
- Άλλος (παρακαλώ σημειώστε) (%).....

**Ερώτηση 6.** Σε ποιους λόγους οφείλεται, κατά τη γνώμη σας, η μείωση του κόστους των λοιπών υλικών (π.χ. inverters, πίνακες, βάσεις στήριξης, κ.τ.λ.) μιας φ/β εγκατάστασης, στην ελληνική αγορά; Παρακαλείσθε στις απαντήσεις που θα επιλέξετε να σημειώσετε και το ποσοστό συμβολής κάθε μίας στην ως άνω μείωση του κόστους.

- Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα του ηλεκτρολογικού υλικού σε **διεθνές** επίπεδο (%).....
- Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα του ηλεκτρολογικού υλικού σε **εγχώριο** επίπεδο (%).....
- Αύξηση της σωρευμένης πείρας, μέσω της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος φ/β εγκαταστάσεων στην Ελλάδα (%).....
- Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στην **εγχώρια** βιομηχανία ηλεκτρολογικού υλικού ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων (%).....
- Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στη **διεθνή** βιομηχανία ηλεκτρολογικού υλικού ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων (%).....
- Άλλος (παρακαλώ σημειώστε) (%).....

## Παράρτημα II – Ερωτηματολόγιο Δεύτερου Γύρου

### ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

#### Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής

Εφαρμογή της μεθόδου Delphi για την εκτίμηση της εξέλιξης του κόστους εγκατάστασης καθώς και λοιπών χαρακτηριστικών, αναφορικά με την τεχνολογία των οικιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων

Κωδικός αριθμός ερωτώμενου.....

Αριθμός επαναλήψεων...2...

**Ερώτηση 1.** Ποιο ήταν το συνολικό κόστος εγκατάστασης ενός οικιακού φ/β συστήματος ισχύος 10kW το έτος 2010 (έτος έναρξης του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φ/Β Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις). Παρακαλείσθε να δώσετε την ελάχιστη, μέγιστη και τη μέση τιμή του συνολικού κόστους εγκατάστασης.

Κόστος Εγκατάστασης 10 kW (€/kW)				
	Μέσος Όρος (€/kW)	Αρχική Εκτίμηση (€/kW)	Διαφορά από Μέσο Όρο (€/kW)	Νέα Εκτίμηση (€/kW)
Ελάχιστο κόστος εγκατάστασης ισχύος 10kW (€/kW)	3.165			
Μέγιστο κόστος εγκατάστασης ισχύος 10kW (€/kW)	3.787			
Μέσο κόστος εγκατάστασης ισχύος 10kW (€/kW)	3.498			

**Ερώτηση 2.** Για να καταστεί εφικτή η αποτύπωση της αποκλιμάκωσης του συνολικού κόστους εγκατάστασης των οικιακών φ/β συστημάτων είναι απαραίτητη η, όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστη, εκτίμηση του μέσου κόστους επένδυσης μιας φ/β εγκατάστασης 10 kW μεταξύ των ετών 2010 έως 2016. Δεδομένου ότι το μέσο κόστος επένδυσης είναι πιθανό να μεταβαλλόταν εντός του ίδιου έτους, παρακαλείσθε να συμπληρώσετε τον παρακάτω Πίνακα. Σε περίπτωση που εντός κάποιου έτους η μεταβολή ήταν πιο συχνή από ένα εξάμηνο, παρακαλώ σημειώστε το στα κενά κελιά της τρίτης στήλης του Πίνακα.

Έτος	Μέσο Κόστος Επένδυσης (€/kW)			
	Μέσος Όρος (€/kW)	Αρχική Εκτίμηση (€/kW)	Διαφορά από Μέσο Όρο (€/kW)	Νέα Εκτίμηση (€/kW)
2010 (Α Εξάμηνο)	3.677			
2010 (Β Εξάμηνο)	3.527			
2011 (Α Εξάμηνο)	3.300			
2011 (Β Εξάμηνο)	3.000			
2012 (Α Εξάμηνο)	2.585			
2012 (Β Εξάμηνο)	2.294			
2013 (Α Εξάμηνο)	1.932			
2013 (Β Εξάμηνο)	1.761			
2014 (Α Εξάμηνο)	1.632			
2014 (Β Εξάμηνο)	1.610			
2015 (Α Εξάμηνο)	1.529			
2015 (Β Εξάμηνο)	1.498			
2016 (Α Εξάμηνο)	1.441			
2016 (Β Εξάμηνο)	1.400			

**Ερώτηση 4.** Σε ποιους λόγους οφείλεται, κατά τη γνώμη σας, η μείωση του συνολικού κόστους επένδυσης μιας οικιακής φ/β εγκατάστασης στην ελληνική αγορά; Παρακαλείσθε στις απαντήσεις που θα επιλέξετε να σημειώσετε και το ποσοστό συμβολής κάθε μίας στην ως άνω μείωση του κόστους.

<b>Που οφείλεται η μείωση του συνολικού κόστους επένδυσης μιας οικιακής φ/β εγκατάστασης στην ελληνική αγορά (%)</b>				
	Μέσος Όρος (%)	Αρχική Εκτίμηση (%)	Διαφορά από Μέσο Όρο (σε ποσοστιαίες μονάδες)	Νέα Εκτίμηση (%)
Μείωση κόστους	πανέλων	63,6%		
	εργασιών	9,7%		
	λοιπών υλικών	18,2%		
	Ο&Μ	4,1%		
Άλλος Λόγος (Ανταγωνισμός / Μείωση Περιθωρίου κέρδους)		4,4%		

**Ερώτηση 5.** Γενικά υποστηρίζεται ότι, η αυξημένη ποσότητα παραγωγής ενός προϊόντος στο παρόν οδηγεί σε σώρευση πείρας και συμβάλλει στη μελλοντική μείωση του κόστους παραγωγής αυτού του προϊόντος. Στην περίπτωση της τεχνολογίας των φ/β η θέση αυτή δέχεται κριτική.

Στο πλαίσιο αυτό, σε ποιους λόγους οφείλεται, κατά τη γνώμη σας, η μείωση του κόστους των φ/β πανέλων στην ελληνική αγορά; Παρακαλείσθε στις απαντήσεις που θα επιλέξετε να σημειώσετε και το ποσοστό συμβολής κάθε μίας στην ως άνω μείωση του κόστους (το άθροισμα θα πρέπει να είναι 100%).

	Μέσος Όρος (%)	Αρχική Εκτίμηση (%)	Διαφορά από Μέσο Όρο (σε ποσοστιαίες μονάδες)	Νέα Εκτίμηση (%)
Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φ/β σε <b>διεθνές</b> επίπεδο	17,3%			
Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φ/β σε <b>εγχώριο</b> επίπεδο	1,9%			
Αύξηση της σωρευμένης πείρας, μέσω της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος φ/β εγκαταστάσεων <b>στην Ελλάδα</b>	9,6%			
Τεχνολογικά επιτεύγματα στη βιομηχανία κρυσταλλικού πυριτίου εξαιτίας επενδύσεων ανεξάρτητων από την εγχώρια και διεθνή βιομηχανία φ/β	18,3%			
Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στη <b>διεθνή</b> φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων	44,2%			
Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στην <b>εγχώρια</b> φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων	5,1%			
Άλλος Λόγος (Παγκόσμιος Ανταγωνισμός / Κινέζικη εμπορική πολιτική)	3,6%			

**Ερώτηση 6.** Σε ποιους λόγους οφείλεται, κατά τη γνώμη σας, η μείωση του κόστους των λοιπών υλικών (π.χ. inverters, πίνακες, βάσεις στήριξης, κ.τ.λ.) μιας φ/β εγκατάστασης, στην ελληνική αγορά; Παρακαλείσθε στις απαντήσεις που θα επιλέξετε να σημειώσετε και το ποσοστό συμβολής κάθε μίας στην ως άνω μείωση του κόστους (το άθροισμα θα πρέπει να είναι 100%).

	Μέσος Όρος (%)	Αρχική Εκτίμηση (%)	Διαφορά από Μέσο Όρο (σε ποσοστιαίες μονάδες)	Νέα Εκτίμηση (%)
Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φ/β σε <b>διεθνές</b> επίπεδο	24,9%			
Εταιρικές δαπάνες/ επενδύσεις σε Έρευνα και Τεχνολογία στον τομέα των φ/β σε <b>εγχώριο</b> επίπεδο	6,5%			
Αύξηση της σωρευμένης πείρας, μέσω της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος φ/β εγκαταστάσεων <b>στην Ελλάδα</b>	15,3%			
Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στη <b>διεθνή</b> φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων	15,2%			
Επίτευξη οικονομιών κλίμακας στην <b>εγχώρια</b> φ/β βιομηχανία ως αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των παραγωγικών μονάδων	34,7%			
Άλλος Λόγος (Παγκόσμιος Ανταγωνισμός)	1,8%			
Άλλος Λόγος (Εσωτερικός Ανταγωνισμός)	0,9%			
Άλλος Λόγος (Εκπτώση στην ποιότητα κατασκευών)	0,8%			