

ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



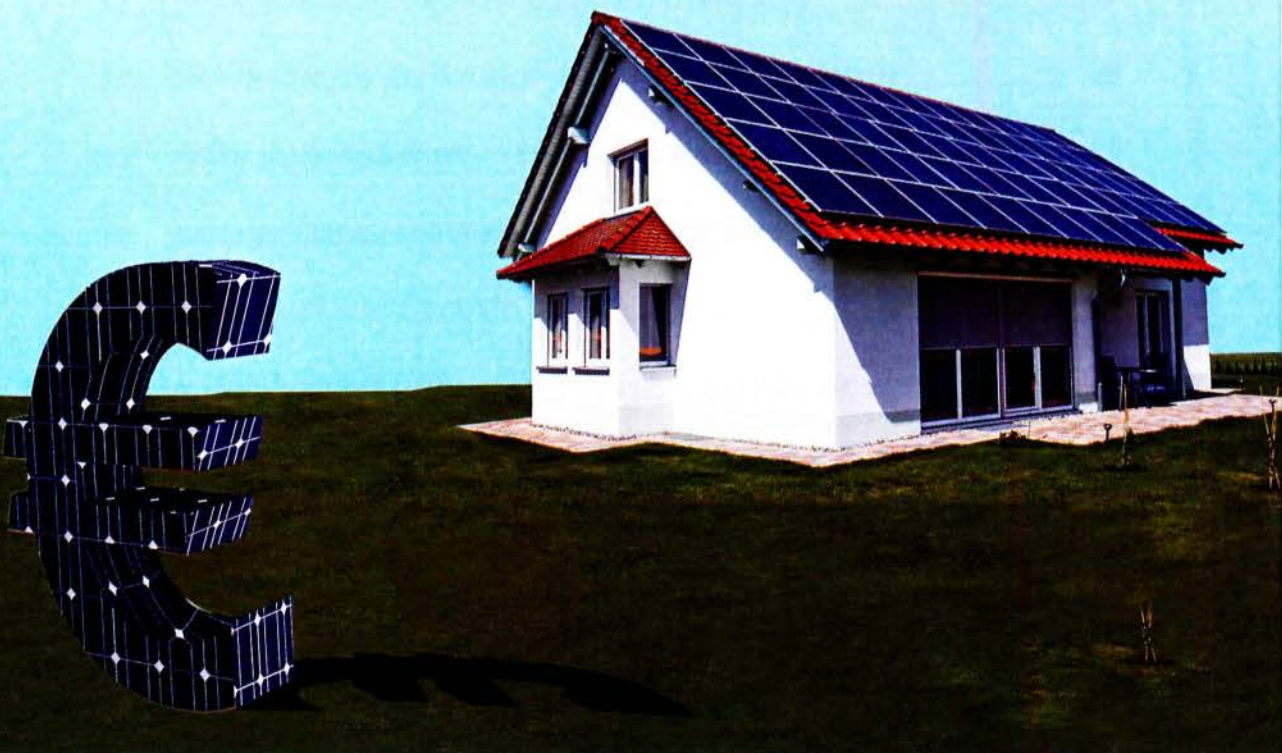
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΗΧ
703

Οικονομική Ανάλυση Κύκλου Ζωής Αυτόνομου Φωτοβολταϊκού Σταθμού στην Ελλάδα

Σπουδαστής
Πάτσης Δημήτριος

Εισηγητής Καθηγητής
Καλδέλλης Ιωάννης



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ- ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ	4
1.1 <i>Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΓΟΡΑ</i>	4
1.2 <i>Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ</i>	12
2. ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	15
2.1 <i>ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Φ/Β ΓΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</i>	15
2.2 <i>ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΩΛΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Φ/Β</i>	16
3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	17
3.1 <i>ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ (Φ/Β) ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ</i>	17
3.2 <i>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ</i>	18
3.3 <i>ΤΥΠΟΙ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΩΝ – ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ</i>	19
3.4 <i>ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ</i>	20
3.5 <i>ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ</i>	21
3.6 <i>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΑΠΕ (ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ)</i>	23

3.7.	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	25
3.8.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ 25	
3.9.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	27
3.10.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	28
3.10.1.	ΠΡΩΤΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	28
3.10.2.	ΔΕΥΤΕΡΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ	30
3.11.	ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ.....	31
4.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ	32
4.1.	ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	32
4.2.	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ – ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	43
4.3.	ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	60
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61



1. ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ- ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ

1.1 Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΓΟΡΑ

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών βρίσκεται σήμερα πάνω από το όριο των 2.000 MW. Εκτιμάται ότι το 2012, η εγκατεστημένη ισχύς των Φ/Β θα ξεπεράσει διεθνώς τα 10.000 MW. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται τόσο στους σημερινούς ρυθμούς ανάπτυξης, όσο και στους στόχους που έχουν θέσει κατά καιρούς διάφορες κυβερνήσεις.

Συγκεκριμένα, η Ευρωπαϊκή Ένωση, στη Λευκή Βίβλο για τις ΑΠΕ, έχει θέσει ως στόχο τα 3.000 MW ως το 2012, η Ιαπωνία τα 5.000 MW, οι ΗΠΑ τα 2.000 MW, ενώ εκτιμάται ότι οι υπόλοιπες χώρες θα εγκαταστήσουν περί τα 1.200 MW¹.

Προς το παρόν, οι ρυθμοί της ΕΕ υπολείπονται των στόχων της Λευκής Βίβλου, αν και οι πρόσφατες αποφάσεις διαφόρων ευρωπαϊκών κυβερνήσεων (με χαρακτηριστικότερο το παράδειγμα της Βρετανίας) να ενισχύσουν την ανάπτυξη των Φ/Β, θα βοηθήσουν σε μεγάλο βαθμό την επίτευξη του κοινοτικού στόχου. Ακόμη πάντως κι αν οι στόχοι της ΕΕ επιτευχθούν μερικώς, η συνολική εκτίμηση για 10.000 MW διεθνώς το 2012 παραμένει ρεαλιστική².

Ως το 2005, η πλειοψηφία των εγκατεστημένων Φ/Β αφορούσε σε αυτόνομα (stand-alone) συστήματα. Τα τελευταία χρόνια όμως η αγορά αλλάζει υπέρ των διασυνδεδεμένων στο δίκτυο (grid-connected) συστημάτων³.

Ενώ το 2001 μόνο το 20% των εγκατεστημένων συστημάτων ήταν διασυνδεδεμένα στο δίκτυο, το 2008 το ποσοστό τους ξεπέρασε το 50%. Τα διασυνδεδεμένα συστήματα γνώρισαν μια εντυπωσιακή αύξηση το 2009 (περίπου 50% σε σχέση με το 2008).

Τα περισσότερα μάλιστα από τα συστήματα αυτά αφορούν εφαρμογές στον κτιριακό τομέα, μια τάση που ενισχύεται από προγράμματα ενίσχυσης των Φ/Β (BIPV, Building Integrated Photovoltaic) σε πολλές χώρες (π.χ. Ιαπωνία, Γερμανία, Ολλανδία, ΗΠΑ, κ.λ.π).

Αντίθετα, οι κεντρικοί ηλιακοί σταθμοί (ηλιακά πάρκα) γνώρισαν μικρή μόνο αύξηση τα

¹ Ecotec.,(2008), The energy market, ECOTEC

² Business Communications Company Inc.,(2009)

³ Earth Policy Institute 2009, EPIA-Greenpeace 2001, IEA 2009b, SolarAccess.com 2009a

τελευταία χρόνια (χαρακτηριστικό παράδειγμα η Ελλάδα με εγκατάσταση μερικών εκατοντάδων κιλοβάτ σε ηλιακά πάρκα στην Κρήτη).

Σε ότι αφορά τα εγκατεστημένα συστήματα, αυτό ποικίλει από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τη στρατηγική ανάπτυξης που έχει επιλέξει η κάθε μια από αυτές. Στη Γερμανία π.χ. το μέσο σύστημα που εγκαταστάθηκε το 2005 είχε ισχύ 5,18 KWp (έναντι 2,5 KWp που ήταν το μέσο μέγεθος το 1999), ενώ στην Ολλανδία προωθούνται κυρίως μικρά grid-connected συστήματα (κάτω από 400 Wp, αν και στη χώρα αυτή εγκαταστάθηκε τον Φεβρουάριο του 2005 το μεγαλύτερο ως τότε roof-top σύστημα στον κόσμο ισχύος 2,3 MWp).

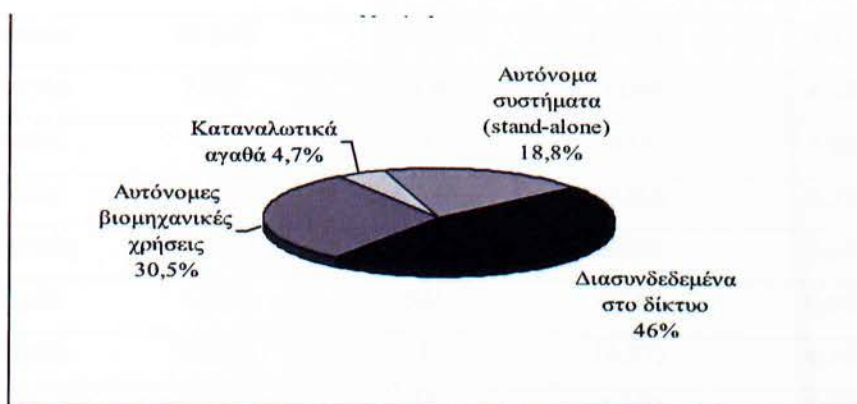
Στη Γερμανία, αναπτύσσονται επίσης ευρέως τα μεγάλα roof-top συστήματα (το 2008 εγκαταστάθηκαν πάνω από 100 τέτοια συστήματα ισχύος 50-120 KWp σε βιομηχανικές και εμπορικές εγκαταστάσεις).

Στην ίδια χώρα, όπως και στην Ιαπωνία, ιδιαίτερη ανάπτυξη γνωρίζουν επίσης οι ηλιακές προσόψεις (PV façades), ενώ δίνεται πλέον μεγάλη προσοχή στην αισθητικά άψογη ενσωμάτωση των Φ/Β στο κέλυφος των κτιρίων και στον περιβάλλοντα χώρο.

Σε κάποιες άλλες χώρες όπως η Γαλλία, το Μεξικό, η Νορβηγία, η Φινλανδία, η Σουηδία, το Καναδά, το Ισραήλ, η Κορέα, κ.λ.π, πάνω από 90% των εγκατεστημένων συστημάτων είναι αυτόνομα και εξυπηρετούν κυρίως ανάγκες απομακρυσμένων αγροτικών περιοχών και τις τηλεπικοινωνίες⁴.

Το παρακάτω διάγραμμα συνοψίζει την κατανομή της παγκόσμιας αγοράς για το 2006.

⁴ EPIA-Greenpeace, 2007



ΣΧΗΜΑ 1

Ο παρακάτω πίνακας δίνει λεπτομερή στοιχεία για την κατάσταση σε 20 χώρες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα PVPS της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας, καθώς και για την Ελλάδα. Τα στοιχεία αφορούν το έτος 2008.

Συνολική εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β (2008)				
Χώρα	Αυτόνομα συστήματα (kW)	Διασυνδεδεμένα στο δίκτυο (kW)	Σύνολο (kW)	Εγκατεστημένη ισχύς ανά κάτοικο (W ανά κάτοικο)
Αυστραλία	30.170	3.450	33.580	1,72
Αυστρία	1.955	4.681	6.636	0,81
Βρετανία	520	2.226	2.746	0,05
Γαλλία	12.884	972	13.856	0,23
Γερμανία	16.700	178.000	194.700	2,34
Δανία	210	1.290	1.500	0,28
Ελβετία	2.700	14.900	17.600	2,42
Ελλάδα	785	785	1.570	0,14
ΗΠΑ	115.200	52.600	167.800	0,60

Ιαπωνία	69.560	382.670	452.230	3,57
Ισπανία	7.000	2.080	9.080	0,23
Ισραήλ	453	20	473	0,08
Ιταλία	11.650	8.350	20.000	0,35
Καναδάς	8484	352	8.836	0,28
Κορέα	4.233	524	4.757	0,10
Μεξικό	14.963	9	14.972	0,15
Νορβηγία	6.145	65	6.210	1,38
Ολλανδία	4.330	16.179	20.509	1,28
Πορτογαλία	660	268	928	0,09
Σουηδία	2.883	149	3.032	0,34
Φινλανδία	2.641	127	2.758	0,53

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Πηγή: IEA, 2009

Μόνο στις χώρες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα PVPS της IEA, η βιομηχανία Φ/Β απασχολεί σήμερα πάνω από 21.000 άτομα στους τομείς της κατασκευής, εμπορίας και εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις θέσεις εργασίας ανά τομέα σε 15 χώρες⁵.

⁵ IEA, 2009

Θέσεις εργασίας στη βιομηχανία φωτοβολταϊκών (επιλεγμένες χώρες 2008)				
Χώρα	Έρευνα και Ανάπτυξη	Παραγωγή Φ/Β	Λοιπές θέσεις εργασίας στον κλάδο	Σύνολο
Αυστραλία	30	320	250	600
Αυστρία	-	-	-	475
Βρετανία	65	170	125	360
Γαλλία	65	320	170	555
Γερμανία	460	2.200	3.340	6.000
Δανία	8	15	10	33
Ελβετία	130	5	350	485
Ιαπωνία	300	1.700	2.000	4.000
Ιταλία	110	75	300	485
Καναδάς	40	75	160	275
Κορέα	42	77	32	151
Νορβηγία	14	140	12	166
Ολλανδία	140	300	160	600
Σουηδία	23	84	13	120
Φινλανδία	15	20	50	85

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Η αμερικανική βιομηχανία φωτοβολταϊκών από την πλευρά της εκτιμά ότι στον ευρύτερο χώρο που άπτεται των Φ/Β απασχολούνται μόνο στις ΗΠΑ περί τα 20.000 άτομα και ευελπιστεί να αυξήσει τον αριθμό στις 150.000 ως το 2020⁶.

Εκατό χιλιάδες θέσεις εργασίας εκτιμά πως θα δημιουργήσει η ΕΕ με την επίτευξη του

⁶ US Photovoltaic Industry, 2009

στόχου για παραγωγή και εγκατάσταση 3.000 MW Φ/Β ως το 2010, σύμφωνα με τη Λευκή Βίβλο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας⁷.

Σε ότι αφορά τη μελλοντική ανάπτυξη της βιομηχανίας, εκτιμάται ότι για κάθε νέο MW την περίοδο 2000-2010 δημιουργήθηκαν περίπου 50 νέες θέσεις εργασίας [20 στην κατασκευή Φ/Β και 30 στην εμπορία, εγκατάσταση και στην παροχή των συναφών υπηρεσιών. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τις άμεσες θέσεις εργασίας που δημιουργούνται ετησίως ανά εκατομμύριο επενδεδυμένων δολαρίων σε διάφορους ενεργειακούς κλάδους⁸.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1. Πηγή: Ecotec.,(2008), *The energy market, ECOTEC*

Σε ότι αφορά το κόστος εγκατάστασης ενός Φ/Β συστήματος, αυτό ποικίλλει ανάλογα με την εφαρμογή και την διαθέσιμη ηλιοφάνεια. Ιστορικά, το κόστος των Φ/Β πλαισίων μειώνεται κατά 4-5% ετησίως την τελευταία εικοσαετία. Κάθε φορά που διπλασιάζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς, έχουμε μείωση του κόστους κατά 18%..

Τα αυτόνομα συστήματα είναι ακριβότερα από τα διασυνδεδεμένα λόγω κυρίως του επιπλέον κόστους των συσσωρευτών που απαιτούνται στην περίπτωση των πρώτων. Σε ότι

⁷ Ecotec.,(2008), *The energy market, ECOTEC*

⁸ Ecotec.,(2008), *The energy market, ECOTEC*

αφορά τα αυτόνομα συστήματα, οι διεθνείς τιμές κυμάνθηκαν το 2008 από 7.000 έως 19.000 \$/kW για συστήματα ως 1 KWr, και από 8.000 έως 24.000 \$/kW για μεγαλύτερα συστήματα.

Στην Ελλάδα, το εύρος των τιμών κυμαίνεται επίσης από 7.000 έως 24.000 €/kW (οι μεγάλες διαφορές οφείλονται στις ιδιαιτερότητες κάθε έργου), ενώ μια τυπική τιμή για ένα αυτόνομο σύστημα ισχύος 1 KWr είναι περί τα 11.000-12.000 € (τιμές Ιανουαρίου 2009).

Σε ότι αφορά στα διασυνδεδεμένα συστήματα, το κόστος ποικίλλει ανάλογα με την εφαρμογή και τις συνθήκες κάθε χώρας. Έτσι οι τιμές κυμαίνονται από 4.000-14.000 \$/kW, (τιμές 2009) αν και στις πιο ώριμες αγορές οι συνήθεις τιμές κυμάνθηκαν το 2008 κάτω από τα 8.000 €/kW (IEA, 2009). Στην Ελλάδα, το εύρος των τιμών για την αγορά και σύνδεση Φ/Β με το δίκτυο της ΔΕΗ κυμαίνεται από 6.000 έως 10.500 €/kW, ανάλογα με το μέγεθος και τις ιδιαιτερότητες της εφαρμογής (τυπική τιμή για το 2008, 9.000 €/kW).

Το ρεκόρ κατέχει προς το παρόν το πρόγραμμα City of the Sun της Ολλανδίας με τιμές 4.000 \$/kW (τιμές 2009). Η εγκατάσταση του μεγαλύτερου συστήματος στον κόσμο (4 MW), που ολοκληρώθηκε στη Γερμανία στα τέλη του 2008, κόστισε 4.400 €/kW⁹.

Στην Ιαπωνία, χάρη στο δυναμικό πρόγραμμα ενίσχυσης των Φ/Β που εφαρμόζεται, το κόστος των συστημάτων μειώθηκε κατά 75% την τελευταία πενταετία. Η εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου συστήματος στην Ιαπωνία κόστιζε το 2007 κατά μέσο όρο 6.000 \$/kW, ενώ στόχος είναι τα 3.000 \$/kW ως το 2009¹⁰.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει ενδεικτικές τυπικές τιμές αγοράς και εγκατάστασης συστημάτων (τιμές χωρίς ΦΠΑ) για επιλεγμένες χώρες το 2008.

⁹ PHOTON International, 2009

¹⁰ Photon International, 2009

Κόστος αγοράς και εγκατάστασης Φ/Β(σε επιλεγμένες χώρες 2008)				
Χώρα	Αυτόνομα συστήματα		Διασυνδεδεμένα συστήματα	
	< 1 kW (US \$/W)	> 1 kW (US \$/W)	< 10 kW (US \$/W)	> 10 kW (US \$/W)
Αυστραλία	11,7	9,4	7,1	6,3
Αυστρία	-	-	6,8	6,2
Βρετανία	14	11,9	10,6	9,4
Γαλλία	12,8	19,6	-	-
Γερμανία	7	7,8	5,5	4,7
Δανία	9,2	20	6,9	10,9
Ελβετία	11,3	9	7	6,1
Ελλάδα	11(7-24 ανάλογα με την ισχύ και τις ιδιαιτερότητες)		9 (6-10,5 ανάλογα με την ισχύ)	
ΗΠΑ	18,5	16	10	8,5
Ιαπωνία	-	-	6	7,6
Ιταλία	11,5	11,1	6,3	6,1
Κορέα	18,1	17,4	11,5	10,3
Μεξικό	13,3	-	-	-
Νορβηγία	10,7	10,7	-	-
Ολλανδία	-	-	5,6	5,3
Σουηδία	16,6	-	6,2	-
Φινλανδία	13,2	-	6,8	6,8

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.Πηγή: IEA 2009, Photon International 2009

Το ανοιγμένο κόστος της κιλοβατώρας που παράγεται από Φ/Β κυμαίνεται διεθνώς από 0,25 έως 1\$¹¹. Στην Ελλάδα, το μέσο ανοιγμένο κόστος της ηλιακής κιλοβατώρας για διασυνδεδεμένα συστήματα είναι περίπου 0,6 € (υποθέτοντας μέση παραγωγή 1.300 kWh/kW, διάρκεια ζωής του συστήματος 20 χρόνια και προεξοφλητικό επιτόκιο 6%). Φυσικά το κόστος αυτό ποικίλλει ανάλογα με τη φύση του συστήματος (αυτόνομο ή διασυνδεδεμένο) και την κλιματική ζώνη που εγκαθίσταται το σύστημα.

1.2 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ

Η αγορά των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα είναι σε εμβρυακή κατάσταση. Ελάχιστες αποκεντρωμένες εφαρμογές μετά βίας συντηρούν εταιρίες που δραστηριοποιούνται στον κλάδο.

Κι αυτό παρόλες τις άριστες καιρικές συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας. Η σχετική έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τίτλο Photovoltaic 2010 αναφέρει πως το δυναμικό των Φ/Β σε οικιακές εφαρμογές αρκεί για να καλύψει το 25-30% των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρισμό (κι αυτό λαμβάνοντας υπ' όψη μόνο τα κατάλληλα για μια τέτοια χρήση κτίρια)¹².

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση Φ/Β σε ηχοπετάσματα σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας και κατά μήκος σιδηροδρομικών γραμμών. Συνήθως τα συστήματα αυτά είναι ισχύος λίγων δεκάδων ή και εκατοντάδων kW.

Περί τις 40 εταιρίες δραστηριοποιούνται σήμερα στο χώρο (εμπορία Φ/Β και συναφών συστημάτων, μελέτες, εγκατάσταση, κ.λ.π). Οι μεγαλύτερες εταιρίες του κλάδου εγκαθιστούν μόλις 20-250 kW το χρόνο, ενώ η σημερινή δυναμική της ελληνικής αγοράς απορροφά λίγες εκατοντάδες KW ετησίως, ισχύ πολύ μικρή συγκρινόμενη με το δυναμικό της χώρας, αλλά και τις εξελίξεις σε άλλες χώρες.

Μέχρι και το 2000, στην ελληνική αγορά κυριαρχούσαν τα αυτόνομα συστήματα. Τα πρώτα διασυνδεδεμένα συστήματα σε κτιριακές εφαρμογές εγκαταστάθηκαν μόλις την τελευταία πενταετία, ενώ το 2001, χάρη στις επιδοτήσεις του Επιχειρησιακού Προγράμματος

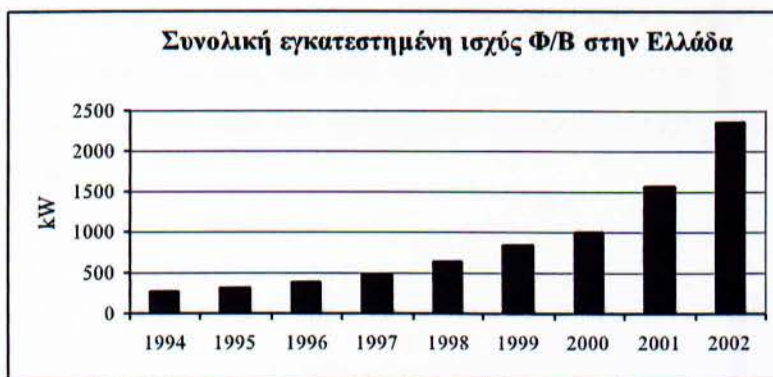
¹¹ EPIA-Greenpeace, 2010

¹² European Commission, 2010

Ενέργειας του Υπουργείου Ανάπτυξης, εγκαταστάθηκαν μερικές εκατοντάδες κιλοβάτ διασυνδεδεμένων σε ηλιακές εφαρμογές στην Κρήτη.

Τα στοιχεία για την ελληνική αγορά είναι ελλιπή και γι' αυτό όχι ιδιαίτερα αξιόπιστα. Κι' αυτό γιατί ένα ποσοστό των συστημάτων εγκαθίσταται σε αυθαίρετες κατοικίες, ενώ αρκετά από τα διασυνδεδεμένα συστήματα δεν έχουν δηλωθεί καν στη ΔΕΗ.

Μόλις πρόσφατα ξεκαθάρισε το πρωτόκολλο σύνδεσης συστημάτων με το δίκτυο της ΔΕΗ. Τα στοιχεία που δίνονται παρακάτω προέρχονται από εκτιμήσεις του ΣΕΦ και του ΚΑΠΕ, συμπληρωμένα με στοιχεία της ΡΑΕ, της ICAP και παραγόντων της αγοράς¹³.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2

Στα τέλη του 2009, η ισχύς των εγκατεστημένων Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα εκτιμάται ότι ήταν 2.365 KWp (0,22 W ανά κάτοικο ή περίπου 0,12% της παγκόσμιας αγοράς).

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει το μερίδιο αγοράς των διαφόρων Φ/Β εφαρμογών:

Μερίδιο αγοράς Φ/Β εφαρμογών (2009)		
Τύποι Φ/Β εφαρμογών	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Μερίδιο αγοράς (%)
Διασυνδεδεμένο στο δίκτυο	1.039	44
Αυτόνομα συστήματα	1.326	56
ΣΥΝΟΛΟ	2.365	100

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

¹³ Μαυρογιάννης et al 2008, European Commission 2008, Zachariou and Protogeropoulos 2001, Ζαχαρίου και Πρωτογερόπουλος 2009, ICAP-ΔΗΛΟΣ

Όπως αναφέρθηκε, το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των Φ/Β στην Ελλάδα κυμαίνεται σήμερα από 6.000 έως 10.500 €/KWp (τυπική τιμή 9.000 €/KWp) για τα διασυνδεδεμένα συστήματα, και κατά μέσο όρο 11.000 €/KWp για τα αυτόνομα, αν και σε ειδικές περιπτώσεις, το κόστος μπορεί να ποικίλλει σημαντικά.

Παρ' όλη τη μικρή ζωτικότητα της αγοράς, και παρ' όλη τη δυσμενή επίπτωση που είχαν στις τιμές οι αυξημένες ισοτιμίες δολαρίου-Ευρώ, τα κόστη αυτά είναι χαμηλότερα από το πρόσφατο παρελθόν. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του ΕΠΕ το μέσο κόστος των έργων Φ/Β ήταν περίπου 12.000 €/KWp.

Κατά μέσο όρο πάντως μπορούμε να πούμε ότι τα τελευταία 4-5 χρόνια υπήρξε μια πραγματική μείωση του μέσου κόστους των Φ/Β κατά 15% περίπου. Ακόμη κι αν ένα μέρος αυτής της μείωσης εξανεμίστηκε από τον πληθωρισμό, σήμερα ο καταναλωτής πληρώνει περίπου 1 €/W λιγότερο

2. ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Τα Φ/Β ενισχύονται στα πλαίσια της γενικότερης πολιτικής για την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Η πολιτική αυτή καθορίζεται από το εξής θεσμικό πλαίσιο:

Νομοθεσία για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Ν. 2773/99, Ν. 2244/94, Υ.Α. 8295/95 και σχετικές προς αυτά διατάξεις και εγκύκλιοι).

Αναπτυξιακός νόμος 2601/98.

Κοινοτική Οδηγία 2001/77/ΕΚ για τις ΑΠΕ, η οποία καθορίζει ως ενδεικτικό στόχο για την Ελλάδα την κάλυψη του 20,1% των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ ως το 2010.

2.1. ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Φ/Β ΓΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η επιδότηση αυτή δίνεται είτε από τα σχετικά προγράμματα του Υπουργείου Ανάπτυξης (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας [ΕΠΕ] 1995-1999, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητα είτε μέσω του αναπτυξιακού νόμου¹⁴.

Στην περίπτωση του ΕΠΕ υπήρξαν τρεις προκηρύξεις μέσω των οποίων επιδοτήθηκαν εφαρμογές Φ/Β με ποσοστά επιδότησης 55-70% του κόστους της επένδυσης. Στο τρέχον ΕΠΑΝ (Β' φάση), το ποσοστό επιδότησης είναι σημαντικά μικρότερο (40-50% ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή). Τα κίνητρα αυτά δεν ισχύουν προς το παρόν για τον οικιακό τομέα.

Ο αναπτυξιακός νόμος στηρίζει εφαρμογές Φ/Β παρέχοντας τα εξής πακέτα κινήτρων (ο επενδυτής επιλέγει τον ένα ή τον άλλο τρόπο ενίσχυσης, όχι και τους δύο ταυτόχρονα).

- A.** Επιχορήγηση κεφαλαίου: 40% του συνολικού κόστους επένδυσης
Επιδότηση επιτοκίου: 40% του επιτοκίου δανεισμού για επένδυση σε Φ/Β
Επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης: 40%
- B.** Φορολογική απαλλαγή: 100% του συνολικού κόστους επένδυσης
Επιδότηση επιτοκίου: 40% του επιτοκίου δανεισμού για επένδυση σε Φ/Β
Τα κίνητρα

¹⁴ ΕΠΑΝ,(2006)

αυτά του αναπτυξιακού νόμου είναι υπό συζήτηση, αφού αναμένεται να ψηφιστεί ένας νέος αναπτυξιακός νόμος ο οποίος ισχύει από το 2003.

2.2. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΩΛΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Φ/Β

Το τρέχον σύστημα τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ που καθιερώθηκε από τους Ν. 2244/94 και 2773/99 διαφοροποιεί τις τιμές ανάλογα με το αν η παραγωγή από Φ/Β γίνεται στο ηπειρωτικό σύστημα ή στα μη διασυνδεδεμένα νησιά και ανάλογα με το αν η ενέργεια προέρχεται από ανεξάρτητο παραγωγό ή αυτοπαραγωγό. Οι ισχύουσες σήμερα τιμές κυμαίνονται από 0,06 €/kWh για τους αυτοπαραγωγούς, έως 0,078 €/kWh για τους ανεξάρτητους παραγωγούς στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Αξίζει εδώ να αναφέρουμε μια σειρά από πρόσφατες ρυθμίσεις που διευκολύνουν σε ένα βαθμό τη σύνδεση των Φ/Β στο δίκτυο και η απουσία των οποίων δημιούργησε πολλά γραφειοκρατικά προβλήματα στο παρελθόν.

Σύμφωνα με το Ν. 2244/94, τα Φ/Β νοούνται μόνο ως ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Ως εκ τούτου για την εγκατάσταση ηλιακών σταθμών δεν απαιτείται η έκδοση οικοδομικής άδειας (με εξαίρεση φυσικά τις άδειες για τυχόν οικίσκους στους οποίους τοποθετούνται οι ηλεκτρονικές διατάξεις των σταθμών).

Για τα συστήματα κάτω των 20 KWp δεν απαιτείται επίσης άδεια εγκατάστασης και λειτουργίας. Να τονίσουμε όμως εδώ ότι το όριο των 20 KWp είναι πολύ μικρό για να καλύψει τις σύγχρονες ανάγκες. Σε άλλες χώρες είναι πλέον συνήθη τα συστήματα αρκετών δεκάδων ή και εκατοντάδων kW σε στέγες και προσόψεις κτιρίων.

Απαιτείται συνεπώς μια αναπροσαρμογή προς τα πάνω του ορίου ισχύος για το οποίο δεν θα απαιτείται άδεια εγκατάστασης και λειτουργίας, προκειμένου να απλοποιηθούν οι διαδικασίες και να διευκολυνθεί η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών.

Σύμφωνα με τη ΔΕΗ, Φ/Β συστήματα ισχύος μικρότερης των 100 KWp συνδέονται στη χαμηλή τάση. Για τη διασύνδεση του Φ/Β συστήματος με το δίκτυο, η ΔΕΗ απαιτεί την εγκατάσταση μετρητικού συστήματος διπλής εγγραφής (εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας). Κι αυτό γιατί γίνεται χρηματικός και όχι ενεργειακός συμψηφισμός (δεν ισχύει δηλαδή το net-metering).

Με την ουσιαστική έναρξη των επιδοτήσεων ο ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης της αγοράς

Φ/Β ανέβηκε στο 30-50%. Δεδομένης όμως της αναξιοπιστίας των υπαρχόντων στοιχείων για την εγκατεστημένη ισχύ, θα πρέπει κανείς να αξιοποιήσει αυτή τη στατιστική με επιφυλάξεις.

Σε ότι αφορά την αποτίμηση της ηλιακής κλιματώρας, αυτή αντιμετωπίζεται όπως και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από πιο ώριμες και ανταγωνιστικές τεχνολογίες, με αποτέλεσμα ο καταναλωτής να μη κάνει ουσιαστικά απόσβεση του συστήματος (σε περίπτωση βέβαια που επιλέξει τη σύνδεση με το δίκτυο).

Κατ' αυτή την έννοια, ο χρηματικός συμψηφισμός εισερχόμενης και εξερχόμενης κλιματώρας δεν αποτελεί ισχυρό κίνητρο για τον καταναλωτή, αλλά απλώς διασφαλίζει ότι εξοικονομεί ένα μικρό χρηματικό ποσό ετησίως. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως, με τις σημερινές τιμές αγοράς και εγκατάστασης Φ/Β, για να αποσβέσει κανείς το σύστημα σε μια εικοσαετία, απαιτείται είτε επιδότηση 50% συν επιδότηση κλιματώρας ίση με 0,3 € ή ισοδύναμα επιδότηση κλιματώρας ίση με 0,6 € για μια εικοσαετία.

3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

3.1. ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ (Φ/Β) ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα Φ/Β συστήματα ανάλογα με την δομή τους διακρίνονται σε τρεις γενικότερες κατηγορίες :

- 1) Στα μεμονωμένα – αυτόνομα συστήματα (stand alone – autonomous systems)
- 2) Στα διασυνδεδεμένα συστήματα με το ηλεκτρικό δίκτυο (grid – connected systems)
- 3) Στα υβριδικά – αυτόνομα συστήματα (hybrid – autonomous systems)

Υπάρχουν βέβαια αρκετοί παράγοντες που καθορίζουν τον τύπο του Φ/Β συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση (άρα και τον ιδιαίτερο συμπληρωματικό εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί και πως αυτός ο εξοπλισμός θα διαταχθεί στο όλο σύστημα). Το ποσό της ισχύος που απαιτείται να παραχθεί είναι μόνο ένας από τους παράγοντες που θα πρέπει να εξεταστεί. Η τοποθεσία στην οποία βρίσκεται το σύστημα , τα οικονομικά μεγέθη στα οποία θα πρέπει να κινηθεί η επένδυση, η απόσταση των φορτίων από την ηλιογεννήτρια καθώς και ο τύπος των φορτίων και η συχνότητα στην οποία αυτά λειτουργούν θα πρέπει επίσης να

λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή ενός από τα τρία είδη των Φ/Β συστημάτων, καθώς και για τον καθορισμό του μεγέθους του.

Ακόμα δεν θα πρέπει να αγνοείται σε καμία περίπτωση ότι η αύξηση του συμπληρωματικού εξοπλισμού (BOS), πέρα από την ηλιογεννήτρια δημιουργεί ένα σύστημα με μικρότερη αξιοπιστία λόγω ενδεχόμενης αποτυχίας του εξοπλισμού αυτού, αυξάνει τις απώλειες λόγω της μη τέλει απόδοσης του εξοπλισμού, αυξάνει το κόστος του συστήματος, αλλά γενικά μειώνει το κόστος για να επιτευχθεί μια δοθείσα διαθεσιμότητα και βελτιώνει σημαντικά το ταίριασμα μεταξύ των ποικίλων ηλεκτρικών διατάξεων. Επιπλέον δεν θα πρέπει να αγνοείται ότι όσο μεγαλύτερη απόδοση έχουν οι ηλεκτρικές αυτές διατάξεις τόσο μικρότερο γίνεται το κόστος του Φ/Β συστήματος και ότι προσθέτοντας επιπρόσθετες πηγές ενέργειας αυξάνει η διαθεσιμότητα του σε ηλεκτρική ισχύς.

3.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Με τον όρο μεμονωμένο - αυτόνομο (standalone – autonomous) Φ/Β σύστημα ορίζεται εκείνο το Φ/Β σύστημα που λειτουργεί αυτοδύναμα για την τροφοδότηση καθορισμένων καταναλώσεων, χωρίς να συνδέεται σε διασυνδεδεμένα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και με επιπρόσθετες βοηθητικές πηγές ηλεκτροπαραγωγής πέρα από την ηλιογεννήτρια. Το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ενέργεια, με βασικότερα πλεονεκτήματα την απουσία κινούμενων μερών και την ενεργειακή τους αυτονομία.

Η κύρια εφαρμογή ενός μεμονωμένου - αυτόνομου Φ/Β συστήματος είναι σε απόμακρες περιοχές όπου οι γραμμές του ηλεκτρικού δικτύου δεν μπορούν να εγκατασταθούν είτε λόγω δυσκολιών του εδάφους είτε απλά είναι οικονομικά ασύμφορο να γίνει κάτι τέτοιο (σύμφωνα με στοιχεία περισσότεροι από δύο τρισεκατομμύρια άνθρωποι διεθνώς ζουν σε χωριά τα οποία δεν είναι ακόμα συνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο) .

Ακόμα, τόσο στις απόμακρες αυτές περιοχές όσο και κοντά στο ηλεκτρικό δίκτυο μπορεί να επιλεγεί η εγκατάσταση ενός τέτοιου Φ/Β συστήματος ικανοποιώντας την ανάγκη για ελάττωση των καυσαερίων που δημιουργούν οι κλασσικοί τρόποι ηλεκτροπαραγωγής, αφού η ηλιακή ενέργεια

εκτός από τεχνικά αξιόπιστη (μπορεί να γίνει και οικονομικά βιώσιμη λύση, γεγονός που θα μπορούσε να την κάνει ανταγωνιστική προς τις συμβατικές πηγές ενέργειας) είναι μαζί με τις υπόλοιπες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και την Εξοικονόμηση Ενέργειας, μία από τις λίγες λύσεις για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και των κλιματικών αλλαγών.

3.3. ΤΥΠΟΙ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΩΝ – ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα μεμονωμένα - αυτόνομα Φ/Β συστήματα μπορούν να διακριθούν σε :

A) Ευθέως συνδεδεμένα συστήματα συνεχούς ρεύματος (Σ.Ρ.): Πρόκειται για τον απλούστερο τύπο μεμονωμένου - αυτόνομου Φ/Β συστήματος αφού η Φ/Β γεννήτρια συνδέεται ευθέως με τα φορτία Σ.Ρ. χωρίς τη μεσολάβηση συμπληρωματικού εξοπλισμού και βρίσκει εφαρμογή κυρίως στην άντληση νερού, σε συστήματα εξαερισμού κ.α. Όπως είναι φυσικό λόγω του μικρότερου αριθμού επιπρόσθετων υποσυστημάτων σε σχέση με τα υπόλοιπα μεμονωμένα - αυτόνομα Φ/Β συστήματα, έχει το μικρότερο κόστος και την μεγαλύτερη αξιοπιστία. Φυσικά ένα τέτοιο σύστημα για να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδότηση ενός συγκεκριμένου φορτίου θα πρέπει το εν λόγω φορτίο να μπορεί να τροφοδοτηθεί με Σ.Ρ. , να μην είναι ευαίσθητο σε μεταβολές της τάσης και της έντασης εισόδου του και να είναι ικανό να αντέξει ενδεχόμενη χαμηλή διαθεσιμότητα.

B) Συστήματα Σ.Ρ. με αποθήκευση ενέργειας: Πρόκειται για τον περισσότερο συνήθη τύπο μεμονωμένου - αυτόνομου Φ/Β συστήματος κατά τα πρώτα χρόνια λειτουργίας και αξιοποίησης των Φ/Β συστημάτων που αποτελείται από την Φ/Β γεννήτρια, τον ελεγκτή φόρτισης, την μπαταρία και το φορτίο Σ.Ρ. Ο τύπος αυτός μεμονωμένου - αυτόνομου Φ/Β συστήματος βρίσκει εκτεταμένη εφαρμογή σε μικρότερα ή ειδικού σκοπού Φ/Β συστήματα όπως σε μικρές οικιακές συσκευές, ειδικά εργοστασιακά συστήματα, τροχόσπιτα κ.α. Φυσικά όλες οι συσκευές που τροφοδοτούνται από ένα τέτοιο σύστημα είναι φορτία Σ.Ρ. που η απόδοσή τους είναι μεγαλύτερη από αυτή των συνηθισμένων συσκευών. Τέλος λόγω των συνδέσεων Σ.Ρ. υψηλής τάσης απαιτείται διαφορετικός τύπος καλωδίωσης και ασφαλειών από τα υπόλοιπα Φ/Β συστήματα καθώς και εντελώς ξεχωριστές τυποποιήσεις (standards) που θα πρέπει να ακολουθηθούν.

Γ) Συστήματα Σ.Ρ. και εναλλασσόμενου ρεύματος (Ε.Ρ.) με αποθήκευση ενέργειας: Πρόκειται για τα περισσότερο ευέλικτα μεμονωμένα - αυτόνομα Φ/Β συστήματα αφού μπορούν

να τροφοδοτήσουν οποιαδήποτε συσκευή (Σ.Ρ. ή Ε.Ρ.) σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή (η Φ/Β γεννήτρια τροφοδοτεί τα φορτία και παράλληλα φορτίζει την μπαταρία κατά την διάρκεια της ημέρας και η μπαταρία με την σειρά της τροφοδοτεί τα φορτία κατά την διάρκεια της νύχτας και σε περιόδους υψηλής νεφοκάλυψης). Αποτελούνται στην πιο συνηθισμένη τους μορφή από την Φ/Β γεννήτρια, τον ρυθμιστή φόρτισης, την μπαταρία, τον αντιστροφέα (Inverter), και τα φορτία. Σημαντικό σημείο το οποίο δεν θα πρέπει να αγνοηθεί είναι ότι η απόδοση ενός τέτοιου Φ/Β συστήματος εξαρτάται κυρίως από την απόδοση του συμπληρωματικού εξοπλισμού (ως επί το πλείστον του αντιστροφέα και των μπαταριών), αφού ως αναφορά την ηλιογεννήτρια με την ενδεχόμενη χρήση του συστήματος παρακολούθησης της καμπύλης μέγιστη ισχύς του Φ/Β (MPPT Tracker) αυτή αποδίδει την μέγιστή της ισχύς.

3.4. ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ φωτοβολταϊκών στοιχείων, μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα βασικά μέρη ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι:

τα φωτοβολταϊκά πάνελ

οι συσσωρευτές

ο ρυθμιστής φόρτισης

ο αναστροφέας (dc/ac)

ασφάλειες

διακόπτες dc

όργανα μέτρησης χωρητικότητας συσσωρευτών

Πιο αναλυτικά :

A) Τα ηλιακά **φωτοβολταϊκά πάνελ** είναι το κύριο μέρος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και έχουν την δυνατότητα να παράγουν απ' ευθείας ηλεκτρικό ρεύμα κάτω από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας με την χρήση του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

B) Οι **συσσωρευτές** χρησιμοποιούνται συχνά στα φ/β συστήματα με σκοπό την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από τη φ/β διάταξη κατά τη διάρκεια της ημέρας και για να την

παρέχουν στα ηλεκτρικά φορτία όταν χρειάζεται (κατά τη διάρκεια της νύχτας και των περιόδων νεφελώδους καιρού).

Για άλλους λόγους που οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται στα φ/β συστήματα είναι για την λειτουργία της φ/β διάταξης κοντά στο μέγιστο σημείο ισχύος της για την ισχύ των ηλεκτρικών φορτίων με σταθερές ηλεκτρικές τάσεις και για τον ανεφοδιασμό κυμάτων ρεύματος με ηλεκτρικά φορτία και για τους μετατροπείς.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένας ελεγκτής που ελέγχει την χρήση της μπαταρίας χρησιμοποιείται σε αυτά τα συστήματα για να προστατεύσει τη μπαταρία από την υπερφόρτωση και την εκφόρτιση. Οι αντιπροσωπευτικότεροι τύποι συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι τύπου οξέος-μόλυβδου, ανοιχτού ή κλειστού τύπου.

Γ) Ο **ρυθμιστής φόρτισης** είναι μία συσκευή η οποία διακόπτει την παροχή ρεύματος προς τις μπαταρίες, αποσυνδέοντας γεννήτριες τις οποίες και επανασυνδέει, όταν οι μπαταρίες εκφορτιστούν κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο και δεν υφίσταται πλέον κίνδυνος υπερφόρτωσης τους. Ακόμα ένας ρυθμιστής φόρτισης χρησιμοποιείται για να ελέγχει το ποσό του φορτίου που αποταμιεύεται στους συσσωρευτές .

Δ) Ο **αναστροφέας** είναι μια συσκευή η οποία χρησιμοποιείται για την μετατροπή της ισχύος, δηλαδή την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε εναλλασσόμενο ρεύμα όπου απαιτείται για την λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών και χωρίζονται σε δυο κατηγορίες σε αναστροφείς καθαρού ημιτόνου και τροποποιημένου ημιτόνου.

3.5. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα από το 2009 θεσμοθετήθηκε από το Ελληνικό κράτος η δυνατότητα να μπορεί κάθε κατοικία ή μικρή επιχείρηση να εγκαθιστά μικρό φωτοβολταϊκό σύστημα (σε στέγες, ταράτσες ή βοηθητικούς χώρους), το οποίο να διασυνδέεται με το δίκτυο της ΔΕΗ και να διοχετεύει σε αυτό την ηλεκτρική ενέργεια που θα παράγει.

Η διοχετεύομενη στο δίκτυο ηλεκτρική ενέργεια θα συμψηφίζεται κατ' αξίαν με το λογαριασμό κατανάλωσης του σπιτιού και η διαφορά θα είναι στη διάθεση του κατόχου του φωτοβολταϊκού. Ως εκ τούτου, εάν η διαφορά είναι θετική τότε το ποσό της διαφοράς θα

κατατίθεται στο λογαριασμό του κατόχου.

Το πρόγραμμα για τα φ/β στις στέγες προβλέπεται να είναι σε ισχύ μέχρι το τέλος του έτους 2018. Η μέγιστη ισχύς του συστήματος που θα ενταχθεί στο πρόγραμμα δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 10Kw για την Ηπειρωτική Ελλάδα, τα διασυνδεδεμένα νησιά και την Κρήτη, και τα 5Kw τα μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Για να ενταχθεί μια εγκατάσταση στο πρόγραμμα αυτό γνωστό και ως “**Φωτοβολταικα στις Στεγες**” θα πρέπει στο νομίμως υφιστάμενο κτίριο να υπάρχει ενεργός μετρητής κατανάλωσης της ΔΕΗ . Η τιμή με την οποία θα συμψηφίζεται η διοχετευόμενη ενέργεια στο δίκτυο της ΔΕΗ, είναι 0.55 Ευρώ ανά Κιλοβατώρα (0,55 €/Kwh) για τις συμβάσεις που θα υπογραφούν μέχρι το τέλος του 2011, ενώ για τις συμβάσεις που θα συναφθούν τα επόμενα έτη θα ισχύει η ανωτέρω τιμή μειωμένη κατά 5% για κάθε έτος μετά το 2011.

Ουσιαστικά χρειάζονται τρία πράγματα:

·Να υπάρχει κατάλληλος χώρος για τον οποίο ο ενδιαφερόμενος έχει την ιδιοκτησία ή το δικαίωμα χρήσης

·Να υπάρχει η δυνατότητα χρηματοδότησης είτε με ίδια κεφάλαια είτε μέσω χρηματοπιστωτικού οργανισμού

Τέλος,η απόδοση ενός ΦΒ Συστήματος μετριέται εν γένει σε ετήσια βάση. Για τον προσδιορισμό της ετήσιας παραγωγής λαμβάνουμε υπόψη δυο βασικές παραμέτρους:

·Τον προσανατολισμό του εγκατεστημένου ΦΒ πεδίου δηλαδή η κλίση του ως προς το οριζόντιο επίπεδο και η απόκλιση του από τη νότια διεύθυνση. Η βέλτιστη τιμές προσανατολισμού για τη Ελλάδα είναι 26⁰-29⁰ κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο και απολύτως νότιος διεύθυνση. Σε συστήματα που εγκαθίστανται σε ταράτσες είναι συνήθως εφικτή η ικανοποίηση και των δύο παραμέτρων.

·Η ειδική τιμή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και, κατ’ επέκταση η ειδική φωτοβολταϊκή μετατροπή της περιοχής. Για την Ελλάδα η συγκεκριμένη μεταβλητή λαμβάνει τιμές μεταξύ 1.250 και 1.550Kwh ανά εγκατεστημένο ΦΒ Kw.

3.6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΑΠΕ (ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ)

Τα βασικά πλεονεκτήματα των Φ/Β συστημάτων για τα οποία θα πρέπει να προτιμηθούν έναντι των άλλων τεχνολογιών εκμετάλλευσης των ΑΠΕ είναι:

1) Παρέχουν τη δυνατότητα παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο χρήσης της. (Η τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν συνοδεύεται από δαπανηρές ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει συνήθως ένα ηλεκτρικό δίκτυο, απώλειες οι οποίες στην Ελλάδα ανέρχονται σε 10% κατά μέσο όρο).

2) Βοηθούν στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου στους καλοκαιρινούς μήνες. (Η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρισμού από τα Φ/Β συστήματα συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές ζήτησης ιδίως στους καλοκαιρινούς μήνες, βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή).

3) Παρέχουν μεγάλο εύρος ηλεκτρικής ισχύος, από ελάχιστα mW έως εκατοντάδες kW ανάλογα με τις ανάγκες που πρόκειται να καλύψουν (άλλωστε όσο περισσότερα μικρά συστήματα παράγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εγκατασταθούν και συνδεθούν με το δίκτυο ηλεκτροδότησης, τόσο περισσότερα είναι τα οφέλη για την ποιότητα της ισχύος του δικτύου και για τη σταθερότητα της ηλεκτρικής τάσης του).

4) Δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον και μάλιστα η Φ/Β γεννήτρια μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό στην κατασκευή των κτιρίων (Τα ενσωματωμένα σε κτίρια Φ/Β συστήματα αποτελούν στις μέρες μας την πιο συνηθισμένη μορφή Φ/Β συστήματος. Στα συστήματα αυτά η Φ/Β γεννήτρια μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό παρέχοντας την δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς, καθώς διατίθενται σε ποικιλία ρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη μορφή, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορετικής διαπερατότητας στο φως ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού. Αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά συμβάλλουν έτσι στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής. Αντίθετα, για παράδειγμα η εγκατάσταση μιας τεράστιας ανεμογεννήτριας σε μια όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή δημιουργεί σίγουρα άσχημη οπτική εντύπωση).

5) Είναι πολύ εύκολα επεκτάσιμα το οποίο είναι αρκετά σημαντικό στη σημερινή εποχή όπου οι ανάγκες του ανθρώπου συνεχώς αυξάνονται και είναι ιδιαίτερα δύσκολο να προβλεφθούν οι μελλοντικές ανάγκες του πέντε και δέκα χρόνια μετά. Έτσι με την προσθήκη κάποιων επιπλέον Φ/Β πλαισίων, και όχι με την καθολοκλήρου απόσυρση των υπαρχόντων, και ίσως την

αντικατάσταση κάποιων υποσυστημάτων του συμπληρωματικού εξοπλισμού μπορεί με μικρό κόστος να επεκταθεί ένα Φ/Β σύστημα).

6) Είναι ιδιαίτερος εύχρηστα δίνοντας μάλιστα τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή. (Ο καταναλωτής έχοντας άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια καθίσταται πιο προσεκτικός στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια αυτή και με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η ορθολογική χρήση και εξοικονόμησή της.

7) Οι απαιτήσεις λειτουργίας και συντήρησής τους είναι μηδαμινές (αφού αρκεί συνήθως ένας απλός τακτικός έλεγχος του Φ/Β συστήματος και καθαρισμός των επιφανειών των Φ/Β από τη σκόνη που ενδέχεται να υπάρχει).

8) Έχουν εντελώς αθόρυβη λειτουργία, μηδαμινές εκπομπές ρύπων, μηδενική ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση και γενικότερα είναι απολύτως φιλικά προς το περιβάλλον ίσως μάλιστα περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη ΑΠΕ (Πλεονεκτήματα που ενώ ίσως παλιότερα να μην έπαιζαν σπουδαίο ρόλο, στις μέρες μας αποτελούν σημαντικό κριτήριο για την επιλογή ενός

συστήματος ΑΠΕ σε σχέση με ένα άλλο. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι κάθε KWh που παράγεται από Φ/Β συστήματα συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 Kgr του CO₂ στην ατμόσφαιρα, καθώς και άλλων επικίνδυνων ρύπων όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα NO_x, οι ενώσεις του θείου, κ.τ.λ.).

9) Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (αυτό είναι λογικό εάν αναλογιστεί κανείς ότι ο χρόνος ζωής των Φ/Β στοιχείων είναι σήμερα μεγαλύτερος από 30 χρόνια, του αντιστροφέα 15 χρόνια, της μπαταρίας μολύβδου-οξέος 5-8 χρόνια, ενώ κατά την σχεδίαση ενός Φ/Β συστήματος συνήθως υποτίθεται καθαρός χρόνος λειτουργίας του περίπου 80.000 -100.000 ώρες και χρόνος ζωής του (κύκλος ζωής) περίπου 15-30 χρόνια.

3.7. ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Λαμβάνοντας υπόψη το υψηλό ηλιακό δυναμικό των περισσότερων ελληνικών εδαφών, η κατασκευή αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων συμβάλει στην οριστική λύση των προβλημάτων ηλεκτροδότησης των απομονωμένων περιοχών, όπου η κατασκευή ηλεκτρικού δικτύου είναι αρκετά δαπανηρή.

Η κατασκευή αυτόνομων φ/β διατάξεων συμβάλει ακόμα και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και στη μείωση της εισαγωγής πετρελαίου από το εξωτερικό.

Πολλές πιθανές εφαρμογές των αυτόνομων αυτών διατάξεων είναι η κατασκευή και η ηλεκτροδότηση χιονοδρομικών κέντρων, μετεωρολογικών σταθμών, καθώς και η ηλεκτροδότηση αρκετών ελληνικών φάρων.

Επίσης η ΔΕΗ έχει εγκαταστήσει αρκετές μονάδες φ/β διατάξεων σε περιοχές με λίγους κατοίκους για την ηλεκτροδότηση τους, όπως για παράδειγμα σε απομακρυσμένα μικρά χωριά και σε πολλά νησιά σε περιοχές στο Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος στα οποία δεν υπάρχει πρόσβαση σε ηλεκτρικό δίκτυο.

Μικρότερες εφαρμογές γίνονται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξοχικά σπίτια, σε αντλίες άντλησης νερού, σε τροχόσπιτα, σκάφη, ακόμα και σε υπαίθρια φωτιστικά σώματα.

Τέλος, οι αυτόνομες αυτές διατάξεις στις δεκαετίες 1950-1960 χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ενέργειας και σε διαστημικές εφαρμογές. Το μέγεθος των συστημάτων αυτών, είναι πάντοτε ανάλογο με την ηλεκτρική κατανάλωση των ηλεκτρικών φορτίων της εφαρμογής καθώς και με την περιοχή εγκατάστασης.

3.8. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ

Στην παρούσα μελέτη γίνεται ανάλυση του κύκλου ζωής ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού σταθμού. Η ανάλυση αυτή γίνεται για τα πρώτα τριάντα χρόνια λειτουργίας του σταθμού.

Στην ανάλυση αυτή συμπεριλαμβάνεται ο υπολογισμός του αρχικού κόστους αγοράς και εγκατάστασης των διαφόρων συσκευών και διατάξεων από τα οποία αποτελείται ο φωτοβολταϊκός σταθμός. Εφόσον γίνει ο υπολογισμός του αρχικού κόστους, ύστερα υπολογίζεται το συνολικό κόστος για τα πρώτα τριάντα χρόνια της λειτουργίας του.

Οι υπολογισμοί γίνονται για τα τριάντα χρόνια λειτουργίας του σταθμού και ο λόγος

είναι ότι για να υπάρξει μία σωστή μελέτη πρέπει να συμπεριληφθούν και οι αλλαγές των διαφόρων μερών και συσκευών, τα οποία αποτελούν τον σταθμό, πιο συγκεκριμένα οι αλλαγές των συσσωρευτών, του αναστροφέα και του ρυθμιστή φόρτισης, μέρη τα οποία έχουν διάρκεια ζωής και μετά την πάροδο του χρόνου πρέπει να αντικατασταθούν.

Η πρώτη αλλαγή των συσσωρευτών θα γίνει τα πρώτα επτά χρόνια λειτουργίας του σταθμού και θα ακολουθήσουν άλλες τρεις αλλαγές στα επόμενα χρόνια μέχρι το 30^ο έτος λειτουργίας.

Μερικοί κατασκευαστές σε βιομηχανικό βαθμό υποστηρίζουν ότι οι μπαταρίες έχουν διάρκεια χρόνου εκφόρτωσης δέκα χρόνων, η αλλαγή τους όμως στην παρούσα μελέτη γίνεται στα επτά χρόνια διότι οι απαιτήσεις για αποθήκευση είναι μεγάλες και μετά την πάροδο των πρώτων επτά χρόνων η απόδοση των μπαταριών έχει μειωθεί αρκετά.

Υπάρχουν βέβαια και συσσωρευτές με μεμονωμένα ηλιακά κύτταρα που είναι ακριβότεροι, οι οποίοι συσσωρευτές έχουν χρόνο ζωής μεγαλύτερο των δέκα χρόνων, όμως με υψηλό κόστος, με συνηθισμένη συντήρηση και αναπόφευκτη την αντικατάστασή τους.

Τέλος, για την αγορά των συσσωρευτών για το φωτοβολταϊκό σύστημα, επιλέγεται συνήθως χωριτηκότητα τουλάχιστον διπλάσια από εκείνη η οποία έχει υπολογιστεί για την κάλυψη των αναγκών.

Η αλλαγή του αναστροφέα και του ρυθμιστή φόρτισης γίνεται κάθε δέκα χρόνια διότι οι κατασκευαστές υποστηρίζουν ότι ο κύκλος ζωής των συσκευών αυτών κυμαίνεται στα δέκα χρόνια και η λειτουργία τους δεν έχει ως αποτέλεσμα την μεγάλη καταπόνηση τους. Η επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης γίνεται ανάλογα με την συνολική τάση που χρειαζόμαστε.

Τέλος, στην ανάλυση του κύκλου ζωής ενός φωτοβολταϊκού σταθμού εκτός από τις αλλαγές των συσκευών και των διάφορων μερών της διάταξης, πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλες συνιστώσες, όπως ο πληθωρισμός, ο οποίος αλλάζει μέσα στην πάροδο των δέκα χρόνων καθώς και οι αλλαγές των τεχνολογικών βελτιώσεων, δηλαδή οι αντικαταστάσεις των διαφόρων μερών και η αγορά νέων σε διαφορετικές τιμές.

3.9. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Ακόμα γίνεται προσδιορισμός της μελλοντικής αξίας της λειτουργίας ενός αυτόνομου φ/β σταθμού, υπολογίζοντας το συνολικό κόστος λειτουργίας του τα πρώτα 30 χρόνια σε τρεις περιοχές στην Ελλάδα, στην Ρόδο, στην Καβάλα και στη Ζάκυνθο.

Για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους απαιτείται αρχικά ο υπολογισμός του αρχικού κόστους, ο υπολογισμός του μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και ο υπολογισμός του σταθερού κόστους συντήρησης. Οι παρακάτω αναλυτικοί υπολογισμοί γίνονται για την περιοχή της Ρόδου και ομοίως εξάγονται τα αποτελέσματα και για τις υπόλοιπες περιοχές. Είναι άξιο να σημειωθεί ότι οι υπολογισμοί έχουν γίνει με τις παρούσες τιμές.

Ο υπολογισμός του αρχικού κόστους χωρίζεται σε επιμέρους αρχικά κόστη, τα οποία είναι τα αρχικά κόστη του φωτοβολταϊκού πάνελ, των μπαταριών, του μετατροπέα και του αναστροφέα, καθώς και το κόστος εγκατάστασης τους, μέρη τα οποία αποτελούν το φωτοβολταϊκό σταθμό. Όλοι οι παρακάτω υπολογισμοί γίνονται για τα ζεύγη $z=110$ και $Q=9600(\text{Ah})$ και για γωνία κλίσης $\beta=0^\circ$ για την περιοχή της Ρόδου για τα πρώτα 30 χρόνια λειτουργίας του φωτοβολταϊκού σταθμού. (Ομοίως εργαζόμαστε και για τα υπόλοιπα ζεύγη τιμών z και Q)

Οι σχέσεις για τον υπολογισμό όλων των κοστών προήλθαν από την παρακάτω εμπειρική σχέση:

$$ICo = (1 - 0,1 * \log_{10}(z) * 357,5 * z) + (5,0377 * Q^{0,9216}) + 1900 + 483 * (51 * \frac{z}{1000})^{(1 - 0,083)}$$

Έτσι από την παραπάνω εμπειρική σχέση έχουμε:

- Για το αρχικό κόστος του φωτοβολταϊκού πάνελ έχουμε:

$$IC_{pv} = (1 - 0,1 * \log_{10}(z)) * 357,5 * z = (1 - 0,1 * \log_{10}(110)) * 357,5 * 110 = 31297,22\text{€}$$

- Για το αρχικό κόστος των μπαταριών έχουμε:

$$IC_{bat} = (5,0377 * Q^{0,9216}) = 5,0377 * 9600^{0,9216} = 23566,41\text{€}$$

- Για το αρχικό κόστος του μετατροπέα έχουμε:

$$IC_{conv} = 483 * \left(51 * \frac{z}{1000}\right)^{1-0,083} = 2348,26\text{€}$$

- Για το αρχικό κόστος του αναστροφέα έχουμε:

$$IC_{inv} = 5 * 380 = 1900\text{€}$$

- Συνεπώς το συνολικό αρχικό κόστος είναι :

$$\begin{aligned} ICo &= IC_{pv} + IC_{bat} + IC_{inv} + IC_{conv} + f \cdot IC_{pv} \\ &= 31297,22 + 23566,41 + 1900 + 2348,26 + 0,15 \cdot 31297,22 \\ &\Rightarrow ICo = 63806,48\text{euro} \end{aligned}$$

Όπου $f=15\%$ το κόστος εγκατάστασης του εξοπλισμού

3.10. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

Ο υπολογισμός του συνολικού κόστους γίνεται με δυο τρόπους. Στον πρώτο τρόπο ο υπολογισμός του συνολικού κόστους γίνεται από μία σχέση μέσα στην οποία εμπεριέχεται το σταθερό και το μεταβλητό κόστος, καθώς και οι αντικαταστάσεις των μπαταριών, του αναστροφέα και του ρυθμιστή φόρτισης.

Στον δεύτερο τρόπο για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους, απαιτείται ο υπολογισμός του σταθερού και του μεταβλητού κόστους καθώς και ο υπολογισμός των αντικαταστάσεων που απαιτούνται. Ο δεύτερος τρόπος υπολογισμού γίνεται και για λόγους σύγκρισης των αποτελεσμάτων.

3.10.1. ΠΡΩΤΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

Υπολογίζεται για αριθμό $z=110$ και $Q=9600(\text{Ah})$, το συνολικό κόστος για τα πρώτα 30 χρόνια λειτουργίας του φωτοβολταϊκού σταθμού, υπολογίζοντας αρχικά το σταθερό κόστος συντήρησης FC_n και το μεταβλητό κόστος συντήρησης και λειτουργίας VC_n , λαμβάνοντας υπόψη και τα κόστη από τις αλλαγές των μπαταριών, του μετατροπέα και του αναστροφέα με την πάροδο του χρόνου, τα οποία μεγέθη εμπεριέχονται στον τύπο του συνολικού κόστους. Ο υπολογισμός του συνολικού κόστους μελετάται για τα πρώτα 30 χρόνια. Οι αλλαγές των μπαταριών γίνονται κάθε 7 χρόνια και οι αλλαγές του αναστροφέα και του μετατροπέα γίνονται κάθε 10 χρόνια.

Το συνολικό κόστος για τα πρώτα 10 χρόνια υπολογίζεται ως εξής:

$$C_{10} = IC_0 \cdot \left[(1-\gamma) + m \cdot \frac{x_m}{x_m-1} \cdot (x_m^{10} - 1) + r_{bat} \cdot (1-\rho_{bat})^7 \cdot x_{bat}^7 \right]$$

$$C_{10} = 63806,48 \cdot \left[(1-0,4) + 0,01 \cdot \frac{0,954}{0,954-1} \cdot (0,954^{10} - 1) + 0,3693 \cdot (1-0,01)^7 \cdot 0,972^7 \right]$$

$$C_{10} = 61280,159 \text{ euro}$$

$$\text{Όπου: } \gamma=0,4 \quad g_{bat}=0,05 \quad g_{el}=0,02 \quad i=0,08 \quad m=0,01 \quad g_m = 0,03$$

$$\rho_{el}=0,03 \quad \rho_{bat}=0,01$$

$$x_{bat} = \frac{1+g_{bat}}{1+i} = 0,972$$

$$x_{el} = \frac{1+g_{el}}{1+i} = 0,944$$

$$x_m = \frac{1+g_m}{1+i} = 0,954$$

$$r_{bat} = \frac{IC_{bat}}{IC_o}$$

$$rel = \frac{IC_{inv} + IC_{conv}}{IC_o}$$

Το συνολικό κόστος για τα πρώτα 20 χρόνια υπολογίζεται ως εξής:

$$C_{20} = IC_0 \cdot \left[(1-\gamma) + m \cdot \frac{x_m}{x_m-1} \cdot (x_m^{20} - 1) + r_{bat} \cdot (1-\rho_{bat})^7 \cdot x_{bat}^7 \right. \\ \left. + r_{bat} \cdot (1-\rho_{bat})^{14} \cdot x_{bat}^{14} + r_{el} \cdot (1-\rho_{el})^{10} \cdot x_{el}^{10} \right]$$

$$C_{20} = 79938,61 \text{ euro}$$

Το συνολικό κόστος για τα πρώτα 30 χρόνια υπολογίζεται ως εξής:

$$C_{30} = IC_0 \cdot \left[\begin{array}{l} (1-\gamma) + m \cdot \frac{x_m}{x_m - 1} \cdot (x_m^{30} - 1) + r_{bat} \cdot (1-\rho_{bat})^7 \cdot x_{bat}^7 \\ + r_{bat} \cdot (1-\rho_{bat})^{14} \cdot x_{bat}^{14} + r_{bat} \cdot (1-\rho_{bat})^{21} \cdot x_{bat}^{21} + r_{bat} \cdot (1-\rho_{bat})^{28} \cdot x_{bat}^{28} \\ + r_{el} \cdot (1-\rho_{el})^{10} \cdot x_{el}^{10} + r_{el} \cdot (1-\rho_{el})^{20} \cdot x_{el}^{20} \end{array} \right]$$

$$C_{30} = 101240,886euro$$

3.10.2. ΔΕΥΤΕΡΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

Υπολογίζεται για αριθμό $z=110$ και $Q=9600(Ah)$ το συνολικό κόστος υπολογίζοντας αρχικά το σταθερό κόστος συντήρησης FC_n και το μεταβλητό κόστος συντήρησης και λειτουργίας VC_n λαμβάνοντας υπόψη και τα κόστη από τις αλλαγές των μπαταριών, του μετατροπέα και του αναστροφέα με την πάροδο του χρόνου. Ο υπολογισμός του συνολικού κόστους μελετάται για τα πρώτα 30 χρόνια.

Οι αλλαγές των μπαταριών γίνονται κάθε 7 χρόνια. Συνεπώς το κόστος των μπαταριών τον 7^ο χρόνο είναι:

$$\psi_{bat} = r_{bat} \cdot \left[\frac{1+g_{bat}}{1+i} \cdot (1-\rho_{bat}) \right]^{n_{bat}} \cdot IC_0 = 0,3639 \cdot \left[\frac{1+0,05}{1+0,08} \cdot (1-0,01) \right]^7 \cdot 63806,48$$

$$\Rightarrow \psi_{bat} = 18034,27euro$$

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται και το κόστος από την αλλαγή των μπαταριών τον 14^ο χρόνο, καθώς και οι αλλαγές του αναστροφέα Ψ_{10inv} και του μετατροπέα Ψ_{10conv} , οι αλλαγές των οποίων γίνονται κάθε 10 χρόνια.

Έτσι υπολογίζεται το μεταβλητό κόστος συντήρησης το οποίο είναι (για το 10^ο χρόνο) :

$$VC_n = \Psi_{bat} + \Psi_{inv} + \Psi_{conv} = 18034,27 + 0 + 0 = 18034,27euro$$

Το σταθερό κόστος συντήρησης FC_n υπολογίζεται ως εξής:

Για τον 1^ο χρόνο έχουμε:

$$FC_1 = m \cdot IC_0 \cdot x^1 = 0,01 \cdot 63806,48 \cdot 0,954^1$$

$$\Rightarrow FC_1 = 608,52euro$$

Για τον 2^ο χρόνο έχουμε:

$$FC_2 = FC_1 + m \cdot IC_0 \cdot x^2 = 608,52 + 0,01 \cdot 63806,48 \cdot 0,954^2$$

$$\Rightarrow FC_2 = 1188,88 \text{ euro}$$

Τέλος, υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο το συνολικό κόστος. Έτσι έχουμε για το 10^ο χρόνο:

$$C_{10} = IC_0 \cdot (1 - \gamma) + FC_{10} + VC_{10} \Rightarrow$$

$$C_{10} = 63806,48 \cdot (1 - 0,4) + 4962 + 18034,27 \Rightarrow$$

$$C_{10} = 61280,159$$

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται το συνολικό κόστος και για τα υπόλοιπα χρόνια λειτουργίας του φ/β σταθμού. Παρακάτω ακολουθούν και πίνακες με τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης για όλα τα ζεύγη z και Q και για τις τρεις περιοχές της Ελλάδας που γίνεται η μελέτη.

3.11. ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Σε αυτή την ενότητα της μελέτης υπολογίζεται το αρχικό κόστος και το συνολικό κόστος, με τους δύο τρόπους που χρησιμοποιήθηκαν πρωτύτερα, μεταβάλλοντας όμως τις τιμές των διαφόρων παραμέτρων. Η αλλαγή των παραμέτρων πραγματοποιήθηκε για την σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Οι αλλαγές αυτές αφορούν το ποσό της χρηματοδότησης (γ) που δίνεται για την κατασκευή του φ/β σταθμού, αλλαγή στις τεχνολογικές βελτιώσεις (p_{bat} , p_{el}), καθώς και αλλαγές στο πληθωρισμό (g_{bat} , g_{el} , g_m) και τέλος στο αρχικό κόστος ανά μονάδα (i).

Οι αρχικές τιμές των παραμέτρων με τις οποίες έγινε η οικονομική ανάλυση για τον υπολογισμό του αρχικού και του συνολικού κόστους και για τις τρεις περιοχές της Ελλάδας έχουν δοθεί σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα και άλλες από αυτές τιμές έχουν χρησιμοποιηθεί από άλλες μελέτες. Για μεγάλες περιοχές το ποσό χρηματοδότησης (γ) δίνεται $\gamma=30\%$, για μικρές περιοχές $\gamma=50\%$ και για τις μεσαίες περιοχές $\gamma=40\%$.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι αρχικές τιμές καθώς και οι αλλαγές των παραμέτρων αυτών. Έτσι σε κάθε ανάλυση αλλάζουμε μία παράμετρο κάθε φορά και παρατηρείται η αλλαγή των αποτελεσμάτων και η σύγκριση αυτών με τις αρχικές και νέες τιμές

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ	1 ^η ΑΛΛΑΓΗ	2 ^η ΑΛΛΑΓΗ
γ	0,4	0,2	0,6
i	0,08	0,04	0,16
g_{bat}	0,05	0,06	0,04
g_{el}	0,02	0,03	0,01
g_m	0,03	0,04	0,02
ρ_{bat}	0,01	0,02	-
ρ_{el}	0,03	0,04	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ

4.1. ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στους πίνακες που ακολουθούν είναι καταγεγραμμένα τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης και για τις τρεις περιοχές της Ελλάδας, τη Ρόδο, τη Ζάκυνθο και τη Καβάλα για τα πρώτα 30 χρόνια λειτουργίας του φ/β σταθμού, καθώς και οι πίνακες με τις παραμετρικές αλλαγές.

z	Q (Ah)	ICpv (Euro)	ICbat (Euro)	ICinv (Euro)	ICconv	ICo (Euro)	Γ_{bat}	Γ_{cl}
110	9600	31297,22	23566,41	1900	2348,26	63806,48	0,3693	0,06658
115	8200	32640,46	20379,95	1900	2445,96	62262,43	0,3273	0,06980
120	7400	33980,31	18540,28	1900	2543,30	62060,94	0,2987	0,07160
125	6600	35316,93	16684,91	1900	2640,31	61839,70	0,2698	0,07342
130	5800	36650,45	14811,79	1900	2737,00	61596,81	0,2405	0,07528
135	5100	37980,98	13156,15	1900	2833,38	61567,66	0,2137	0,07688
140	4300	39308,63	11241,83	1900	2929,47	61276,21	0,1835	0,07881
145	3500	40633,51	9299,20	1900	3025,27	60953,00	0,1526	0,08080
150	2700	41955,71	7321,11	1900	3120,79	60590,97	0,1208	0,08286
155	2400	43275,32	6568,03	1900	3216,05	61450,70	0,1069	0,08325
160	2000	44592,43	5552,15	1900	3311,06	62044,51	0,0895	0,08399
165	1700	45907,12	4779,85	1900	3405,82	62878,85	0,0760	0,08438
170	1500	47219,45	4259,10	1900	3500,34	63961,81	0,0666	0,08443
175	1400	48529,49	3996,72	1900	3594,64	65300,27	0,0612	0,08414
180	1400	49837,32	3996,72	1900	3688,70	66898,35	0,0597	0,08354
185	1400	51142,99	3996,72	1900	3782,56	68493,72	0,0584	0,08296
190	1300	52446,57	3732,87	1900	3876,20	69822,62	0,0535	0,08273
195	1300	53748,10	3732,87	1900	3969,64	71412,81	0,0523	0,08219
200	1300	55047,64	3732,87	1900	4062,88	73000,52	0,0511	0,08168
205	1300	56345,23	3732,87	1900	4155,92	74585,81	0,0500	0,08119
210	1300	57640,94	3732,87	1900	4248,78	76168,72	0,0490	0,08073
215	1200	58934,79	3467,41	1900	4341,45	77483,88	0,0448	0,08055
220	1200	60226,85	3467,41	1900	4433,95	79062,23	0,0439	0,08011
225	1200	61517,13	3467,41	1900	4526,27	80638,38	0,0430	0,07969
230	1200	62805,69	3467,41	1900	4618,42	82212,38	0,0422	0,07929
235	1100	64092,57	3200,22	1900	4710,40	83517,08	0,0383	0,07915
240	1100	65377,79	3200,22	1900	4802,23	85086,90	0,0376	0,07877
245	1100	66661,39	3200,22	1900	4893,89	86654,71	0,0369	0,07840
250	1100	67943,41	3200,22	1900	4985,40	88220,54	0,0363	0,07805

ΠΙΝΑΚΑΣ 6α. Αποτελέσματα αρχικού κόστους περιοχής Ρόδου

z	Q (Ah)	I _{co} (Euro)	C ₁₀	C ₂₀	C ₃₀	C _{10/10}	C _{20/20}	C _{30/30}
110	9600	63806,48	61280,159	79938,611	101240,886	6128,0159	3996,931	3374,696
115	8200	62262,43	57795,208	74553,562	93305,488	5779,5208	3727,678	3110,183
120	7400	62060,94	56250,827	71962,624	89270,019	5625,0827	3598,131	2975,667
125	6600	61839,70	54681,055	69336,010	85185,808	5468,1055	3466,801	2839,527
130	5800	61596,81	53083,014	66669,544	81046,986	5308,3014	3333,477	2701,566
135	5100	61567,66	51796,279	64451,967	77535,493	5179,6279	3222,598	2584,516
140	4300	61276,21	50133,801	61694,332	73271,338	5013,3801	3084,717	2442,378
145	3500	60953,00	48428,131	58875,276	68922,368	4842,8131	2943,764	2297,412
150	2700	60590,97	46669,029	55980,033	64467,947	4666,9029	2799,002	2148,932
155	2400	61450,70	46675,425	55626,695	63561,278	4667,5425	2781,335	2118,709
160	2000	62044,51	46300,489	54725,155	61890,462	4630,0489	2736,258	2063,015
165	1700	62878,85	46274,965	54327,204	60923,122	4627,4965	2716,360	2030,771
170	1500	63961,81	46610,455	54449,520	60682,505	4661,0455	2722,476	2022,750
175	1400	65300,27	47316,835	55106,301	61188,403	4731,6835	2755,315	2039,613
180	1400	66898,35	48399,954	56305,949	62452,516	4839,9954	2815,297	2081,751
185	1400	68493,72	49481,245	57503,548	63714,461	4948,1245	2875,177	2123,815
190	1300	69822,62	50180,010	58151,118	64209,579	5018,0010	2907,556	2140,319
195	1300	71412,81	51257,792	59344,784	65467,364	5125,7792	2967,239	2182,245
200	1300	73000,52	52333,888	60536,562	66723,151	5233,3888	3026,828	2224,105
205	1300	74585,81	53408,340	61726,498	67976,989	5340,8340	3086,325	2265,900
210	1300	76168,72	54481,189	62914,637	69228,926	5448,1189	3145,732	2307,631
215	1200	77483,88	55169,419	63549,667	69709,659	5516,9419	3177,483	2323,655
220	1200	79062,23	56239,174	64734,342	70957,932	5623,9174	3236,717	2365,264
225	1200	80638,38	57307,436	65917,343	72204,435	5730,7436	3295,867	2406,814
230	1200	82212,38	58374,238	67098,709	73449,208	5837,4238	3354,935	2448,307
235	1100	83517,08	59054,044	67723,502	73917,891	5905,4044	3386,175	2463,930
240	1100	85086,90	60118,020	68901,704	75159,318	6011,8020	3445,085	2505,311
245	1100	86654,71	61180,628	70078,375	76399,124	6118,0628	3503,919	2546,637
250	1100	88220,54	62241,896	71253,544	77637,343	6224,1896	3562,677	2587,911

ΠΙΝΑΚΑΣ 68. Αποτελέσματα συνολικού κόστους για 30 χρόνια λειτουργίας
περιοχής Ρόδου (α' τροπος υπολογισμού)

z=110 Q=9600(Ah)					
n(χρόνια)	Ψbat	Ψel	FCn	VCn	Cn
1	0,00	0,00	608,52	0,00	38892,412
2	0,00	0,00	1188,88	0,00	39472,764
3	0,00	0,00	1742,36	0,00	40026,248
4	0,00	0,00	2270,22	0,00	40554,108
5	0,00	0,00	2773,64	0,00	41057,530
6	0,00	0,00	3253,76	0,00	41537,645
7	18034,27	0,00	3711,65	18034,27	60029,806
8	18034,27	0,00	4148,34	18034,27	60466,495
9	18034,27	0,00	4564,81	18034,27	60882,968
10	18034,27	0,00	4962,00	18034,27	61280,159
11	18034,27	1768,86	5340,80	19803,13	63427,817
12	18034,27	1768,86	5702,07	19803,13	63789,083
13	18034,27	1768,86	6046,61	19803,13	64133,623
14	31835,06	1768,86	6375,20	33603,91	78262,998
15	31835,06	1768,86	6688,57	33603,91	78576,374
16	31835,06	1768,86	6987,44	33603,91	78875,243
17	31835,06	1768,86	7272,47	33603,91	79160,275
18	31835,06	1768,86	7544,31	33603,91	79432,111
19	31835,06	1768,86	7803,56	33603,91	79691,362
20	31835,06	1768,86	8050,81	33603,91	79938,611
21	42396,15	2505,36	8286,61	44901,51	91472,011
22	42396,15	2505,36	8511,50	44901,51	91696,896
23	42396,15	2505,36	8725,97	44901,51	91911,370
24	42396,15	2505,36	8930,52	44901,51	92115,915
25	42396,15	2505,36	9125,59	44901,51	92310,990
26	42396,15	2505,36	9311,63	44901,51	92497,034
27	42396,15	2505,36	9489,06	44901,51	92674,464
28	50478,07	2505,36	9658,28	52983,42	100925,593
29	50478,07	2505,36	9819,66	52983,42	101086,975
30	50478,07	2505,36	9973,57	52983,42	101240,886

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Αποτελέσματα συνολικού κόστους για 30 χρόνια λειτουργίας περιοχής Ρόδου (β' τρόπος υπολογισμού)

z	Q (Ah)	C ₁₀	C ₂₀	C ₃₀	C _{10/10}	C _{20/20}	C _{30/30}
110	9600	74041,454	92699,907	114002,181	7404,1454	4634,995	3800,073
115	8200	70247,694	87006,049	105757,974	7024,7694	4350,302	3525,266
120	7400	68663,016	84374,813	101682,207	6866,3016	4218,741	3389,407
125	6600	67048,995	81703,951	97553,748	6704,8995	4085,198	3251,792
130	5800	65402,376	78988,905	93366,347	6540,2376	3949,445	3112,212
135	5100	64109,811	76765,499	89849,025	6410,9811	3838,275	2994,968
140	4300	62389,044	73949,574	85526,581	6238,9044	3697,479	2850,886
145	3500	60618,731	71065,875	81112,967	6061,8731	3553,294	2703,766
150	2700	58787,223	68098,227	76586,142	5878,7223	3404,911	2552,871
155	2400	58965,566	67916,836	75851,419	5896,5566	3395,842	2528,381
160	2000	58709,391	67134,058	74299,365	5870,9391	3356,703	2476,645
165	1700	58850,736	66902,975	73498,892	5885,0736	3345,149	2449,963
170	1500	59402,816	67241,882	73474,867	5940,2816	3362,094	2449,162
175	1400	60376,889	68166,356	74248,458	6037,6889	3408,318	2474,949
180	1400	61779,623	69685,618	75832,185	6177,9623	3484,281	2527,739
185	1400	63179,989	71202,292	77413,205	6317,9989	3560,115	2580,440
190	1300	64144,534	72115,641	78174,102	6414,4534	3605,782	2605,803
195	1300	65540,355	73627,347	79749,927	6554,0355	3681,367	2658,331
200	1300	66933,993	75136,667	81323,255	6693,3993	3756,833	2710,775
205	1300	68325,502	76643,659	82894,150	6832,5502	3832,183	2763,138
210	1300	69714,934	78148,382	84462,671	6971,4934	3907,419	2815,422
215	1200	70666,195	79046,444	85206,436	7066,6195	3952,322	2840,215
220	1200	72051,621	80546,788	86770,379	7205,1621	4027,339	2892,346
225	1200	73435,113	82045,020	88332,112	7343,5113	4102,251	2944,404
230	1200	74816,714	83541,186	89891,684	7481,6714	4177,059	2996,389
235	1100	75757,459	84426,917	90621,306	7575,7459	4221,346	3020,710
240	1100	77135,401	85919,085	92176,698	7713,5401	4295,954	3072,557
245	1100	78511,570	87409,317	93730,066	7851,1570	4370,466	3124,336
250	1100	79886,004	88897,653	95281,452	7988,6004	4444,883	3176,048

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Αποτελέσματα συνολικού κόστους για 30 χρόνια λειτουργίας περιοχής Ρόδου (α' τρόπος υπολογισμού) ($\gamma=0,2$)

z	Q (Ah)	C ₁₀	C ₂₀	C ₃₀	C _{10/10}	C _{20/20}	C _{30/30}
110	9600	48518,863	67177,316	88479,590	4851,8863	3358,866	2949,320
115	8200	45342,721	62101,075	80853,001	4534,2721	3105,054	2695,100
120	7400	43838,639	59550,436	76857,831	4383,8639	2977,522	2561,928
125	6600	42313,115	56968,070	72817,867	4231,3115	2848,403	2427,262
130	5800	40763,653	54350,183	68727,624	4076,3653	2717,509	2290,921
135	5100	39482,747	52138,435	65221,962	3948,2747	2606,922	2174,065
140	4300	37878,558	49439,089	61016,095	3787,8558	2471,954	2033,870
145	3500	36237,532	46684,677	56731,769	3623,7532	2334,234	1891,059
150	2700	34550,835	43861,838	52349,753	3455,0835	2193,092	1744,992
155	2400	34385,284	43336,555	51271,138	3438,5284	2166,828	1709,038
160	2000	33891,586	42316,253	49481,560	3389,1586	2115,813	1649,385
165	1700	33699,195	41751,434	48347,352	3369,9195	2087,572	1611,578
170	1500	33818,093	41657,158	47890,143	3381,8093	2082,858	1596,338
175	1400	34256,780	42046,246	48128,348	3425,6780	2102,312	1604,278
180	1400	35020,284	42926,280	49072,847	3502,0284	2146,314	1635,762
185	1400	35782,501	43804,804	50015,717	3578,2501	2190,240	1667,191
190	1300	36215,487	44186,594	50245,056	3621,5487	2209,330	1674,835
195	1300	36975,230	45062,222	51184,801	3697,5230	2253,111	1706,160
200	1300	37733,784	45936,457	52123,046	3773,3784	2296,823	1737,435
205	1300	38491,179	46809,336	53059,827	3849,1179	2340,467	1768,661
210	1300	39247,444	47680,892	53995,181	3924,7444	2384,045	1799,839
215	1200	39672,643	48052,891	54212,883	3967,2643	2402,645	1807,096
220	1200	40426,727	48921,895	55145,485	4042,6727	2446,095	1838,183
225	1200	41179,759	49789,666	56076,758	4117,9759	2489,483	1869,225
230	1200	41931,761	50656,233	57006,732	4193,1761	2532,812	1900,224
235	1100	42350,629	51020,087	57214,476	4235,0629	2551,004	1907,149
240	1100	43100,640	51884,324	58141,937	4310,0640	2594,216	1938,065
245	1100	43849,686	52747,433	59068,182	4384,9686	2637,372	1968,939
250	1100	44597,787	53609,436	59993,235	4459,7787	2680,472	1999,775

ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Αποτελέσματα συνολικού κόστους για 30 χρόνια λειτουργίας περιοχής Ρόδου (α' τροπος υπολογισμού) ($\gamma=0,4$)

z	Q (Ah)	ICpv (Euro)	C ₁₀	C ₂₀	C ₃₀	C _{10/10}	C _{20/20}	C _{30/30}
110	9600	31297,22	67823,862	99307,323	152444,057	6782,3862	4965,366	5081,469
115	8200	32640,46	63575,213	91819,943	138573,686	6357,5213	4590,997	4619,123
120	7400	33980,31	61601,713	88060,876	131198,507	6160,1713	4403,044	4373,284
125	6600	35316,93	59598,853	84254,959	123743,796	5959,8853	4212,748	4124,793
130	5800	36650,45	57563,245	80396,591	116199,715	5756,3245	4019,830	3873,324
135	5100	37980,98	55892,921	77137,759	109701,657	5589,2921	3856,888	3656,722
140	4300	39308,63	53782,510	73159,113	101951,835	5378,2510	3657,956	3398,394
145	3500	40633,51	51621,818	69099,166	94062,186	5162,1818	3454,958	3135,406
150	2700	41955,71	49398,826	64938,195	85998,302	4939,8826	3246,910	2866,610
155	2400	43275,32	49245,665	64168,896	83842,826	4924,5665	3208,445	2794,761
160	2000	44592,43	48645,821	62668,831	80416,278	4864,5821	3133,442	2680,543
165	1700	45907,12	48455,859	61841,147	78162,254	4845,5859	3092,057	2605,408
170	1500	47219,45	48689,368	61708,075	77119,425	4868,9368	3085,404	2570,648
175	1400	48529,49	49357,917	62288,542	77320,709	4935,7917	3114,427	2577,357
180	1400	49837,32	50468,355	63593,738	78785,554	5046,8355	3179,687	2626,185
185	1400	51142,99	51576,919	64896,698	80247,871	5157,6919	3244,835	2674,929
190	1300	52446,57	52237,349	65466,361	80434,448	5223,7349	3273,318	2681,148
195	1300	53748,10	53342,316	66765,025	81891,912	5334,2316	3338,251	2729,730
200	1300	55047,64	54445,553	68061,625	83347,044	5444,5553	3403,081	2778,235
205	1300	56345,23	55547,105	69356,213	84799,904	5554,7105	3467,811	2826,663
210	1300	57640,94	56647,013	70648,840	86250,548	5664,7013	3532,442	2875,018
215	1200	58934,79	57296,304	71204,005	86418,038	5729,6304	3560,200	2880,601
220	1200	60226,85	58393,041	72492,847	87864,406	5839,3041	3624,642	2928,814
225	1200	61517,13	59488,246	73779,862	89308,712	5948,8246	3688,993	2976,957
230	1200	62805,69	60581,955	75065,092	90751,000	6058,1955	3753,255	3025,033
235	1100	64092,57	61222,240	75608,202	90901,919	6122,2240	3780,410	3030,064
240	1100	65377,79	62313,052	76889,976	92340,305	6231,3052	3844,499	3078,010
245	1100	66661,39	63402,461	78170,077	93776,801	6340,2461	3908,504	3125,893
250	1100	67943,41	64490,497	79448,540	95211,448	6449,0497	3972,427	3173,715

ΠΙΝΑΚΑΣ 10. Αποτελέσματα συνολικού κόστους για 30 χρόνια λειτουργίας
περιοχής Ρόδου (α' τρόπος υπολογισμού) ($i = 0,04$)

z	Q (Ah)	C ₁₀	C ₂₀	C ₃₀	C _{10/10}	C _{20/20}	C _{30/30}
110	9600	52735,229	59746,683	63697,162	5273,5229	2987,334	2123,239
115	8200	50245,055	56564,320	60044,772	5024,5055	2828,216	2001,492
120	7400	49259,357	55198,915	58413,230	4925,9357	2759,946	1947,108
125	6600	48253,441	53809,514	56755,281	4825,3441	2690,476	1891,843
130	5800	47225,097	52393,430	55067,927	4722,5097	2619,672	1835,598
135	5100	46437,704	51268,658	53704,783	4643,7704	2563,433	1790,159
140	4300	45358,434	49791,838	51950,390	4535,8434	2489,592	1731,680
145	3500	44245,218	48274,385	50151,051	4424,5218	2413,719	1671,702
150	2700	43090,127	46706,717	48296,099	4309,0127	2335,336	1609,870
155	2400	43303,862	46792,121	48279,676	4330,3862	2339,606	1609,323
160	2000	43221,446	46520,269	47866,180	4322,1446	2326,013	1595,539
165	1700	43409,626	46575,452	47816,572	4340,9626	2328,773	1593,886
170	1500	43877,411	46968,535	48142,931	4387,7411	2348,427	1604,764
175	1400	44632,474	47708,775	48855,543	4463,2474	2385,439	1628,518
180	1400	45679,360	48801,651	49960,497	4567,9360	2440,083	1665,350
185	1400	46724,480	49892,672	51063,571	4672,4480	2494,634	1702,119
190	1300	47472,590	50625,348	51768,327	4747,2590	2531,267	1725,611
195	1300	48514,318	51712,805	52867,795	4851,4318	2585,640	1762,260
200	1300	49554,416	52798,550	53965,530	4955,4416	2639,928	1798,851
205	1300	50592,925	53882,627	55061,576	5059,2925	2694,131	1835,386
210	1300	51629,884	54965,075	56155,974	5162,9884	2748,254	1871,866
215	1200	52368,251	55687,237	56849,871	5236,8251	2784,362	1894,996
220	1200	53402,221	56766,545	57941,090	5340,2221	2838,327	1931,370
225	1200	54434,747	57844,337	59030,775	5443,4747	2892,217	1967,692
230	1200	55465,861	58920,647	60118,959	5546,5861	2946,032	2003,965
235	1100	56196,567	59634,455	60804,166	5619,6567	2981,723	2026,806
240	1100	57224,950	60707,897	61889,448	5722,4950	3035,395	2062,982
245	1100	58252,012	61779,951	62973,324	5825,2012	3088,998	2099,111
250	1100	59277,778	62850,644	64055,823	5927,7778	3142,532	2135,194

ΠΙΝΑΚΑΣ 11. Αποτελέσματα συνολικού κόστους για 30 χρόνια λειτουργίας περιοχής Ρόδου (α' τροπος υπολογισμού) ($i=0,16$)

z	Q (Ah)	C ₁₀	C ₂₀	C ₃₀	C _{10/10}	C _{20/20}	C _{30/30}
110	9600	60043,005	76698,807	93835,692	6004,3005	3834,940	3127,856
115	8200	56725,332	71724,270	86852,205	5672,5332	3586,214	2895,073
120	7400	55277,528	69368,660	83363,306	5527,7528	3468,433	2778,777
125	6600	53805,156	66979,428	79830,413	5380,5156	3348,971	2661,014
130	5800	52305,448	64552,667	76248,278	5230,5448	3227,633	2541,609
135	5100	51105,628	62546,517	73228,034	5110,5628	3127,326	2440,934
140	4300	49543,645	60033,972	69533,012	4954,3645	3001,699	2317,767
145	3500	47939,956	57463,700	65761,714	4793,9956	2873,185	2192,057
150	2700	46284,696	54821,864	61895,657	4628,4696	2741,093	2063,189
155	2400	46330,627	54562,588	61208,662	4633,0627	2728,129	2040,289
160	2000	46009,020	53789,306	59836,634	4600,9020	2689,465	1994,554
165	1700	46024,040	53487,938	59094,790	4602,4040	2674,397	1969,826
170	1500	46386,867	53674,121	59003,969	4638,6867	2683,706	1966,799
175	1400	47107,021	54361,170	59581,916	4710,7021	2718,058	1986,064
180	1400	48190,140	55556,962	60839,120	4819,0140	2777,848	2027,971
185	1400	49271,431	56750,715	62094,173	4927,1431	2837,536	2069,806
190	1300	49984,048	57428,770	62661,831	4998,4048	2871,438	2088,728
195	1300	51061,830	58618,607	63912,754	5106,1830	2930,930	2130,425
200	1300	52137,926	59806,563	65161,693	5213,7926	2990,328	2172,056
205	1300	53212,378	60992,685	66408,698	5321,2378	3049,634	2213,623
210	1300	54285,227	62177,018	67653,816	5428,5227	3108,851	2255,127
215	1200	54987,392	62842,782	68207,642	5498,7392	3142,139	2273,588
220	1200	56057,147	64023,665	69449,121	5605,7147	3201,183	2314,971
225	1200	57125,409	65202,882	70688,844	5712,5409	3260,144	2356,295
230	1200	58192,211	66380,472	71926,850	5819,2211	3319,024	2397,562
235	1100	58886,044	67036,253	72469,200	5888,6044	3351,813	2415,640
240	1100	59950,020	68210,692	73703,883	5995,0020	3410,535	2456,796
245	1100	61012,628	69383,605	74936,958	6101,2628	3469,180	2497,899
250	1100	62073,895	70555,024	76168,457	6207,3895	3527,751	2538,949

ΠΙΝΑΚΑΣ 12. Αποτελέσματα συνολικού κόστους για 30 χρόνια λειτουργίας περιοχής Ρόδου (α' τρόπος υπολογισμού) ($pbat=0,02$, $pel=0,04$)

z	Q (Ah)	C ₁₀	C ₂₀	C ₃₀	C _{10/10}	C _{20/20}	C _{30/30}
110	9600	62770,487	84055,579	110828,044	6277,0487	4202,779	3694,268
115	8200	59112,128	78224,699	101790,999	5911,2128	3911,235	3393,033
120	7400	57470,370	75386,115	97136,502	5747,0370	3769,306	3237,883
125	6600	55802,317	72509,482	92427,531	5580,2317	3625,474	3080,918
130	5800	54104,978	69590,325	87657,480	5410,4978	3479,516	2921,916
135	5100	52731,210	67152,015	83592,614	5273,1210	3357,601	2786,420
140	4300	50967,077	64135,511	78682,266	5096,7077	3206,776	2622,742
145	3500	49158,141	61053,370	73676,868	4915,8141	3052,668	2455,896
150	2700	47293,758	57889,772	68553,223	4729,3758	2894,489	2285,107
155	2400	47264,029	57448,350	67416,322	4726,4029	2872,418	2247,211
160	2000	46838,117	56419,996	65420,999	4683,8117	2821,000	2180,700
165	1700	46775,359	55931,039	64216,374	4677,5359	2796,552	2140,546
170	1500	47087,807	55999,334	63828,562	4708,7807	2799,967	2127,619
175	1400	47785,723	56640,083	64279,796	4778,5723	2832,004	2142,660
180	1400	48875,182	57862,280	65583,218	4887,5182	2893,114	2186,107
185	1400	49962,803	59082,387	66884,401	4996,2803	2954,119	2229,480
190	1300	50652,989	59713,585	67324,113	5065,2989	2985,679	2244,137
195	1300	51737,080	60929,683	68621,000	5173,7080	3046,484	2287,367
200	1300	52819,474	62143,853	69915,823	5281,9474	3107,193	2330,527
205	1300	53900,216	63356,145	71208,633	5390,0216	3167,807	2373,621
210	1300	54979,344	64566,606	72499,481	5497,9344	3228,330	2416,649
215	1200	55658,857	65184,848	72923,917	5565,8857	3259,242	2430,797
220	1200	56734,874	66391,775	74210,980	5673,4874	3319,589	2473,699
225	1200	57809,388	67596,996	75496,216	5780,9388	3379,850	2516,541
230	1200	58882,435	68800,550	76779,665	5888,2435	3440,028	2559,322
235	1100	59553,390	69408,168	77191,198	5955,3390	3470,408	2573,040
240	1100	60623,594	70608,495	78471,192	6062,3594	3530,425	2615,706
245	1100	61692,422	71807,260	79749,513	6169,2422	3590,363	2658,317
250	1100	62759,902	73004,496	81026,195	6275,9902	3650,225	2700,873

ΠΙΝΑΚΑΣ 13. Αποτελέσματα συνολικού κόστους για 30 χρόνια λειτουργίας περιοχής Ρόδου (α' τρόπος υπολογισμού) ($g_{bat}=0,06$, $g_{el}=0,03$, $g_m=0,04$)

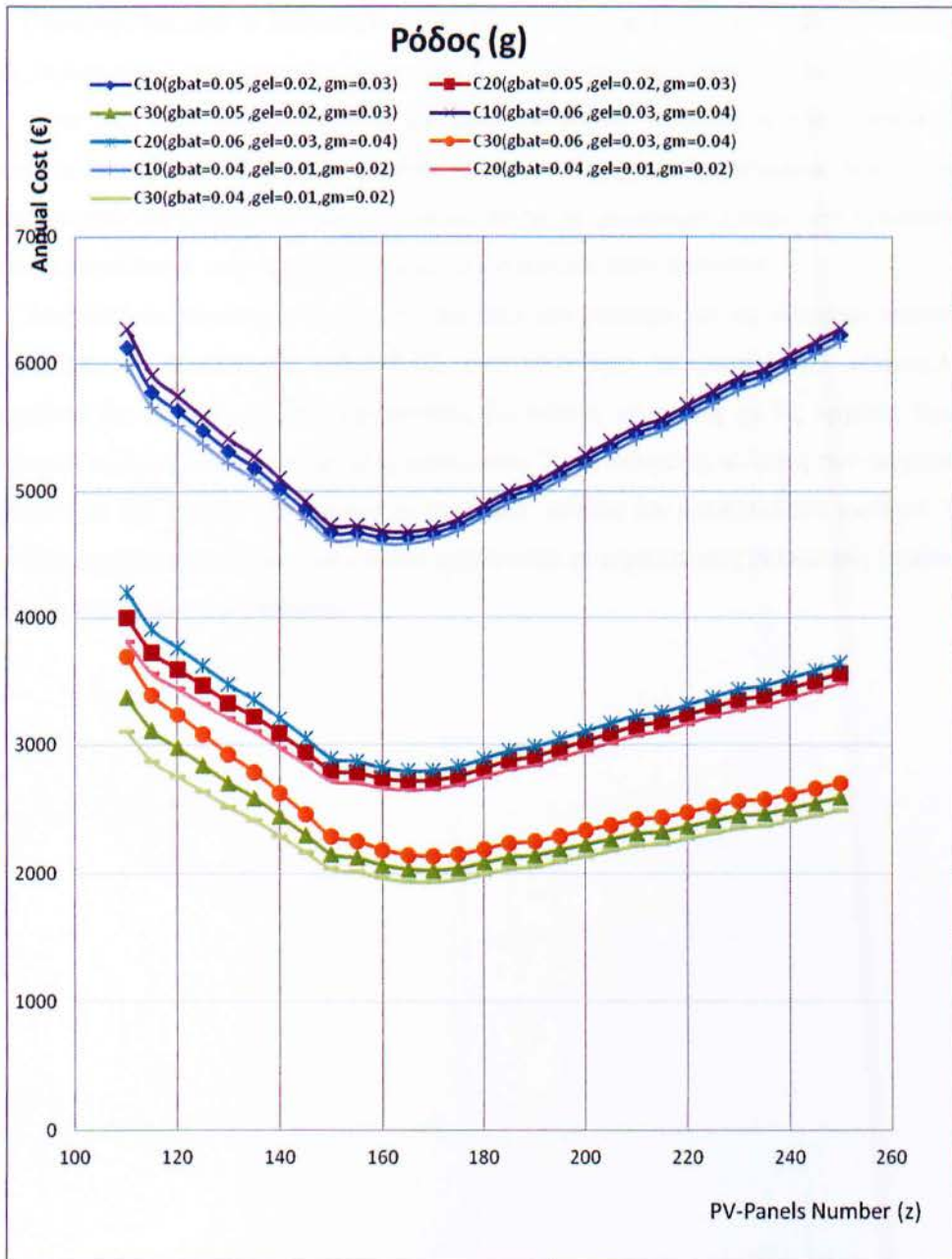
z	Q (Ah)	C ₁₀	C ₂₀	C ₃₀	C _{10/10}	C _{20/20}	C _{30/30}
110	9600	59872,185	76211,909	93142,927	5987,2185	3810,595	3104,764
115	8200	56551,022	71231,024	86135,586	5655,1022	3561,551	2871,186
120	7400	55098,613	68864,671	82621,386	5509,8613	3443,234	2754,046
125	6600	53621,664	66464,789	79063,275	5362,1664	3323,239	2635,443
130	5800	52117,409	64027,478	75456,008	5211,7409	3201,374	2515,200
135	5100	50912,873	62010,097	72410,449	5091,2873	3100,505	2413,682
140	4300	49346,405	59487,212	68690,463	4934,6405	2974,361	2289,682
145	3500	47738,268	56906,728	64894,292	4773,8268	2845,336	2163,143
150	2700	46078,603	54254,832	61003,457	4607,8603	2712,742	2033,449
155	2400	46119,111	53981,492	60290,357	4611,9111	2699,075	2009,679
160	2000	45792,315	53195,043	58892,572	4579,2315	2659,752	1963,086
165	1700	45801,953	52879,737	58124,747	4580,1953	2643,987	1937,492
170	1500	46159,197	53051,184	58007,712	4615,9197	2652,559	1933,590
175	1400	46873,562	53722,673	58559,199	4687,3562	2686,134	1951,973
180	1400	47950,683	54902,070	59789,695	4795,0683	2745,103	1992,990
185	1400	49025,986	56079,454	61018,085	4902,5986	2803,973	2033,936
190	1300	49732,846	56742,038	61559,420	4973,2846	2837,102	2051,981
195	1300	50804,659	57915,560	62783,766	5080,4659	2895,778	2092,792
200	1300	51874,795	59087,226	64006,169	5187,4795	2954,361	2133,539
205	1300	52943,297	60257,083	65226,678	5294,3297	3012,854	2174,223
210	1300	54010,204	61425,176	66445,340	5401,0204	3071,259	2214,845
215	1200	54706,660	62075,597	66973,047	5470,6660	3103,780	2232,435
220	1200	55770,490	63240,286	68188,146	5577,0490	3162,014	2272,938
225	1200	56832,836	64403,332	69401,525	5683,2836	3220,167	2313,384
230	1200	57893,729	65564,772	70613,223	5789,3729	3278,239	2353,774
235	1100	58581,887	66205,306	71129,601	5858,1887	3310,265	2370,987
240	1100	59639,971	67363,638	72338,046	5963,9971	3368,182	2411,268
245	1100	60696,694	68520,464	73544,916	6069,6694	3426,023	2451,497
250	1100	61752,084	69675,817	74750,244	6175,2084	3483,791	2491,675

ΠΙΝΑΚΑΣ 14. Αποτελέσματα συνολικού κόστους για 30 χρόνια λειτουργίας περιοχής Ρόδου (α' τροπος υπολογισμού) ($g_{bat}=0,04$, $g_{el}=0,01$, $g_{m}=0,02$)

4.2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ – ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από το παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε ότι στην περιοχή της Ρόδου το ελάχιστο κόστος σε όλες τις περιπτώσεις, στη δεκαετία, εικοσαετία και τριανταετία επιτυγχάνεται όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 165, πριν τον αριθμό αυτό και μετά ακολουθεί αύξουσα πορεία. Επιπλέον είναι προφανής η διάταξη του ελάχιστου κόστους ανάμεσα στις χρονικές περιόδους που ερευνούμε. Ανεξάρτητα από τον αριθμό των πάνελς έχουμε πάντα το μικρότερο κόστος στη τριακονταετία, το αμέσως μεγαλύτερο στην εικοσαετία και το υψηλότερο στην δεκαετία. Επιπρόσθετα παρατηρούμε και την διάταξη που υπάρχει για τις διάφορες περιπτώσεις του g . Πάντα ο συνδυασμός ($g_{bat}=0,06$, $g_{el}=0,03$, $g_m=0,04$) έχει το υψηλότερο κόστος και ο συνδυασμός ($g_{bat}=0,04$, $g_{el}=0,01$, $g_m=0,02$) το χαμηλότερο. Αυτό ισχύει και για τις τρεις χρονικές περιόδους.

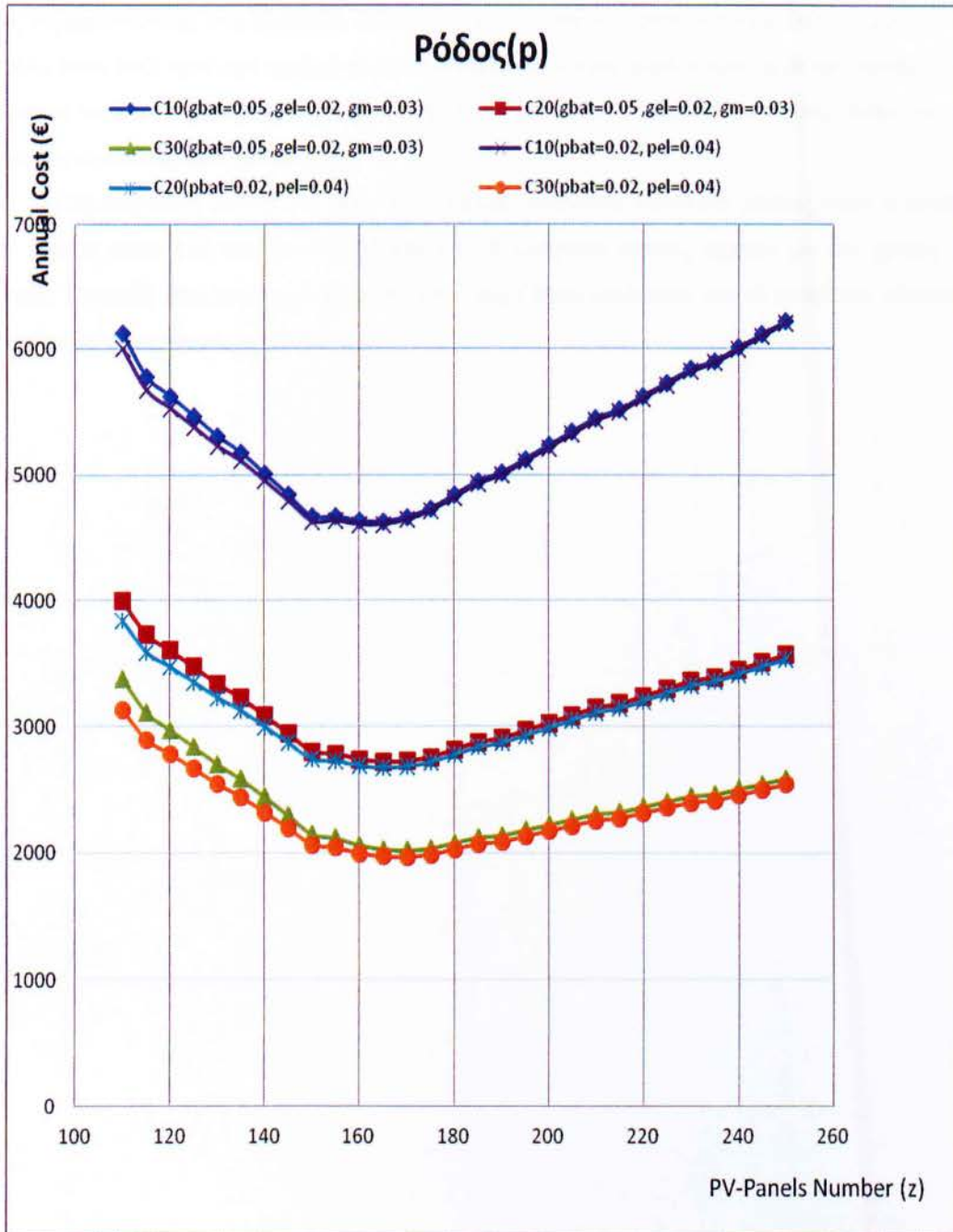
Ακόμα από το διάγραμμα 3 παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η μεταβλητή g , δηλαδή ο πληθωρισμός, αυξάνεται και το συνολικό κόστος και αντίστοιχα παρατηρείται μείωση του κόστους όταν το g μειώνεται. Συνέπως η αύξηση του πληθωρισμού είναι αρνητική μεταβλητή για την λειτουργία του φ/β σταθμού.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3

Παρατηρούμε από το διάγραμμα 4 ότι στην περιοχή της Ρόδου ότι το ελάχιστο κόστος σε όλες τις περιπτώσεις, στη δεκαετία, εικοσαετία και τριαντετία επιτυγχάνεται όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 165, πριν τον αριθμό αυτό και μετά ακολουθεί αύξουσα πορεία. Επιπλέον είναι προφανής η διάταξη του ελάχιστου κόστους ανάμεσα στις χρονικές περιόδους που ερευνούμε. Ανεξάρτητα από τον αριθμό των πάνελς έχουμε πάντα το μικρότερο κόστος στη τριακοντετία, το αμέσως μεγαλύτερο στην εικοσαετία και το υψηλότερο στην δεκαετία.

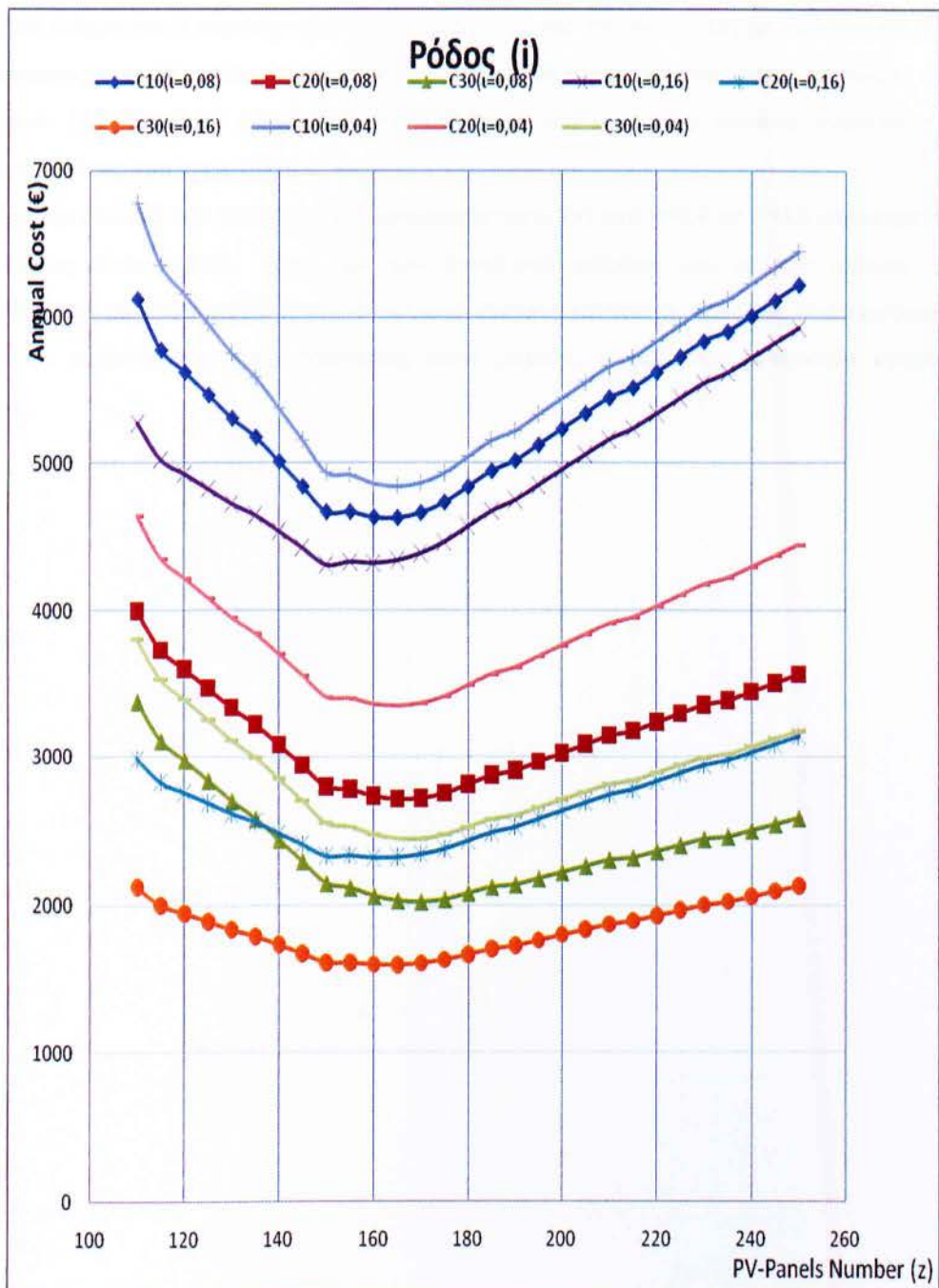
Επιπρόσθετα παρατηρούμε και την διάταξη που υπάρχει για τις διάφορες περιπτώσεις του p . Πάντα ο συνδυασμός ($p_{bat}=0,02$, $p_{el}=0,04$) έχει το χαμηλότερο κόστος. Ακόμα, παρατηρείται ότι οι τιμές με τις τεχνολογικές βελτιώσεις σε σχέση με τις αρχικές τιμές του οικονομικού κόστους δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις. Έτσι, και με τις αλλαγές των τεχνολογικών βελτιώσεων με την πάροδο του χρόνου το συνολικό κόστος δεν μεταβάλλεται αισθητά. Τέλος, από το διάγραμμα 4 συμπεραίνουμε ότι όσο αυξάνονται οι τεχνολογικές βελτιώσεις μειώνεται το συνολικό κόστος του φ/β σταθμού.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4

Παρατηρούμε από το διάγραμμα 5 ότι στην περιοχή της Ρόδου ότι το ελάχιστο κόστος σε όλες τις περιπτώσεις, στη δεκαετία, εικοσαετία και τριαντετία επιτυγχάνεται όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 165, πριν τον αριθμό αυτό ακολουθεί φθίνουσα πορεία ενώ μετά τον αριθμό αυτό αύξουσα πορεία. Επιπλέον είναι προφανής η διάταξη του ελάχιστου κόστους ανάμεσα στις χρονικές περιόδους που ερευνούμε.

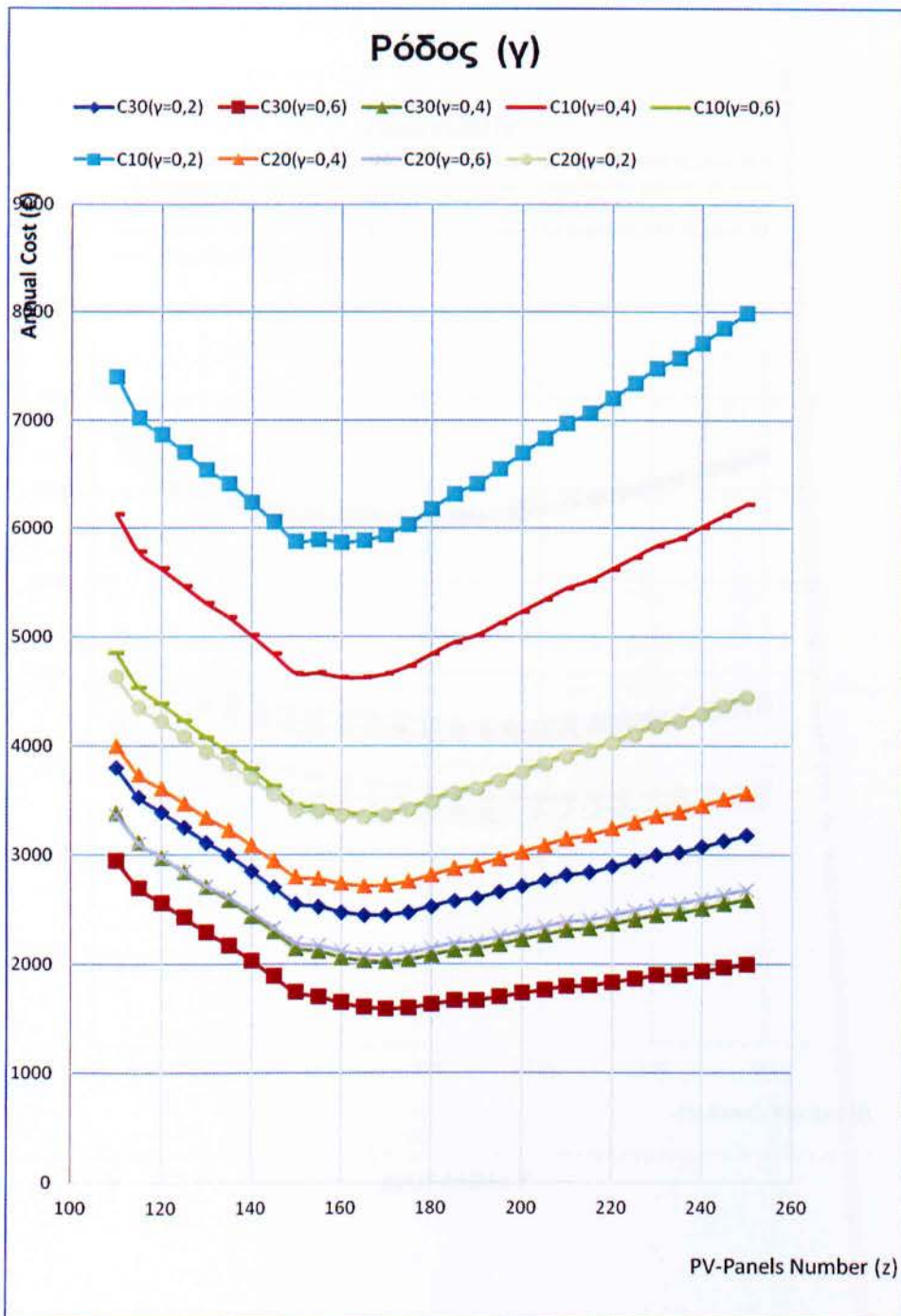
Παρατηρείται ακόμα ότι για $i=0,16$ έχουμε ελάχιστο συνολικό κόστος όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 150 και για $i=0,04$ και $i=0,08$ ελάχιστο κόστος έχουμε με την χρήση 165 πάνελς. Συνεπώς όσο μειώνεται το αρχικό κόστος i τόσο μειώνεται και το συνολικό κόστος με την πάροδο του χρόνου.



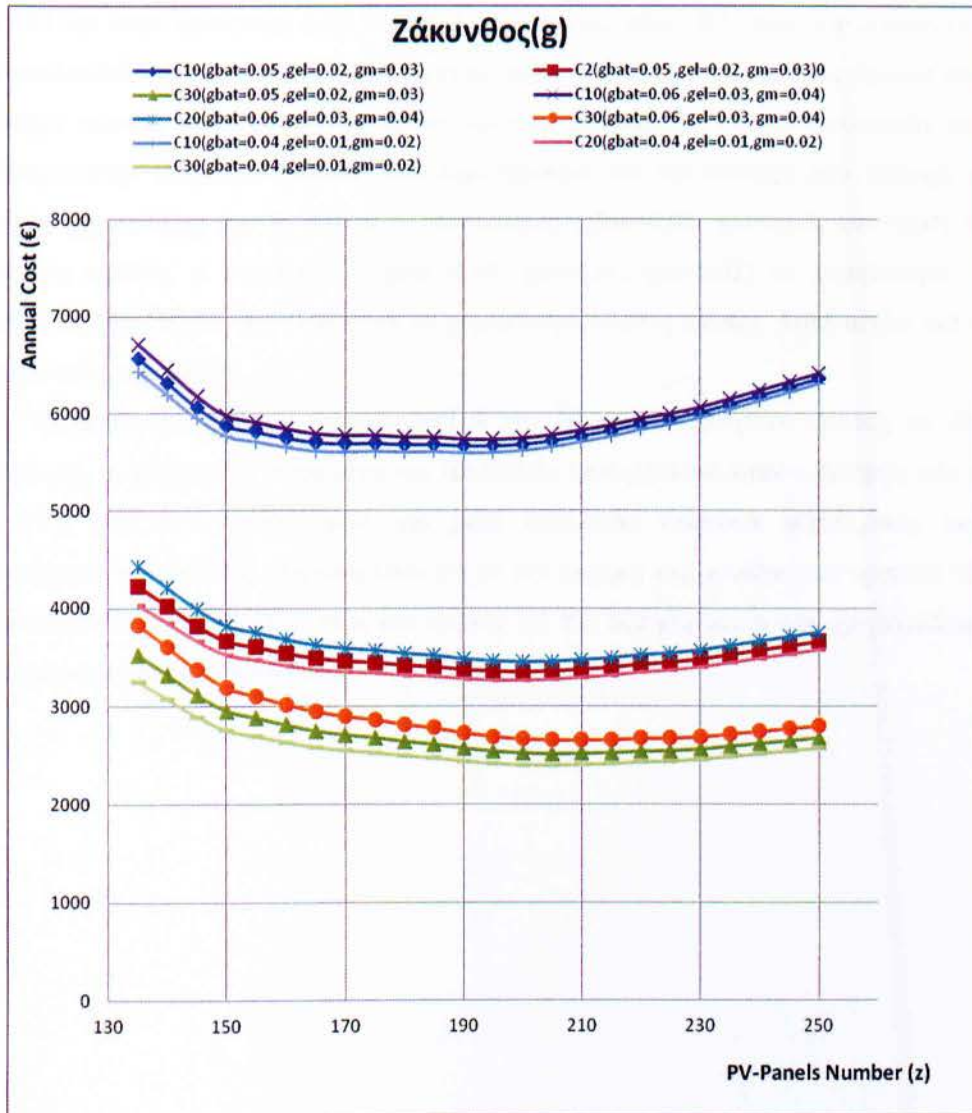
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5

Από διάγραμμα 6 παρατηρείται ότι στην περιοχή της Ρόδου το ελάχιστο κόστος σε όλες τις περιπτώσεις, στη δεκαετία, εικοσεατία και τριαντετία επιτυγχάνεται όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 165. Επιπλέον είναι προφανής η διάταξη του ελάχιστου κόστους ανάμεσα στις χρονικές περιόδους που ερευνούμε.

Με την αλλαγή του ποσοστού της χρηματοδότησης (γ) από $\gamma=0,4$ σε $\gamma=0,6$ παρατηρείται μείωση, όπως είναι λογικό, στην τιμή του συνολικού κόστους και με την μείωση της χρηματοδότησης σε $\gamma=0,2$ αύξηση του συνολικού κόστους αντίστοιχα. Συνεπώς συμπαίρνούμε ότι όταν το ποσοστό της χρηματοδότησης είναι μεγάλο, η τιμή του συνολικού κόστους μειώνεται.



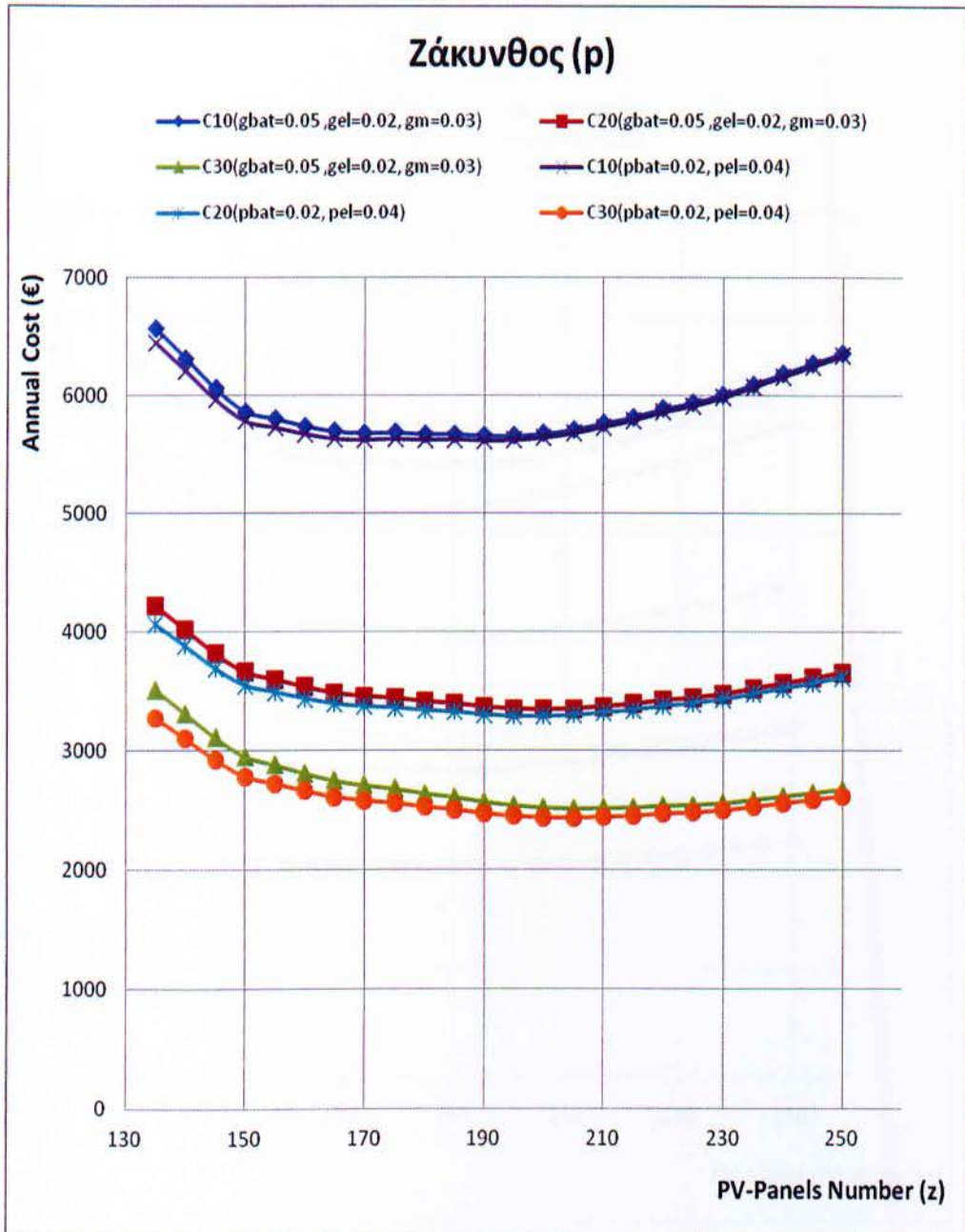
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6



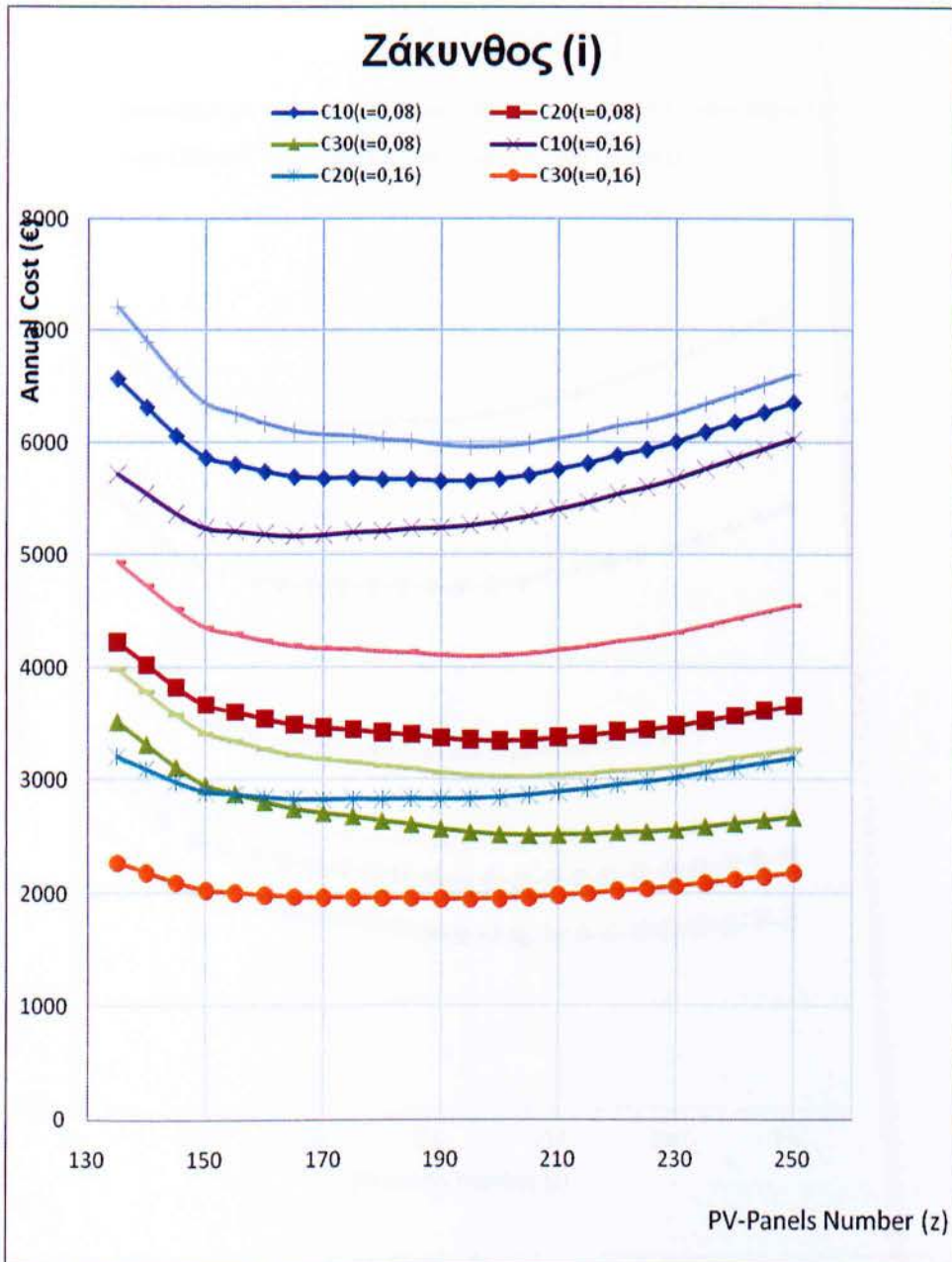
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7

Από τα διαγράμματα 7 και 8 παρατηρούμε για την περιοχή της Ζακύνθου ότι το ελάχιστο κόστος στη δεκαετία και στην εικοσαετία επιτυγχάνεται όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 190 και στην τριαντετία όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 205, πριν τον αριθμό αυτό και μετά ακολουθεί αύξουσα πορεία. Ανεξάρτητα από τον αριθμό των πάνελς έχουμε πάντα το μικρότερο κόστος στη τριακοντεατία, το αμέσως μεγαλύτερο στην εικοσαετία και το υψηλότερο στην δεκαετία. Επιπρόσθετα παρατηρούμε και την διάταξη που υπάρχει για τις διάφορες περιπτώσεις του g . Πάντα ο συνδυασμός ($g_{bat}=0,06$, $g_{el}=0,03$, $g_m=0,04$) έχει το υψηλότερο κόστος, ο συνδυασμός ($g_{bat}=0,04$, $g_{el}=0,01$, $g_m=0,02$) το χαμηλότερο και ο συνδυασμός ($p_{bat}=0,02$, $p_{el}=0,04$) έχει το χαμηλότερο κόστος επίσης. Αυτό ισχύει και για τις τρεις χρονικές περιόδους.

Παρατηρούμε από τα διαγράμματα 9 και 10 ότι το ελάχιστο κόστος σε όλες τις περιπτώσεις, στη δεκαετία, εικοσαετία και τριαντετία επιτυγχάνεται όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 190, πριν τον αριθμό αυτό και μετά ακολουθεί αύξουσα πορεία, όπως και στις πορηγούμενες περιπτώσεις. Παρατηρείται ότι με την αύξηση της μονάδας του αρχικού κόστους i μειώνεται και το συνολικό κόστος και ομοίως με την αύξηση του ποσού χρηματοδότησης γ έχουμε μείωση επίσης του κόστους.

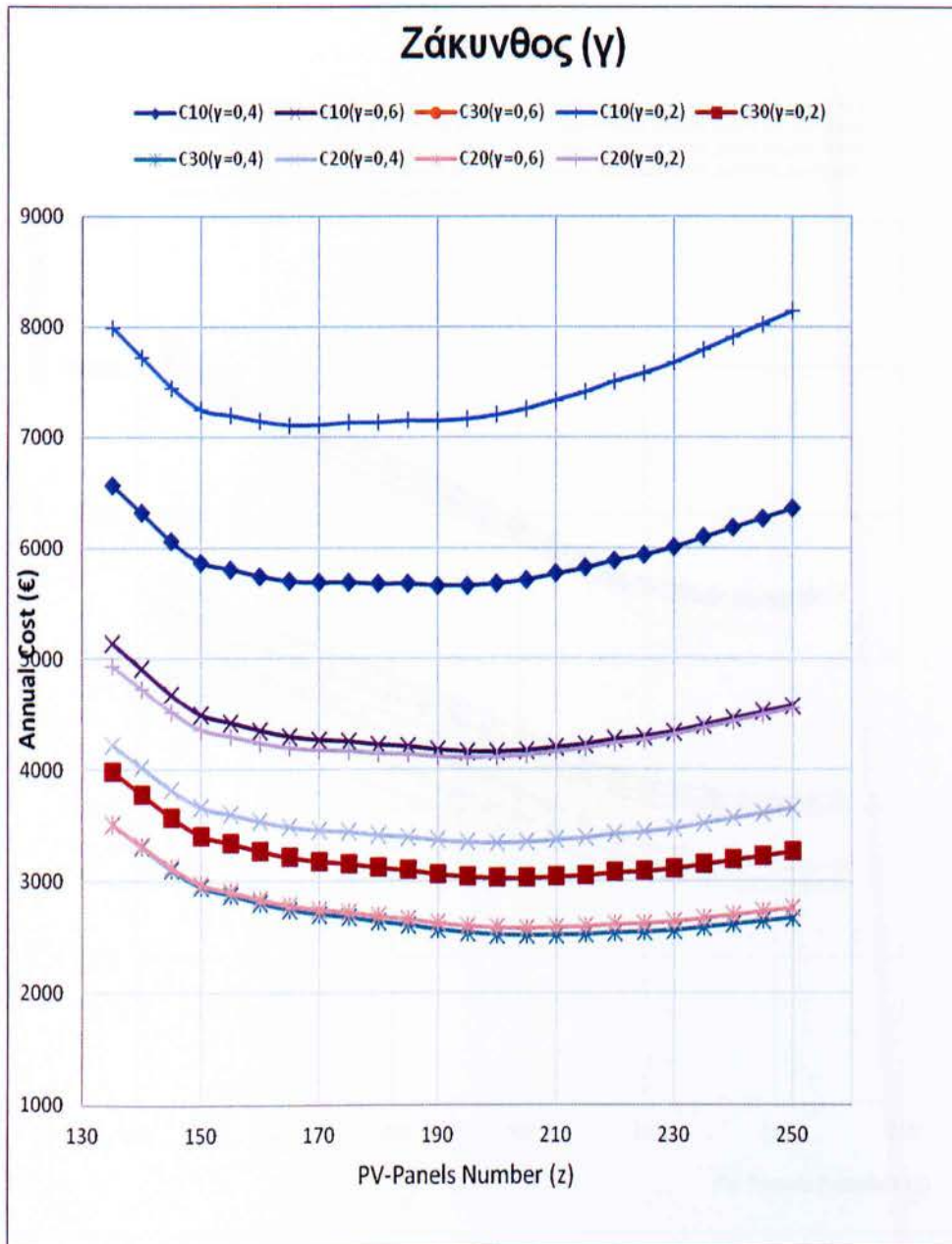


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8

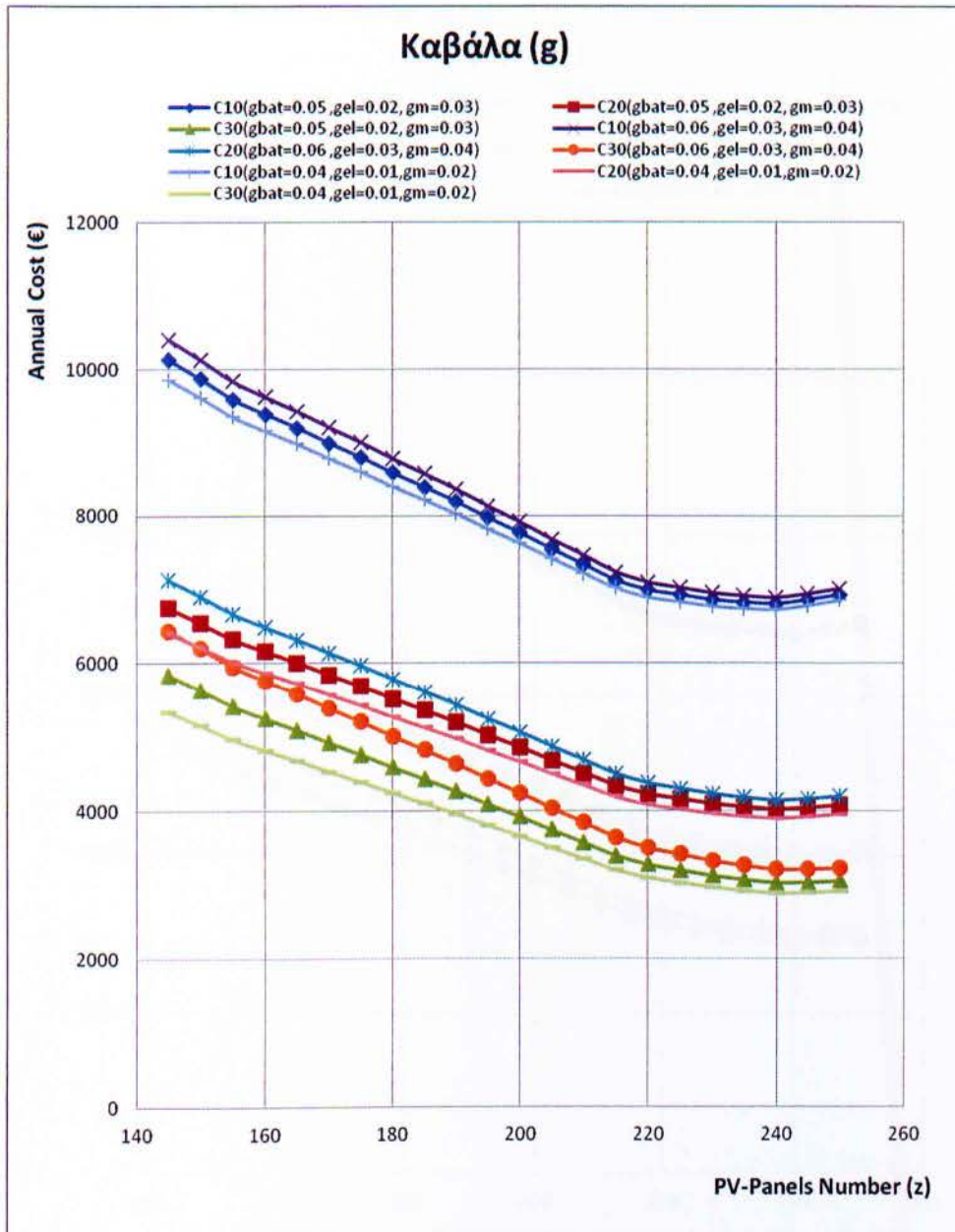


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9

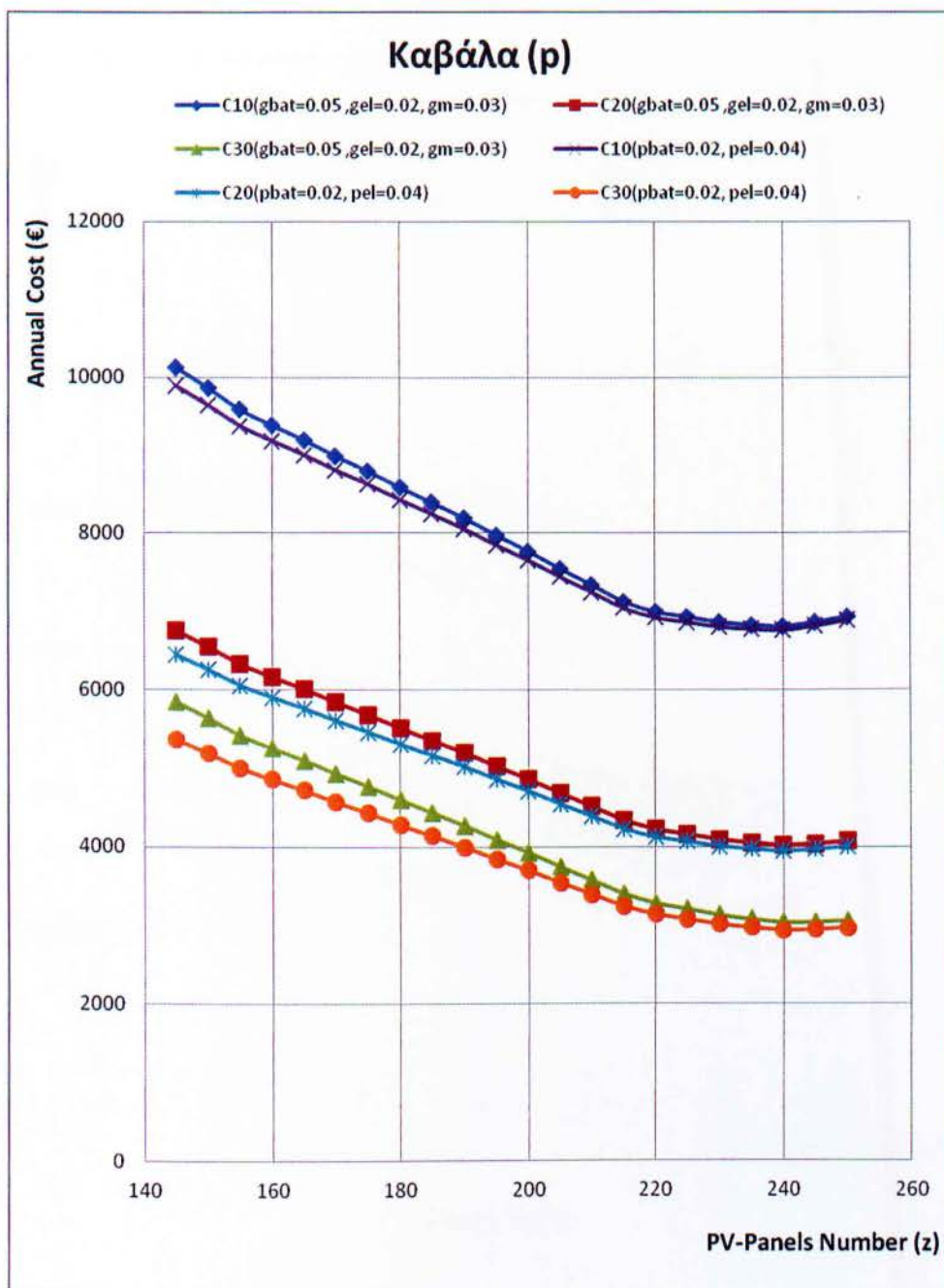




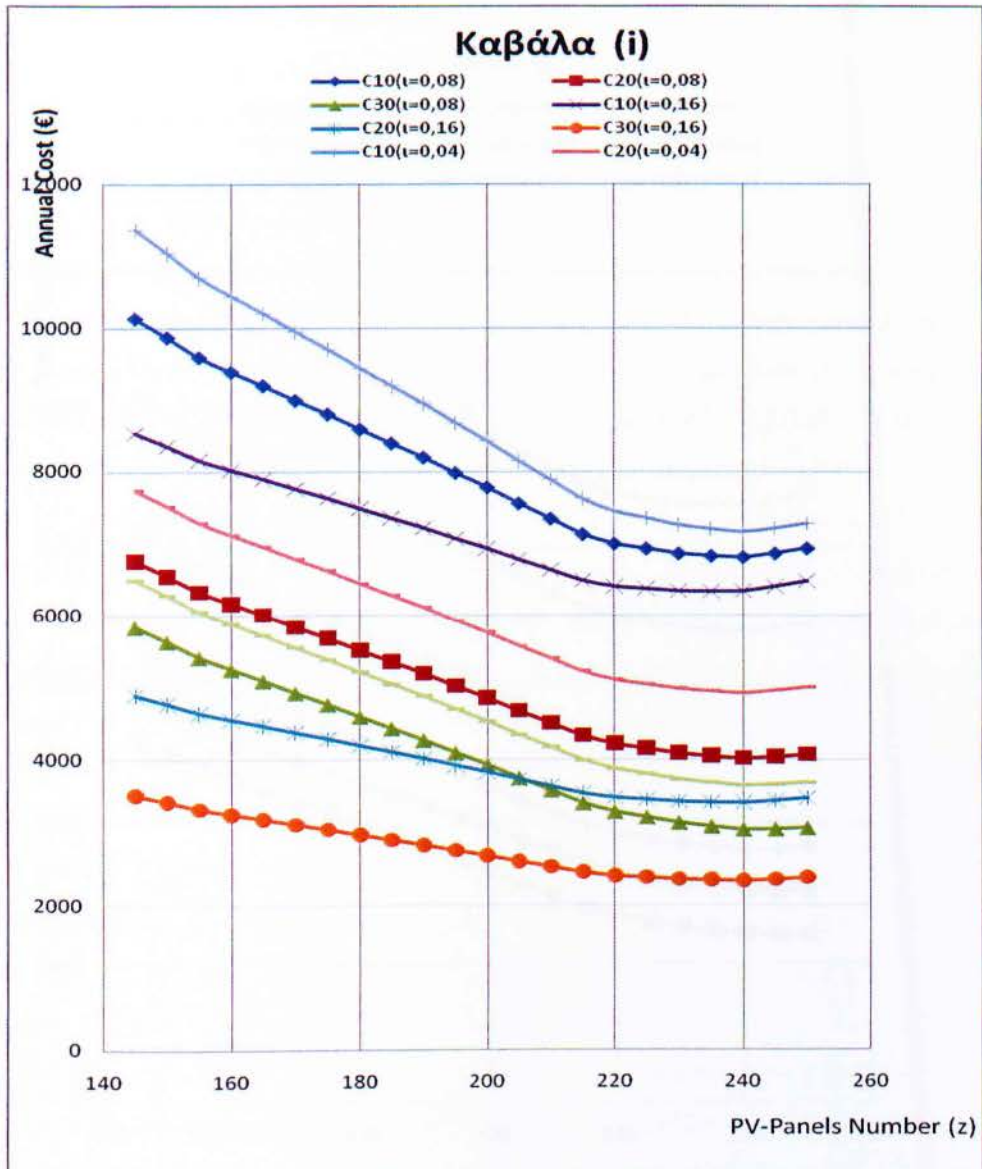
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10



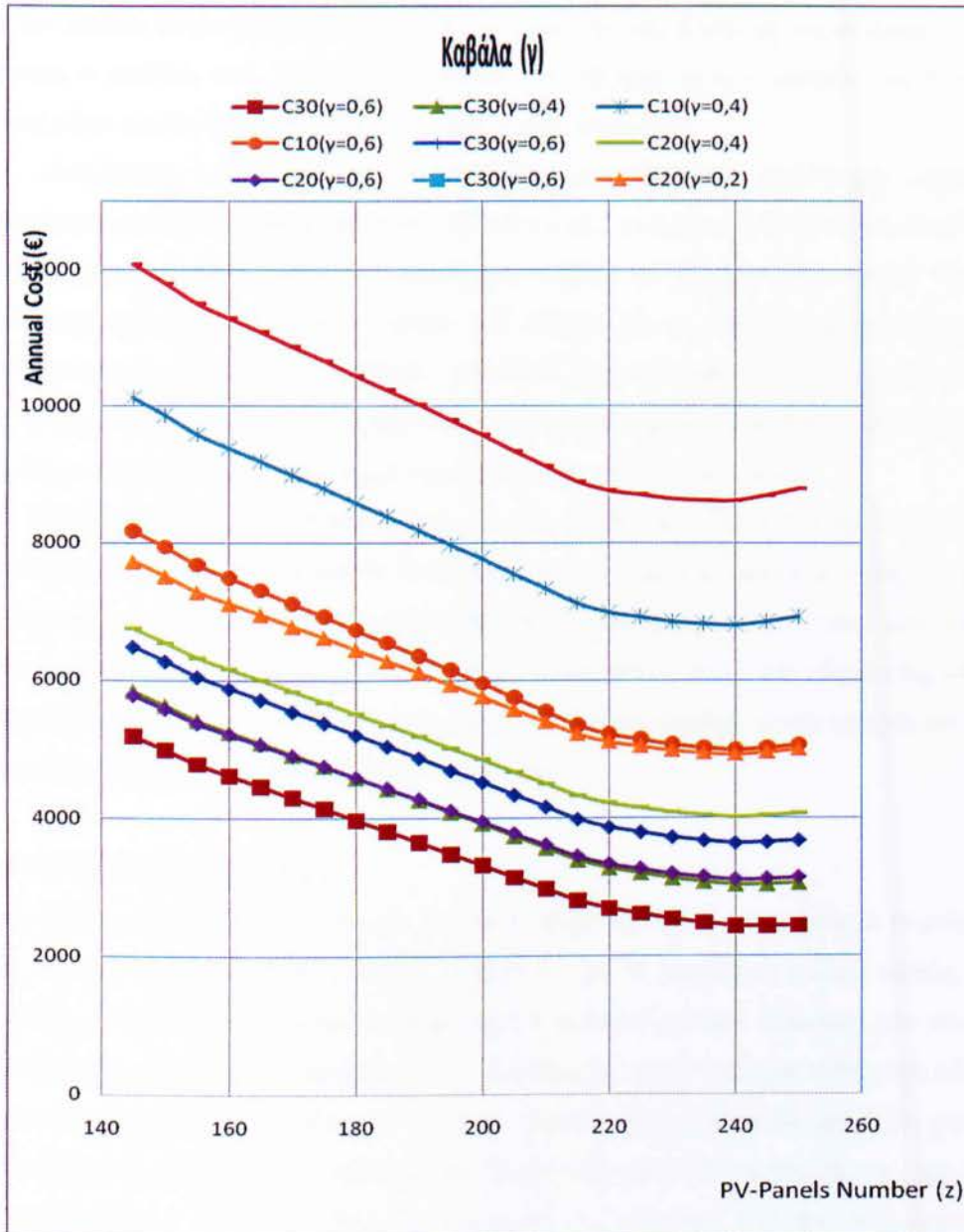
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14

Από τα διαγράμματα 11 και 12 παρατηρούμε για την περιοχή της Ζακύνθου ότι το ελάχιστο κόστος σε όλες τις περιπτώσεις, στη δεκαετία, εικοσαετία και τριαντετία επιτυγχάνεται όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 240, πριν τον αριθμό αυτό ακολουθεί φθίνουσα πορεία ενώ μετά τον αριθμό αυτό αύξουσα πορεία. Για την περιοχή της Καβάλας παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός των πάνελς και μειώνεται η ενέργεια έχουμε μείωση του συνολικού κόστους μέχρι τουλάχιστον όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 240.

Ανεξάρτητα από τον αριθμό των πάνελς έχουμε πάντα το μεγαλύτερο κόστος στη τριακοντεατία, το αμέσως μικρότερο στην εικοσαετία και το μικρότερο στην δεκαετία σε σχέση με τις άλλες 2 περιοχές όπου το μεγαλύτερο κόστος το έχουμε στην πρώτη δεκαετία. Επιπρόσθετα παρατηρούμε και την διάταξη που υπάρχει για τις διάφορες περιπτώσεις του g . Πάντα ο συνδυασμός ($g_{bat}=0,06$, $g_{el}=0,03$, $g_m=0,04$) έχει το υψηλότερο κόστος, ο συνδυασμός ($g_{bat}=0,04$, $g_{el}=0,01$, $g_m=0,02$) το χαμηλότερο και ο συνδυασμός ($p_{bat}=0,02$, $p_{el}=0,04$) έχει το χαμηλότερο κόστος επίσης. Αυτό ισχύει και για τις τρεις χρονικές περιόδους.

Παρατηρούμε από τα διαγράμματα 13 και 14 ότι το ελάχιστο κόστος σε όλες τις περιπτώσεις, στη δεκαετία, εικοσαετία και τριαντετία επιτυγχάνεται όταν ο αριθμός των πάνελς είναι 240, πριν τον αριθμό αυτό ακολουθεί φθίνουσα πορεία ενώ μετά τον αριθμό αυτό αύξουσα πορεία, όπως και στις πορηγούμενες περιπτώσεις. Παρατηρείται ότι με την αύξηση της μονάδας του αρχικού κόστους i μειώνεται και το συνολικό κόστος και ομοίως με την αύξηση του ποσού χρηματοδότησης γ έχουμε μείωση επίσης του κόστους.

4.3. ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από τα παραπάνω γραφήματα προέκυψε ότι στη περιοχή της Ρόδου επιτυγχάνεται το μικρότερο ετήσιο κόστος και για τις τρεις χρονικές περιόδους με το μικρότερο αριθμό πάνελς (165). Ακολουθεί η Ζάκυνθος (200) και τελευταία έρχεται η Καβάλα (240). Επιπλέον κάτι που είναι καθολικό και για τις τρεις περιοχές είναι ότι ο συνδυασμός ($p_{bat}=0,02$, $p_{el}=0,04$) έχει πάντα το χαμηλότερο κόστος όταν μεταβάλλουμε το p ενώ ο συνδυασμός ($g_{bat}=0,06$, $g_{el}=0,03$, $g_m=0,04$) έχει το υψηλότερο κόστος και ο συνδυασμός ($g_{bat}=0,04$, $g_{el}=0,01$, $g_m=0,02$) το χαμηλότερο όταν μεταβάλλουμε το g . Εν τέλει ο συνδυασμός της αύξησης του του συντελεστή των τεχνολογικών βελτιώσεων και μείωση του πληθωρισμού, έχουν σαν αποτέλεσμα την μείωση του συνολικού κόστους.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΚΑΛΔΕΛΛΗΣ Ι. – ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ Κ., “Scientific Research (results) – Energy balance of a stand-alone photovoltaic system, including variable system reliability impact”
2. ΚΑΛΔΕΛΛΗΣ Ι. – ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ Κ., “Εργαστηριακές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας”
3. ΚΑΛΔΕΛΛΗΣ Ι. – ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ Κ., “Minimum stand-alone wind power system cost solution for typical Aegean sea islands”
4. <http://www.ecotec.gr/> , “The energy market”
5. <http://www.epia.org/> , “Institute 2009, EPIA-Greenpeace”
6. <http://www.helapco.gr/>, “Σύνδεσμος εταιριών φωτοβολταϊκών, η Ελληνική αγορά”
7. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)
8. <http://solartechnologies.gr/>
9. <http://selasenergy.gr/>

