

14. Οικονομικά & Μάρκετινγκ Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Εμμανουήλ Φυλλαδιτάκης Brunel University UK

Μαθησιακά Αποτελέσματα

Μετά την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου, οι αναγνώστες θα πρέπει να είναι σε θέση να:

- Κατανοούν τους διάφορους οικονομικούς δείκτες που αφορούν τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.
- Αξιολογούν την οικονομική βιωσιμότητα των επενδύσεων σε διάφορων τύπων φωτοβολταϊκά συστήματα.
- Κατανοούν τις βασικές παραμέτρους του μάρκετινγκ των φωτοβολταϊκών.
- Κατανοήσουν τα απαιτούμενα κριτήρια για τη σύνθεση της κατάλληλης στρατηγικής μάρκετινγκ.

Εισαγωγή

Ο υπολογισμός των οικονομικών παραμέτρων ενός φωτοβολταϊκού (PV) συστήματος είναι το κλειδί για την κατανόηση του κατά πόσο μια επένδυση είναι εφικτή και λογική. Εκτός από μια μελέτη για να εκτιμηθεί το κατά πόσον η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι πρακτική και ρεαλιστική λύση, μια οικονομική ανάλυση είναι απαραίτητη για να καθοριστεί αν η οικονομική επένδυση σε αυτό το σύστημα είναι και οικονομικά λογική.

Σε γενικές γραμμές, τα φωτοβολταϊκά συστήματα χαρακτηρίζονται από μεγάλες αρχικές κεφαλαιακές επενδύσεις από τον χρήστη, έτσι απαιτούν προσεκτική οικονομική ανάλυση και προγραμματισμό. Το κεφαλαιακό κόστος μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης μειώνεται κάθε χρόνο, γιατί δεν είναι μόνο το κόστος του εξοπλισμού πέφτει, αλλά και λόγω της επίτευξης βελτιωμένων μεθόδων εγκατάστασης και χαμηλότερου κόστους συντήρησης. Για παράδειγμα, ακόμα και οι τιμές των φωτοβολταϊκών πλαισίων παρέμειναν σταθερές τα έτη 2004-2008, το κόστος των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων μειώθηκε λόγω των καλύτερων συστημάτων στήριξης και χαμηλότερου κόστους χρηματοδότησης [1]. Ωστόσο, παρόλο που το κεφαλαιακό κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων έχει μειωθεί σημαντικά κατά την τελευταία δεκαετία, παραμένει σημαντικό και είναι ο πρωταρχικός δυσμενής παράγοντας των επενδύσεων σε φωτοβολταϊκά συστήματα. Από την άλλη πλευρά, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι συνήθως μικρό

και συχνά αμελητέα σε σύγκριση με το κόστος για την αγορά ενέργειας από έναν πάροχο.

Δεδομένου ότι το αρχικό κεφαλαιακό κόστος των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων είναι υψηλό, μια σωστή οικονομική ανάλυση είναι υψίστης σημασίας. Αυτόνομες εφαρμογές πρέπει να έχουν ακριβές μέγεθος και η παραγωγή των διασυνδεδεμένων συστημάτων να έχει εκτιμηθεί σωστά, διαφορετικά θα υπάρξουν σημαντικές χρηματικές επιβαρύνσεις στον ιδιοκτήτη. Απλοϊκή οικονομική αξιολόγηση με βάση παρούσες οικονομικές παραμέτρους δεν επαρκεί και εμπειρικές προσεγγίσεις είναι ανακριβείς και οικονομικά επικίνδυνες. Ωστόσο, μια σωστή οικονομική αξιολόγηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος δεν είναι περίπλοκη. Οι ακόλουθες ενότητες περιγράφουν τις ζωτικές οικονομικές παραμέτρους που έχουν σημασία για την οικονομική βελτιστοποίηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, μια οικονομική μέθοδο βελτιστοποίησης και παραδείγματα αξιολόγησης συστημάτων.

Μέθοδοι οικονομικής ανάλυσης

Η πιο κοινή μέθοδος εφαρμογής οικονομικών μηχανικών για φωτοβολταϊκά συστήματα είναι η αναγωγή όλων των μελλοντικών ταμειακών εσόδων στην παρούσα αξία τους. Η βασική ιδέα είναι ότι το χρήμα έχει μια αξία σε κάθε συγκεκριμένο χρόνο - ένα δεδομένο ποσό των χρημάτων θα αξίζει λιγότερο στο μέλλον από ό,τι σήμερα. Αυτή είναι η βασική από τις δύο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι οικονομικής ανάλυσης για φωτοβολταϊκά συστήματα, του κόστους κύκλου ζωής (LCC) και των αποταμιεύσεων κύκλου ζωής (LCS).

Η μέθοδος LCC είναι το άθροισμα του κάθε κόστους που σχετίζεται με την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση πάνω σε μια περίοδο ανάλυσης, η οποία συνήθως είναι η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης. Όλα τα έξοδα ανάγονται πίσω στην παρούσα αξία τους (με μείωση), χρησιμοποιώντας ένα εναλλακτικό προεξοφλητικό επιτόκιο και συμπεριλαμβανομένου του πληθωρισμού. Όλες οι μεγάλες ταμειακές ροές θα πρέπει να αξιολογούνται, συμπεριλαμβανομένων των λεπτομερειών που είναι σημαντικές.

Η μέθοδος LCS ορίζεται απλά ως η διαφορά μεταξύ του κόστους LCC μίας πηγής ενέργειας συμβατικού ορυκτού καύσιμου και το κόστος LCC της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης που θα το αντικαταστήσει ή θα το υποβοηθήσει.

Βασικοί οικονομικοί δείκτες

Η βάση αυτής της μεθόδου ανάλυσης είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο (discount rate - d). Το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι ο πολλαπλασιαστής που μετατρέπει το αναμενόμενο νομισματικό εισόδημα ενός συστήματος στη τρέχουσα οικονομική του αξία. Ακόμα κι αν είναι σημαντική η επιλογή ενός ρεαλιστικού αριθμού για το προεξοφλητικό επιτόκιο, μπορεί κανείς να κάνει μόνο μια ειδική εικασία. Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα, αυτό μπορεί να είναι το επιτόκιο των λογαριασμών ταμειυτηρίου ή οι τόκοι του δανείου που χρηματοδότησε το φωτοβολταϊκό σύστημα.

Ο πληθωρισμός (inflation - i) είναι μία άλλη αναγκαία οικονομική παράμετρος που πρέπει να αξιολογηθεί από τον χρήστη και θα πρέπει να βασίζεται τόσο στο τρέχον ποσοστό του πληθωρισμού όσο και σε ιστορικές παραμέτρους. Σημειώνεται ότι το ποσοστό του πληθωρισμού των διαφόρων προϊόντων και υπηρεσιών διαφέρει, ως εκ τούτου, η χρήση ενός μέσου ποσοστού πληθωρισμού καθολικά μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα. Για να είναι έγκυρη οικονομική ανάλυση, διαφορετικά ποσοστά πληθωρισμού θα πρέπει να αξιολογούνται για το κόστος των καυσίμων, τα προϊόντα και διάφορες υπηρεσίες.

Η εκτίμηση ενός προεξοφλητικού επιτοκίου είναι αναγκαία για την εκτίμηση της αξίας των τμημάτων που μπορεί να χρειάζονται αντικατάσταση μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, όπως μπαταρίες, το μελλοντικό κόστος των υπηρεσιών, καθώς και την αξία του όλου συστήματος μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Αυτό οδηγεί στον Συντελεστή Παρούσας Αξίας (Present Value Coefficient - PVC). Όπου n οι χρονικές περίοδοι (συνήθως χρόνια), ο τύπος PVC είναι:

$$PVC = \frac{1}{(1 + d)^n}$$

Το PVC χρησιμοποιείται για να μετατρέψει τη μελλοντική αξία ενός χρηματικού ποσού, είτε πρόκειται για έσοδα ή για έξοδα, στην παρούσα του αξία. Ο τύπος εμφανίζει την παρούσα αξία (PV) ενός χρηματικού ποσού αν του μελλοντική αξία (FV) που είναι γνωστή είναι:

$$PV = FV \times PVC = FV \times \frac{1}{(1 + d)^n}$$

Αυτή η φόρμουλα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αναγωγή γνωστών οικονομικών ροών στις μελλοντικές τους αξίες.

Για παράδειγμα, εάν οι μπαταρίες ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να αντικατασταθούν μετά από επτά χρόνια, η παρούσα αξία τους μπορεί να εκτιμηθεί υπολογίζοντας το τρέχον κόστος τους, υποθέτοντας ένα προεξοφλητικό επιτόκιο με το n να ισούται με επτά. Υποθέτοντας ότι η αντικατάσταση της μπαταρίας θα κοστίσει 10.000 € και ένα προεξοφλητικό επιτόκιο 5%, τότε η αξία της αντικατάστασής τους μετά από επτά χρόνια είναι:

$$PV_b = 10.000\text{€} \times \frac{1}{(1 + 0,05)^7} = 7.106,81\text{€}$$

Το συνολικό κόστος των αντικαταστάσεων μερών του συστήματος (C_R) είναι απλά το άθροισμα της παρούσας αξίας των εξαρτημάτων πολλαπλασιαζόμενο με τους συντελεστές παρούσας αξίας τους. Όπου το z είναι το τμήμα που απαιτεί αντικατάσταση και C_z το τρέχον κόστος του εν λόγω τμήματος, το C_R δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$C_R = \sum_z PVC_z \times C_z$$

Εκτός από το κόστος των ανταλλακτικών, ο μηχανικός πρέπει να αξιολογήσει το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Αυτό το κόστος είναι συνήθως θεωρείται σταθερό κάθε χρόνο για τη ζωή της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, αλλά, όπως και όλα τα χρηματικά ποσά, η πραγματική του αξία μειώνεται κάθε χρόνο. Για τον υπολογισμό του κόστους λειτουργίας και συντήρησης (C_M), είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί το ανακτώμενο κεφάλαιο (CRF). Αν η διάρκεια ζωής της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών είναι n χρόνια και i_M ο ρυθμός πληθωρισμού του κόστους λειτουργίας και συντήρησης, τότε ο CRF του κόστους λειτουργίας και συντήρησης (CRF_M / CRF_O) δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$CRF_M = \frac{i_M(1+i_M)^N}{(1+i_M)^N - 1}$$

$$CRF_O = \frac{i_O(1+i_O)^N}{(1+i_O)^N - 1}$$

Ως εκ τούτου, εάν το ετήσιο κόστος συντήρησης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι 500 € και το ποσοστό του πληθωρισμού των υπηρεσιών συντήρησης είναι 3%, η παρούσα αξία του κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 25 ετών είναι:

$$CRF_M = \frac{0,03 \times (1 + 0,03)^{25}}{(1 + 0,03)^{25} - 1} = \frac{0,063}{1,094} = 0,0576/year$$

$$C_M = \frac{500€}{0,0576} = 8680.55€$$

Ο CRF δεν περιορίζεται στην αξιολόγηση του κόστους συντήρησης και λειτουργίας. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για την αξιολόγηση της απόσβεσης κάθε κόστους, όπως ετήσιες τραπεζικές πληρωμές. Αν το κεφαλαιακό κόστος (CC) ενός ολόκληρου συστήματος φωτοβολταϊκών ή αναβαθμίσεις της απόδοσης / μερών του (όπως ηλιακοί ιχνηλάτες) καλύπτεται από ένα τραπεζικό δάνειο με επιτόκιο i_b και έχει χρόνο αποπληρωμής N_b , τότε το ετήσιο κόστος (Y) γίνεται:

$$Y = CC \times CRF_b = CC \times \frac{i_b(1+i_b)^{N_b}}{(1+i_b)^{N_b} - 1}$$

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε την εγκατάσταση ενός ιχνηλάτη (tracker) που θα ενισχύσει την παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος κατά 3.000 kWh ανά έτος. Ο tracker κοστίζει 8.000 € και η αγορά θα καλυφθεί από τραπεζικό δανεισμό 8 ετών με επιτόκιο 7%. Έτσι, έχουμε ότι:

$$Y_{ex} = 8.000€ \times \frac{0,07 \times (1 + 0,07)^8}{(1 + 0,07)^8 - 1} = 1339,74€/year$$

Εάν ο χρήστης επιθυμεί να καλύψει αυτό το κόστος εξ 'ολοκλήρου από την παραγωγή ενέργειας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε όλη τη διάρκεια του

δανείου, τότε η τιμή ανά kWh καθ' όλη την περίοδο αυτή θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας (EC) αυτού του παραδείγματος, το οποίο είναι:

$$EC_{ex} = \frac{1339,74€/year}{3000kWh/year} = 0,44658€/kWh$$

Το αρχικό κόστος επένδυσης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος (CC_S) αποτελείται από δύο μέρη - το κόστος που εξαρτάται από την περιοχή των συλλεκτών (C_A) και το κόστος ανεξάρτητο της επιφάνειας των συλλεκτών (C_E). Η πρώτη περιλαμβάνει όλα τα εξαρτήματα που εξαρτώνται από την συλλεκτική επιφάνεια του ΦΒ συστήματος (π.χ. φωτοβολταϊκά πάνελ, καλωδίωση, συρμοί, κλπ.) και το δεύτερο τα μέρη που δεν εξαρτώνται από το μέγεθος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (π.χ. όργανα μέτρησης, μπαταρίες, κόστος σύνδεσης στο δίκτυο, κλπ.). Στην περίπτωση που η περιοχή των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι A , το κεφαλαιακό κόστος του συστήματος είναι:

$$CC_S = A \times C_A + C_E$$

Ως βασικό παράδειγμα, ας υποθέσουμε μία διασυνδεδεμένη ΦΒ εγκατάσταση που θα καλύπτει $150m^2$. Το κόστος των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι 300 € για πάνελ $300W_p$ δύο επί ένα μέτρα. Το κόστος των ραγών τοποθέτησης υπολογίζεται σε 50 € ανά τετραγωνικό μέτρο. Επιπλέον, το σύστημα απαιτεί ένα κατάλληλο αντιστροφέα (inverter) και το εφάπαξ κόστος σύνδεσης με το δίκτυο είναι 2.000 €.

Για τον υπολογισμό του CC_S , αρχικά θα πρέπει να εκτιμηθεί το μέγεθος της εγκατάστασης. Υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει καμία κλίση, δηλαδή ολόκληρη η επιφάνεια μπορεί να καλυφθεί με φωτοβολταϊκά πάνελ, 75 πάνελ μπορούν να χωρέσουν στην περιοχή της εγκατάστασής μας. Το κόστος των πάνελ θα είναι 150 € / m^2 και ένας αντιστροφέας που μπορεί να αντέξει $22.5kW_p$ είναι απαραίτητος. Ένας τέτοιος αντιστροφέας εκτιμάται ότι θα κοστίσει 6.000 €. Ως εκ τούτου, το CC_S αυτού του συστήματος είναι:

$$CC_S = A \times (150 + 50) + 6.000 + 2.000 = 38.000€$$

Τέλος, αν το κεφαλαιακό κόστος του συστήματος είναι γνωστό, το συνολικό Κόστος Κύκλου Ζωής (LCC) ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι:

$$LCC = CC_S + C_R + C_M - RV$$

Όπου RV είναι η εναπομείνουσα αξία του συστήματος στο τέλος της ζωής του. Συχνά, αυτή η τιμή θεωρείται μηδέν.

Διασυνδεδεμένα Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Για την αξιολόγηση των διασυνδεδεμένων εγκαταστάσεων, η μέθοδος LCC χρησιμοποιείται για την αναγωγή όλων των ταμειακών ροών σε παρούσες αξίες τους.

Το ετήσιο οικονομικό όφελος (*AECB*) ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι το άθροισμα των καθαρών ταμειακών ροών (έξοδα μείον έσοδα) κατά την περίοδο της οικονομικής ανάλυσης. Η καθαρή ταμειακή ροή *CF* για το έτος *N* είναι:

$$CF_N = [ES \times FIT \times (1 + i_{FIT})^{N-1}] - BPP - [C_{MN} \times (1 + i_{CMN})^{N-1}]$$

Όπου *ES* είναι η ενέργεια που πωλείται στο δίκτυο κατά τη διάρκεια του έτους *N*, *FIT* είναι η τιμή αγοράς της ενέργειας από το δίκτυο, *i_{FIT}* είναι ο ετήσιος ρυθμός πληθωρισμού της, *BPP* είναι η ετήσια τραπεζική καταβολή στην περίπτωση ενός δανείου, η *C_{MN}* είναι το ετήσιο κόστος συντήρησης και *i_{CM}* είναι ο ετήσιος ρυθμός πληθωρισμού του. Περισσότεροι δείκτες, όπως το κόστος λειτουργίας ή οι αναμενόμενες αντικαταστάσεις μέρων, μπορούν να προστεθούν επίσης.

Οι ετήσιες τραπεζικές πληρωμές *BPP* για ένα δάνειο *LS*, για περίοδο *LNP* ετών και υποθέτοντας ένα επιτόκιο του δανείου του *i_{bl}* υπολογίζονται σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$BPP = LS \times \left(i_{bl} + \frac{i_{bl}}{(1 + i_{bl})^{LNP} - 1} \right)$$

Συνήθως, το μέγεθος του δανείου ισούται με το κεφαλαιακό κόστος του συστήματος και η διάρκεια του δανείου είναι ίση με την εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης.

Τέλος, η Καθαρή Παρούσα Αξία (*NPV*) της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι:

$$NPV = \left[\sum_1^N \frac{CF_N}{(1 + d)^N} \right] - ICC_S$$

Όπου *ICC_S* είναι το αρχικό κεφαλαιακό κόστος του συστήματος που δεν καλύπτεται από τραπεζικό δάνειο.

Για παράδειγμα, ας υπολογίσουμε το *NPV* ενός διασυνδεδεμένου συστήματος που αποτελείται από πενήντα 300 W_p πάνελ. Κάθε πάνελ κοστίζει 300 €. Οι ράγες για τα πάνελ εκτιμάται ότι θα κοστίσουν 100 € ανά πλαίσιο, ο μετατροπέας κοστίζει 3.800 € και το εφάπαξ κόστος εγκατάστασης και διασύνδεσης εκτιμάται ότι είναι 1.500 €. Το ετήσιο κόστος συντήρησης είναι 250 € και έχει ένα ποσοστό πληθωρισμού 2%. Το *FIT* είναι 0,3 € / kWh και έχει ένα ποσοστό πληθωρισμού του 1%. Το σύνολο του αρχικού κόστους καλύπτεται από ένα τραπεζικό δάνειο 25 ετών με επιτόκιο 5,5%. Προσομοιώσεις εμφανίζουν ότι η ετήσια παραγωγή ενέργειας του συστήματος θα είναι 20.000 kWh. Υποθέτοντας ότι απαιτείται ένα ελάχιστο επενδυτικό ποσοστό 4% και κύκλος ζωής 25 ετών, ποιο είναι το *NPV* του συστήματος;

Το αρχικό κόστος του συστήματος είναι:

$$CC_S = 50 \times (300 + 100) + 3.800 + 1.500 = 25.300\text{€}$$

Θα καλυφθεί πλήρως από τραπεζικό δάνειο με ετήσιες πληρωμές:

$$BPP = 25.300\text{€} \times \left(0,055 + \frac{0,055}{(1 + 0,055)^{25} - 1} \right) = 1886,1\text{€/έτος}$$

Η ετήσια χρηματοροή CF ανά έτος N είναι:

$$CF_N = \left[20.000\text{kWh} \times \frac{0,3\text{€}}{\text{kWh}} \times (1 + 0,01)^{N-1} \right] - \frac{1886,1\text{€}}{\text{έτος}} - [250\text{€} \times (1 + 0,02)^{N-1}]$$

Έτσι, για παράδειγμα, το 8^ο έτος:

$$\begin{aligned} CF_8 &= \left[20.000\text{kWh} \times \frac{0,3\text{€}}{\text{kWh}} \times (1 + 0,01)^{8-1} \right] - \frac{1886,1\text{€}}{\text{έτος}} - [250\text{€} \times (1 + 0,02)^{8-1}] \\ &= 4259,5\text{€} \end{aligned}$$

Η ICC_S του συστήματος είναι μηδέν, έτσι το άθροισμα των αναγόμενων χρηματοροών μας δίνει το NPV του συστήματος:

$$NPV = \sum_1^N \frac{CF_N}{(1 + d)^N} = \frac{114299,1\text{€}}{(1 + 0,04)^{25}} = 42876,1\text{€}$$

Αυτόνομες ή Αυτοκαταναλωτικές Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις

Για αυτόνομες ή αυτοκαταναλωτικές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, η μέθοδος LCS είναι συνήθως κατάλληλη, δεδομένου ότι η οικονομική σκοπιμότητα της επένδυσης σε φωτοβολταϊκά πρέπει να συγκριθεί με άλλες πηγές ενέργειας. Το LCS ουσιαστικά δεν διαφέρει από τη μέθοδο LCC, με την εξαίρεση ότι η LCC της κάθε επιλογής πρέπει να αξιολογηθεί και τα οικονομικά αποτελέσματα να έρθουν σε σύγκριση μεταξύ τους.

Το ετήσιο οικονομικό όφελος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα υποστηρίξει ή θα αντικαταστήσει μια υπάρχουσα διασυνδεδεμένη εγκατάσταση μπορεί επίσης να χωριστεί σε δύο μέρη: το άμεσο οικονομικό όφελος (DECB) και το έμμεσο οικονομικό όφελος (IECB). Το άμεσο οικονομικό όφελος είναι, όπως υποδηλώνει το όνομα, το νομισματικό εισόδημα ετησίως. Για κάθε έτος N , μπορεί να εκφραστεί ως:

$$DECB_N = H_N \times EC_N \times [EPC_N \times (1 + i_{EPC})^{N-1}]$$

Όπου H είναι ο αριθμός των ημερών ανά έτος που η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση θα είναι λειτουργική, EC είναι το ηλεκτρικό κόστος ενέργειας ανά

kWh, EPC είναι η τρέχουσα ηλεκτρική ενέργεια ανά ημέρα που καλύπτεται από το ΦΒ σύστημα και i_{EPC} είναι ο ετήσιος ρυθμός πληθωρισμού της.

Για παράδειγμα, αν ένα φωτοβολταϊκό σύστημα λειτουργεί 24/7 και παράγει 60 kWh / ημέρα, αν το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ανά kWh είναι 0,015 € / kWh, τότε η DECB για το τρέχον έτος είναι:

$$DECB = 365 \times 60 \times 0,015 = 328,5\text{€}$$

Το IECB είναι μια εμπειρική τιμή, που αντιπροσωπεύει το αποτέλεσμα, για παράδειγμα:

Της μείωσης των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας.

Της αύξησης των πρόσθετων κοινωνικών υπηρεσιών (π.χ. υγεία, την ασφάλεια, κλπ.) που μπορεί να προκύψουν από τη μείωση των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων.

Της μείωσης της ανεργίας.

Της μείωσης της εθνικής ενεργειακής εξάρτησης από τις εισαγωγές.

Συχνά, ο IECB θεωρείται να είναι το ήμισυ της DECB [2]. Ως εκ τούτου, ο AECB γίνεται απλά $1,5 \times DECB$. Ωστόσο, για ιδιωτικές οικονομικές επενδύσεις, η IECB συνήθως δεν εξετάζεται και $AECB = DECB$.

Για παράδειγμα, ας συγκρίνουμε τις ακόλουθες τρεις επιλογές για μια περίοδο δέκα ημερολογιακών ετών. Το φορτίο θεωρείται ότι είναι κατά μέσο όρο 15.800 kWh ετησίως.

4 kW γεννήτρια πετρελαίου - Κεφαλαιακό κόστος 5000€, κόστος ενέργειας 0.09€/kWh.

4 kW γεννήτρια φυσικού αερίου- Κεφαλαιακό κόστος 4000€, κόστος ενέργειας 0.11€/kWh.

12 kW_p αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα - Κεφαλαιακό κόστος 40.000€, δίχως κόστος ενέργειας.

Υποθέτουμε ότι δεν θα απαιτηθεί η αντικατάσταση ανταλλακτικών και ότι ο πληθωρισμός του κόστους ενέργειας είναι 6% ετησίως.

Για την γεννήτρια πετρελαίου, έχουμε ενεργειακό κόστος:

$$\sum_{N=1}^{10} 15.800 \times 0,06 \times (1 - 0,06)^N = 20.825,66\text{€}$$

Μαζί με το αρχικό κόστος, το LCC γίνεται:

$$LCC_O = 5.000 + 12.495,39 = 25.825,66\text{€}$$

Ομοίως, η γεννήτρια αερίου έχει LLC:

$$\sum_{N=1}^{10} 15.800 \times 0,11 \times (1 - 0,06)^N = 22.908,22\text{€}$$

$$LCC_G = 4.000 + 16.660,52 = 26.908,22\text{€}$$

Κάτω από αυτές τις υποθέσεις, η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση δεν είναι μια ανταγωνιστική επένδυση, αφού το αρχικό κόστος είναι σημαντικά υψηλότερο από το κόστος κύκλου ζωής των γεννητριών ορυκτών καυσίμων. Αν όμως υποθέσουμε ότι το ΦΒ σύστημα θα μπορεί να πουλά την πλεονάζουσα ενέργεια στο δίκτυο με σταθερή τιμή 0,27 € για τα επόμενα 10 χρόνια, προεξοφλητικό επιτόκιο 0,03% και το ετήσιο πλεόνασμα ενέργειας είναι 4000 kWh, τότε έχουμε:

$$DECB_{PV} = 6.500 \times 0,27 = 1.755\text{€/έτος}$$

$$PV_{PV} = \left[\sum_{N=1}^{10} FV \times \frac{1}{(1 + d)^N} \right] = 15.419,62\text{€}$$

Έτσι, το κόστος κύκλου ζωής των φωτοβολταϊκών γίνεται:

$$LCC_{PV} = 40.000 - 15.419,62 = 24.580,38\text{€}$$

Η οποία τώρα εμφανίζεται ως ανταγωνιστική επένδυση σε σύγκριση με τις συμβατικές γεννήτριες ενέργειας.

Μάρκετινγκ Φωτοβολταϊκών

Μάρκετινγκ ορίζεται ως το σύνολο των μέτρων που λαμβάνονται για να προσελκύσουν πελάτες για εσάς και τα προϊόντα σας. Είναι ένα πολύ μεγάλο θέμα, αλλά αυτό μπορεί να χωριστεί σε τρεις κύριες ενότητες: βασικό μάρκετινγκ, συστηματικό σχεδιασμό και τις πωλήσεις. Το βασικό μάρκετινγκ συνήθως περιλαμβάνει μοναδικές, ανοργάνωτες δράσεις άμεσης ή έμμεσης επαφής. Οι πωλήσεις είναι η πιο άμεση μορφή επικοινωνίας με τους πελάτες και περιορίζεται συνήθως σε πρόσωπο-με-πρόσωπο επαφή ή τηλεφωνική επικοινωνία. Ο συστηματικός προγραμματισμός είναι ένα πρόγραμμα ή μια σειρά στρατηγικών μέτρων που αποσκοπούν στην επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου. Ο συστηματικός σχεδιασμός εξαρτάται από το χρόνο, πάντα είναι δυναμικός και συνήθως επικεντρώνεται στα ακόλουθα κριτήρια:

- Οικονομικά (χαμηλότερο κόστος, υψηλότερο εισόδημα, μεγαλύτερη οικονομική αξία)

- Ευρύτερα πλεονεκτήματα (π.χ. επίδραση στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ανεργία)

- Βελτίωση της τεχνικής απόδοσης

- Ενίσχυση της κοινωνικής αποδοχής

Υπήρξαν πολλές δημοσιεύσεις εξερευνώντας διάφορες στρατηγικές μάρκετινγκ φωτοβολταϊκών κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών. Ορισμένοι προτείνουν μάρκετινγκ και στρατηγικές χρηματοδότησης [3], ενώ άλλοι μελετούν στρατηγικές διείσδυσης για ειδικές / νέες αγορές [4-6]. Μερικοί μελετούν τον αντίκτυπο μη-τεχνικών θεμάτων [7, 8], άλλοι αναλύουν την συμπεριφορά των καταναλωτών [9, 10]. Ένα επιτυχημένο πρόγραμμα μάρκετινγκ απαιτεί την προσεκτική εξέταση πολλαπλών παραμέτρων και την προσαρμογή πολλαπλών στρατηγικών μάρκετινγκ για τις συγκεκριμένες ανάγκες της στοχοθετημένης ομάδα πελατών.

Πελατοκεντρικό Μάρκετινγκ

Για να επιτευχθούν τα αναμενόμενα αποτελέσματα, το επίκεντρο των προσπαθειών μάρκετινγκ πρέπει να είναι ο πελάτης. Είτε πρόκειται για μια ενιαία, βασική δράση μάρκετινγκ (π.χ. μια διαφήμιση), ή ένα σημαντικό πρόγραμμα μάρκετινγκ, ένας προσπαθεί να κατανοήσει τις ανάγκες και τις επιθυμίες των στοχοθετημένων πελατών και προσπαθεί να τους ικανοποιήσει. Κάθε ομάδα πελατών μπορεί να έχει διαφορετικές ανάγκες (π.χ. οικονομικά, περιβαλλοντικά) και ως εκ τούτου θα ανταποκριθούν διαφορετικά στις επιμέρους δράσεις μάρκετινγκ. Για να επιλέξετε και να πραγματοποιήσετε ενέργειες και στρατηγικές μάρκετινγκ, τέσσερις σημαντικές παράμετροι πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Παράμετρος 1: Γεωγραφική θέση

Προφανώς, φωτοβολταϊκά πάνελ μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε μη σκιασμένες περιοχές. Ωστόσο, πολλοί άλλοι παράμετροι πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως είναι οι τοπικές κλιματικές δεδομένων (ώρες ηλιοφάνειας, η ηλιακή ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο, ταχύτητες ανέμου, κ.λπ.). Είναι επιτακτική ανάγκη το ότι τουλάχιστον οι βασικές κλιματικές παράμετροι έχουν ληφθεί υπόψη και τεχνο-οικονομικές προσομοιώσεις έχουν πραγματοποιηθεί πριν από την πρόταση για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, ώστε να εκτιμηθεί αν η επένδυση είναι βιώσιμη τόσο από οικονομική όσο και από τεχνική άποψη. Τα πάνελ πρέπει επίσης να είναι στραμμένα προς την πορεία του ήλιου πάνω στον ουράνιο θόλο (νότια για τις χώρες στο βόρειο ημισφαίριο, βόρεια για τις χώρες στο νότιο ημισφαίριο).

Παράμετρος 2: Δημογραφικά

Υπάρχουν τρεις μεγάλες κατηγορίες επενδυτών: οικιακοί, εμπορικοί και βιομηχανικής χρήσης. Κάθε μία από αυτές έχει διαφορετικές ανάγκες, τον προϋπολογισμό και τους στόχους. Για παράδειγμα, οικιακοί επενδυτές πιθανότατα θα προσελκύνονται προς μικρές εγκαταστάσεις με χαμηλό κόστος και μπορεί να επηρεάζονται από τα περιβαλλοντικά οφέλη της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, παρά το γεγονός ότι τα οικονομικά οφέλη μπορεί να είναι μικρά. Οι εμπορικοί επενδυτές μπορεί να πεισθούν να εκτελέσουν μια σημαντική επένδυση προκειμένου να βελτιωθεί ο δείκτης εταιρικής κοινωνικής ευθύνης τους, προσελκύνοντας περισσότερους πελάτες. Βιομηχανικοί επενδυτές είναι πιθανό να προσελκύνονται μόνο για τα κέρδη, οικονομικά και αξιοπιστίας.

Εάν ένα πρόγραμμα μάρκετινγκ πρέπει να στοχεύει προς πολλαπλές δημογραφικές ομάδες, είναι επιτακτική ανάγκη οι πόροι του να κατανέμονται ανάλογα με την αναμενόμενη προθυμία της κάθε ομάδας. Για παράδειγμα, το μεγαλύτερο μέρος των πόρων μάρκετινγκ θα πρέπει να αφιερωθεί προς την ομάδα με το μεγαλύτερο χρηματικό πλούτο εξετάζοντας παράλληλα την επενδυτική προθυμία τους.

Παράμετρος 3: Ψυχογραφικά

Τα ψυχογραφικά στοιχεία επιτρέπουν τον κατακερματισμό των πιθανών πελατών σε ομάδες με βάση την κοινωνική τάξη, τον τρόπο ζωής και την προσωπικότητά τους. Συχνά, οι ομάδες που είναι πρόθυμες να επενδύσουν σε φωτοβολταϊκά μοιράζονται κοινές αξίες και ανάγκες. Είτε ψάχνουν για μια χαμηλού κινδύνου οικονομική επένδυση ή τα κίνητρά τους είναι περιβαλλοντικά. Πολιτιστικά / περιφερειακά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς είναι επίσης πολύ σημαντικά. Η προσαρμογή των στρατηγικών μάρκετινγκ στην κοινωνική τάξη, τις αξίες, τις απόψεις και τα συμφέροντα της ομάδας στόχου είναι ζωτικής σημασίας ώστε η δράση μάρκετινγκ να έχει σημαντική επίπτωση.

Παράμετρος 4: Συμπεριφορική

Μελετώντας, εντοπίζοντας και κατακερματίζοντας τους πελάτες σε ομάδες ανάλογα με το πώς θα αντιδράσουν σε ένα προϊόν είναι σημαντικό για τις βασικές και τις σύνθετες στρατηγικές μάρκετινγκ. Οι στρατηγικές μάρκετινγκ φωτοβολταϊκών πρέπει να προσαρμοστούν σύμφωνα με την τεχνική και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση της ομάδας-στόχου, λαμβάνοντας υπόψη τις προθέσεις και τις προσδοκίες τους. Για παράδειγμα, υψηλού εισοδήματος οικιακούς χρήστες μπορούν να σκεφτούν μια επένδυση σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, αλλά συχνά την απορρίπτουν για αισθητικούς λόγους. Ως εκ τούτου, το μάρκετινγκ πάνελ / συστημάτων που μπορεί να είναι πιο ακριβά αλλά λιγότερο παρεμβατικά οπτικά θα είναι πιο αποτελεσματικό. Σε περιοχές όπου η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των πιθανών πελατών είναι πολύ χαμηλή, το αποτελεσματικό μάρκετινγκ συνήθως βασίζεται σε οικονομικά μεγέθη.

Η Δημιουργία μιας στρατηγικής μάρκετινγκ

Ένας απλός ορισμός μιας στρατηγικής μάρκετινγκ είναι «η προσπάθεια να θέσει το σωστό προϊόν, στη σωστή θέση, στη σωστή τιμή, την κατάλληλη στιγμή». Αυτό είναι επίσης γνωστό ως το "τέσσερα Π" του μάρκετινγκ - Προϊόν, Τόπος, Τιμή και Προώθηση (Product, Place, Price and Promotion) [11]. Ο James Culliton περιέγραψε τον ρόλο του διευθυντή μάρκετινγκ ως "μίκτη συστατικών" - αυτός που ακολουθεί μερικές φορές συνταγές που παρασκευάζονται από άλλους, μερικές φορές προετοιμάζει τη δική του συνταγή του καθώς συμπορεύεται, μερικές φορές προσαρμόζει μια συνταγή από άμεσα διαθέσιμα υλικά, και άλλες φορές εφευρίσκει νέα συστατικά που κανένας άλλος έχει δοκιμάσει [12].

Παράμετρος 1: Προϊόν

Για τα φωτοβολταϊκά, τα «προϊόντα» μπορούν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες ομάδες: τα υλικά αγαθά και άυλες υπηρεσίες. Τα εμπορεύματα είναι τα πάνελ, βάσεις, αντιστροφείς και κάθε άλλο υλικός εξοπλισμός. Οι υπηρεσίες είναι οι πωλήσεις, εξυπηρέτηση μετά την πώληση, η συντήρηση, οι όροι της εγγύησης και πολλά άλλα.

Ένα αποτελεσματικό σχέδιο μάρκετινγκ θα πρέπει να εξετάσει τα αγαθά και τις υπηρεσίες ανάλογα με τις ανάγκες και τις επιθυμίες των πελατών. Για παράδειγμα, εξειδικευμένες βάσεις και πανέλ θα πρέπει να διατίθενται στην αγορά έναντι των πιθανών πελατών εκεί όπου χαλαζοπτώσεις είναι συχνές και έντονες, ενώ η προηγμένη εξυπηρέτηση μετά την πώληση είναι σημαντική να τους εμπορικούς χρήστες. Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του κάθε προϊόντος θα πρέπει να είναι σαφής στον πελάτη, και ο έμπορος θα πρέπει να αξιολογήσει τις προκλήσεις που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στο σύνολό της ή σχετικά με τα επιμέρους τμήματά της.

Παράμετρος 2: Τιμή

Η τιμή είναι το συνολικό κόστος που πληρώνει ο πελάτης για ένα συγκεκριμένο προϊόν ή υπηρεσία. Δεν πρόκειται μόνο για μια νομισματική πτυχή, αλλά περιλαμβάνει επίσης και άλλες παραμέτρους, όπως είναι ο χρόνος και η συνείδηση. Για τον έμπορο, η σωστή αξιολόγηση αυτής της παραμέτρου είναι υψίστης σημασίας, καθώς επηρεάζει τόσο την ανταγωνιστικότητα της στρατηγικής μάρκετινγκ και την επιβιωσιμότητα του πωλητή.

Για τα φωτοβολταϊκά, είναι σημαντικό να παρέχεται λεπτομερώς λογιστικά κάθε χρηματικό κόστος κατά τον κύκλο ζωής της εγκατάστασης, όχι μόνο η κεφαλαιακή δαπάνη. Επί του παρόντος, το κόστος αυτό συνήθως είναι υψηλό και οι περισσότεροι επενδυτές θα το δουν ως μια τεράστια δαπάνη. Το αποτελεσματικό μάρκετινγκ θα πρέπει να απεικονίζει τα μακροπρόθεσμα οικονομικά οφέλη παράλληλα με άλλα οφέλη, όπως τα ηθικά κέρδη.

Παράμετρος 3: Τόπος

Μια αποτελεσματική στρατηγική μάρκετινγκ απαιτεί γνώση του πού και προς σε ποιον το μάρκετινγκ λαμβάνει χώρα. Αυτό οδηγεί στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου διανομής, η οποία μπορεί να είναι εντατική, επιλεκτική ή ακόμη και αποκλειστική (peer-to-peer πωλήσεις). Η επιλεκτική διανομή συχνά επιλέγεται από τους εμπόρους που θέλουν να προσελκύσουν ειδικές ομάδες χρηστών, ενώ η αποκλειστική διανομή γίνεται κυρίως σε επίπεδο μεταξύ επιχειρήσεων. Η εντατική διανομή σπάνια είναι αποτελεσματική στην εμπορία των φωτοβολταϊκών, εκτός και αν υπάρχει ένα μεγάλης κλίμακας πρόγραμμα επιδοτήσεων σε ισχύ.

Παράμετρος 4: Προώθηση

Η προώθηση περιλαμβάνει κάθε μέθοδο επικοινωνίας που διαθέτει ο έμπορος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσεγγίσει διάφορες ομάδες χρηστών. Συχνά συγχέεται με το μόνο μέρος του μάρκετινγκ, αλλά αυτό δεν θα μπορούσε να απέχει περισσότερο από την αλήθεια. Τα τέσσερα πιο βασικά στοιχεία της προώθησης είναι:

- Η διαφήμιση, η οποία καλύπτει οποιαδήποτε έμμισθη επικοινωνία, όπως είναι διαφημίσεις και έντυπα μέσα ενημέρωσης.

- Δημόσιες σχέσεις, το οποίο καλύπτει επικοινωνία που δεν είναι άμεσα επί πληρωμή, όπως εμπορικές εκθέσεις, σεμινάρια και δελτία τύπου.

- Οργάνωση πωλήσεων, η οποία προσδιορίζει και προσεγγίζει κάθε ομάδα των πιθανών πελατών. Συχνά, η διάθεση στην αγορά των φωτοβολταϊκών απαιτεί προσωπικές πωλήσεις, πράγμα που σημαίνει ότι ο πωλητής θα πρέπει συχνά να συναντήσει και να κατανοήσει τους πιθανούς πελάτες και τις ανάγκες τους.

- Την προώθηση των πωλήσεων, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει την ενημέρωση των πελατών σχετικά με τις διαθέσιμες τοπικές ή εθνικές επιδοτήσεις, εκπτώσεις ή πιστώσεις φορολόγησης, ή οποιαδήποτε ενέργεια που μπορεί να δώσει ώθηση στις βραχυπρόθεσμες πωλήσεις (π.χ. κουπόνια ή προσωρινές εκπτώσεις).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεγάλες εταιρείες και σύνθετες στρατηγικές μάρκετινγκ απαιτούν την εκτίμηση τουλάχιστον δύο επιπλέον σετ, τους καταναλωτές και τις περιστάσεις. Οι παράγοντες που σχετίζονται με κάθε ένα από αυτά τα σύνολα μπορεί να απομνημονεύονται από τις τέσσερις βασικές κατευθύνσεις, οι οποίες είναι ο λόγος που αυτή η επέκταση ονομάζεται "μοντέλο πυξίδα". Αυτοί οι παράγοντες είναι:

Καταναλωτές	Περιστάσεις
N - Ανάγκες	N - Εθνικές/Διεθνείς
W - Επιθυμίες	W - Καιρικές
S - Ασφάλεια	S - Κοινωνικές/Πολιτισμικές
E - Εκπαίδευση	E - Οικονομικές

Σε αντίθεση με τα τέσσερα P, αυτά τα στοιχεία της στρατηγικής μάρκετινγκ είναι στόχοι, όχι τακτικές. Ανεξαρτήτως, η συνεκτίμησή τους είναι ζωτικής σημασίας για μακροπρόθεσμες και μεγάλου εύρους στρατηγικές μάρκετινγκ, όπου αδυναμίες θα οδηγήσουν σε βαρυσήμαντη σπατάλη πόρων.

Ο έμπορος πρέπει επίσης να αξιολογήσει τις δυνάμεις που είναι έξω από τον έλεγχο των αποφάσεων μάρκετινγκ. Αυτές μπορεί να είναι:

Περιβαλλοντικές: Ισχυρές κλιματικές αλλαγές, πιθανότητα ακραίων καιρικών φαινομένων.

Ανταγωνιστικές: Η εμφάνιση των άλλων οντοτήτων που προσφέρουν παρόμοιες υπηρεσίες.

Τεχνολογικές: πρόοδος που μπορεί να επηρεάσει τη διαθεσιμότητα και την τιμή του κάθε τμήματος που σχετίζονται με τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

Κοινωνικές: Οποιαδήποτε αλλαγή στην ευαισθητοποίηση και την προθυμία του κοινού σχετικά με τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Οικονομικές: Οι περίοδοι ύφεσης, οικονομικής κρίσης και αναδυόμενες αγορές.

Νομοθετικές: άδειες, κανονισμοί ασφαλείας, επιδοτήσεις και κάθε κυβερνητικές πολιτικές που σχετίζονται και μπορεί να επηρεάσουν τη χρήση των φωτοβολταϊκών.

Αναφορές

[1] M. Bazilian, I. Onyeji, M. Liebreich, I. MacGill, J. Chase, J. Shah, et al., "Re-considering the economics of photovoltaic power," *Renewable Energy*, vol. 53, pp. 329-338, May 2013.

[2] I. Fragkiadakis, "Photovoltaic systems," Professor of TEI of Crete, Zito press, Copyright, 2004.

[3] T. Nordmann, "Successful Solar Marketing and Financing in Europe: How to get from here to there in Photovoltaics?," *Proc. EUROSUN'96 Freiburg*, 1996.

[4] B. Sigrin and E. Drury, "Diffusion into New Markets: Economic Returns Required by Households to Adopt Rooftop Photovoltaics," in *2014 AAAI Fall Symposium Series*, 2014.

[5] N. Bach, P. Calais, and M. Calais, "Marketing residential grid-connected PV systems using a Balanced Scorecard as a marketing tool," *Renewable Energy*, vol. 22, pp. 211-216, 2001.

[6] M. Muntasser, M. Bara, H. Quadri, R. El-Tarabelsi, and I. La-Azebi, "Photovoltaic marketing in developing countries," *Applied energy*, vol. 65, pp. 67-72, 2000.

[7] R. Haas, "RESIDENTIAL PHOTOVOLTAICS APPLICATIONS: THE RELEVANCE OF NON-TECHNICAL ISSUES," *International Journal of Solar Energy*, vol. 20, pp. 37-55, 1998/01/01 1998.

[8] B. Groenendaal, T. De Lange, P. Lako, J. Van Roosmalen, C. Tool, and D. Wild-Scholten, "Critical Success Factors for the Large-Scale Introduction of Grid-Connected Photovoltaic Systems. A survey focusing on the non-technical aspects," *Netherlands Energy Research Foundation ECN, Petten (Netherlands)*2000.

[9] A. Faiers and C. Neame, "Consumer attitudes towards domestic solar power systems," *Energy Policy*, vol. 34, pp. 1797-1806, 2006.

[10] W. Jager, "Stimulating the diffusion of photovoltaic systems: A behavioural perspective," *Energy Policy*, vol. 34, pp. 1935-1943, 2006.

[11] N. H. Borden, "The concept of the marketing mix," *Journal of advertising research*, vol. 4, pp. 2-7, 1964.

[12] J. W. Culliton, *The management of marketing costs: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard Univ., 1948.*