

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Powerwall Battery

Διερεύνηση της αγοράς της ενέργειας και των εναλλακτικών
κατανάλωσης και αποθήκευσής της

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΜΑΥΡΟΜΜΑΤΗ

mle19019

Μάιος 2019



Δίκαιο και Οικονομικά της Ενέργειας

Υπεύθυνος Καθηγητής: Παναγιωτίδης Θεόδωρος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Εισαγωγή στην μελέτη
- Ιστορικά στοιχεία της εταιρίας
- Γενικά Χαρακτηριστικά της μπαταρίας Powerwall
- Ηλιακά πάνελ – Tesla solar roof
- Στόχος του αυτοδύναμου συστήματος και προϋποθέσεις αυτοδυναμίας
- Υπόθεση Εργασίας: Σύγκριση κόστους μεθόδων κάλυψης ενεργειακών αναγκών
- Διαγράμματα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με ή χωρίς μπαταρία Powerwall (καμπύλες εικοσιτετράωρης κατανάλωσης)
- Διαγράμματα κατανάλωσης σύγκριση περιόδων 2016-2018 εξοικονόμηση στην αγορά της Αυστραλίας
- Προτερήματα - Μειονεκτήματα Powerwall
- Σύγκριση αυτοδύναμου συστήματος με το σύστημα net metering
- Powerpack: Ουσιαστική εφαρμογή της ενεργειακής αυτοδυναμίας σε μαζική κλίμακα – Τελευταίες Εξελίξεις στον κλάδο
- Συμπεράσματα
- Πηγές



TESLA
POWERWALL

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία εκπονείται στο πλαίσιο του μαθήματος Δίκαιο και Οικονομικά της Ενέργειας, ως μέρος του μεταπτυχιακού προγράμματος Δίκαιο και Οικονομικά του Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Στόχος της εργασίας είναι η διερεύνηση αφενός της τεχνολογίας και των δυνατοτήτων, που παρέχουν οι μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας, οικιακής αλλά και εμπορικής χρήσης, αφετέρου η σύγκριση των διαφόρων εναλλακτικών παροχής ή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας τους και υπό ποιες συνθήκες αρμόζει καλύτερα η εκάστοτε εναλλακτική.

Εκκίνηση της εργασίας αποτελεί η παράθεση των βασικών χαρακτηριστικών και στοιχείων της μπαταρίας οικιακής χρήσης με την ονομασία Powerwall κατασκευής της εταιρίας Tesla. Επεξηγούνται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όσον αφορά τη λειτουργία της, καθώς και η απαρχή του ενεργειακού τομέα ως προέκταση της εταιρίας παραγωγής αυτοκινήτων της Tesla. Στα πλαίσια αυτής της ανάλυσης τελείται σύντομη αναφορά και στα ηλιακά πάνελ της εταιρίας και τις δυνατότητες συνδυαστικής εγκατάστασής τους με την μπαταρία Powerwall.

Στη συνέχεια επιχειρείται έρευνα της ενεργειακής αυτοδυναμίας σε οικιακό επίπεδο. Αναλύονται οι προϋποθέσεις ενεργειακής αυτοδυναμίας, οι απαιτήσεις του συστήματος καθώς και οι διαφορές στην 24ωρη κατανάλωση μεταξύ αφενός ενός σπιτιού με εγκατεστημένη οικιακή μπαταρία αποθήκευσης ενέργειας, αφετέρου ενός σπιτιού με αποκλειστική εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ.

Για την άμεση αποτύπωση των δεδομένων τίθεται μία υπόθεση εργασίας, με βάση στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, τα οποία αφορούν τις ενεργειακές ανάγκες, την μέση κατανάλωση και το μέγεθος ενός μέσου σπιτιού στην Ελλάδα, ενώ επεξηγούνται εκτενώς τα κόστη και τα οφέλη από κάθε δυνατή εναλλακτική λύση παροχής ή παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας.

Ακόμη αναλύονται συνολικά τα προτερήματα και τα μειονεκτήματα εγκατάστασης ενός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας, καθώς και τα πλεονεκτήματα, που το καθιστούν υπό ορισμένες προϋποθέσεις ανταγωνιστικότερο από την πρακτική του net metering. Τέλος πραγματοποιείται σύντομη αναφορά στην μπαταρία εμπορικής χρήσης με την ονομασία Powerpack και στις εν δυνάμει εφαρμογές, που μπορεί η συσκευή αυτή να έχει ως αυτοδύναμο εναλλακτικό μικροσύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Συμπερασματικά και αξιολογώντας τα δεδομένα, που παραθέτονται καθ' όλη την εργασία, αναλύονται εν συντομία οι πρακτικές εφαρμογές του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας στην ελληνική αγορά, καθώς και οι μεγάλης κλίμακας επενδύσεις, που δύνανται να αποδώσουν οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη σε ορισμένες περιοχές της χώρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Γενικά Ιστορικά Στοιχεία

Η Tesla, Inc. (πρώην Tesla Motors, Inc.) αποτελεί μια αμερικανική εταιρία αυτοκινήτων και ενέργειας, η οποία εδρεύει στο Palo Alto της Καλιφόρνια. Η εταιρεία ειδικεύεται στην κατασκευή ηλεκτρικών αυτοκινήτων καθώς και στην κατασκευή ηλιακών πάνελ και μπαταριών μέσω της θυγατρικής της Solar City. Λειτουργεί πολλαπλές μονάδες παραγωγής και συναρμολόγησης, με κυριότερη το Gigafactory 1 κοντά στο Reno της Νεβάδα, ενώ διατηρεί ως κύρια μονάδα παραγωγής οχημάτων το εργοστάσιο Tesla, στο Fremont της Καλιφόρνια.

Η εταιρία ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 2003 από τους μηχανικούς Martin Eberhard και Marc Tarpenning, με την επωνυμία Tesla Motors. Το όνομα της εταιρείας αποτελεί φόρο τιμής στον μηχανικό και εφευρέτη Nikola Tesla. Στην πρώτη χρηματοδότηση της Σειράς A προστέθηκαν στην Tesla Motors οι Elon Musk, J. B. Straubel και Ian Wright, οι οποίοι αναδρομικώς συγκαταλέγονται ως συνιδρυτές της εταιρείας.

Όταν πελάτες της Tesla Motors διαμαρτυρήθηκαν, ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα της Tesla ήταν υπερβολικά ακριβά για τη μεσαία τάξη και ότι η αυτοδυναμία μεταξύ φορτίσεων ήταν πολύ μικρή, ο Musk υποσχέθηκε να συνεργαστεί με νέους κατασκευαστές μπαταριών, ώστε να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν την αποδοτικότητα. Όταν ωστόσο η πρόοδος με τους προμηθευτές μπαταριών αποδείχθηκε αργή, η Tesla αποφάσισε να αναμειχθεί η ίδια στην αγορά της ενέργειας.

Η κυκλοφορία των μπαταριών ανακοινώθηκε το 2015, με μια πιλοτική επίδειξη 500 μονάδων, οι οποίες κατασκευάστηκαν και εγκαταστάθηκαν το ίδιο έτος. Η δεύτερη γενιά και των δύο προϊόντων (Powerwall / Powerpack) ανακοινώθηκε τον Οκτώβριο του 2016 και είναι διαθέσιμη μέχρι σήμερα στην αγορά.

Κατά τη διάρκεια του πρώτου τριμήνου του 2016, η Tesla παρέδωσε περισσότερα από 25 MWh αποθήκευσης ενέργειας σε πελάτες της σε τέσσερις ηπείρους. Πάνω από 2.500 Powerwalls και σχεδόν 100 Powerpacks παραδόθηκαν στη Βόρεια Αμερική, την Ασία, την Ευρώπη και την Αφρική, ενώ από τον Οκτώβριο του 2016, σχεδόν 300 MWh μπαταριών Tesla παράχθηκαν παγκοσμίως.

Μάλιστα, η επιτυχία του ενεργειακού τομέα της εταιρίας είναι τέτοια, που οδήγησε το περιοδικό Forbes να δημοσιεύσει σε πρόβλεψή του το 2018, ότι το μέλλον της εταιρίας βρίσκεται στην ενεργειακή θυγατρική της και όχι στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Χαρακτηριστικά του Powerwall

- Το Powerwall και το Powerpack είναι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ιόντων λιθίου και συσκευές αποθήκευσης. Το Powerwall έχει σχεδιαστεί για οικιακή αποθήκευση ενέργειας, ενώ το Powerpack για εμπορική μαζική κλίμακα.
- Το Powerwall αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια προς:
 - 1) ηλιακή αυτοκατανάλωση
 - 2) off-the-grid / εκτός δικτύου χρήση
 - 3) χρονολογική μεταβολή κατανάλωσης για αποφυγή υψηλών χρεώσεων
 - 4) αποθήκευση ενέργειας ως ενεργειακό backup
- Ενώ οι δυνατότητες του Powerpack περιλαμβάνουν:
 - 1) την μετατόπιση του φορτίου χρήσης προς ρύθμιση της ηλεκτρικής συχνότητας και έλεγχο της τάσης
 - 2) την λειτουργία ως εφεδρική ισχύ
 - 3) ως εναλλακτική προς ανταπόκριση σε αυξημένη ζήτηση
 - 4) την αυτοτελή υποστήριξη μικροσυστήματος και την πλήρη εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
 - 5) την μείωση των συνολικών χρεώσεων μέσω αποφυγής των χρεώσεων ωρών αιχμής

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Powerwall:

- Λειτουργεί αθόρυβα και δεν απαιτεί καμία συντήρηση.
- Με τις συνεχείς ασύρματες αναβαθμίσεις λογισμικού μέσω σύνδεσης σε οποιοδήποτε δίκτυο Wi-Fi το Powerwall εξακολουθήσει να βελτιώνεται με την πάροδο του χρόνου.
- Εγκαθίσταται εύκολα επάνω στον τοίχο ή τοποθετείται ακόμη και σε στοίβα μέχρι 10 Powerwall στο πάτωμα.
- Είναι αδιάβροχο και ανθεκτικό στη σκόνη, καθιστώντας το ιδανικό για εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου εγκατάσταση.

Ο καθημερινός κύκλος της μπαταρίας ύψους 7 kWh PW1 χρησιμοποιεί χημεία νικελίου-μαγγανίου-κοβαλτίου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί 5.000 φορές πριν τη λήξη της εγγύησης. Το Powerwall έχει απόδοση 92,5% όταν φορτίζεται ή αποφορτίζεται από σύστημα 400-450V στα 2kW με θερμοκρασία 77 ° F (25 ° C) όταν το προϊόν είναι καινούργιο. Η παλαιότητα του προϊόντος, θερμοκρασίες αρκετά πάνω ή κάτω από 77 ° F (25 ° C) καθώς και φόρτιση και αποφόρτιση κάτω από 2 kW μειώνει σταδιακά το ποσοστό απόδοσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Ηλιακά πάνελ

Γενική Εγγύηση Χρήσης = αιωνιότητα

Εγγύηση ενέργειας = 30 χρόνια

Εγγύηση επίδρασης καιρικών φαινομένων = 30 χρόνια

Κλίση Σκεπής = 14 με 90 μοίρες

Κατηγοριοποίηση Χαλαζιού Class 4 ANSI FM 4473 (best hail rating)

Αιολική Κατηγοριοποίηση Class F ASTM D3161 (best wind rating)

Αντιπυρική Κατηγοριοποίηση Class A UL 790 (best fire rating)

Τα ηλιακά πάνελ της Tesla διαθέτουν χαρακτηριστικά, τα οποία τους παρέχουν υψηλότερη αποδοτικότητα σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά εμπορίου. Τα πλακάκια της Tesla διαθέτουν απόδοση απορρόφησης πάνω από 20%, ενώ τα καλύτερα φωτοβολταϊκά εμπορίου οικιακής χρήσης υπολογίζεται, ότι διαθέτουν απόδοση ελαφρώς κάτω από το 20%.

Από οικονομική άποψη είναι πιο ακριβά ανά τετραγωνικό μέτρο σε σύγκριση με την μέση τιμή φωτοβολταϊκών, ωστόσο διαθέτουν εγγύηση αιωνιότητας και απόδοσης, που οδηγεί στην απόσβεση της οικονομικής διαφοράς σε βάθος χρόνου.

Οι εγγυήσεις και οι κατηγοριοποιήσεις των πάνελ ισχύουν απόλυτα μόνο για τις Ηνωμένες Πολιτείες. Παρόμοιες εγγυήσεις και κατηγοριοποιήσεις ισχύουν και στις λοιπές αγορές. Η εγγύησης ενέργειας καλύπτει την εν δυνάμει παραγόμενη από τα πάνελ ενέργεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΑΠΟΤΕΛΕΙ Η ΑΥΤΟΔΥΝΑΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΙΑ ΕΦΙΚΤΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ;

Η Tesla και άλλοι κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων έχουν επενδύσει στην δημιουργία τεχνολογίας μπαταριών μακράς διάρκειας. Μια βασική ανησυχία ωστόσο των αγοραστών είναι η μικρή αυτοδυναμία της μπαταρίας του αυτοκινήτου, και το επακόλουθο γεγονός της δυνητικής αποφόρτισης της στη μέση της διαδρομής. Ανάλογοι προβληματισμοί ανακύπτουν και για τις μπαταρίες οικιακής χρήσης.

Όπως και με άλλα προϊόντα αποθήκευσης ενέργειας, η μπαταρία της Tesla έχει μέγεθος κατάλληλο για καθημερινή χρήση και συνήθως συνδυάζεται με ένα σύστημα οικιακών φωτοβολταϊκών πάνελ, αν και μπορεί δυνητικά να συνδυαστεί και με άλλες μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όπως μία αιολική εγκατάσταση.

Στην περίπτωση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, όταν οι εκάστοτε συλλέκτες ηλιακής ενέργειας παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από ότι είναι απαραίτητη για την κάλυψη των παρόντων οικιακών αναγκών, η περίσσεια ενέργεια αποθηκεύεται στη μπαταρία. Αργότερα, όταν τα πάνελ δεν παράγουν αρκετό ηλεκτρικό ρεύμα, ή εναλλακτικά σε ώρες αιχμής και υψηλότερης χρέωσης δικτύου, παρέχεται η δυνατότητα χρήσης της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας.

Η απόλυτη αποδέσμευση από το συμβατικό δίκτυο βέβαια και η συνεχής παραγωγή και χρήση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι μια ακριβή πρακτική. Για να προχωρήσει κανείς σε μία αυτοδύναμη ηλεκτρική εγκατάσταση θα χρειαστεί ειδικά σχεδιασμένα συστήματα. Το πακέτο Off-Grid GS-400 της Grape Solar και το kit 400 Watt της Renogy αποτελούν δύο άμεσα διαθέσιμες προτάσεις στον τομέα της οικιακής χρήσης. Και η εταιρία Tesla μέσω του εξατομικευμένου σχεδιασμού συστήματος επιχειρεί να παράσχει τη δυνατότητα ενός αυτοδύναμου σπιτιού. Το εκάστοτε οικιακό σύστημα ηλιακών πάνελ χρειάζεται φυσικά και κάποια συσκευή αποθήκευσης όπως το Powerwall, ώστε να μπορεί να συνεχιστεί η λειτουργία όταν το σύστημα δεν μπορεί να παράγει ενέργεια (πχ κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών). Για τα περισσότερα σπίτια ωστόσο, υπολογίζεται, ότι χρειάζονται παραπάνω από μία μπαταρίες.

Ενδεικτικά ένα πλήρως φορτισμένο Powerwall σε διακοπή ρεύματος, συντηρώντας δραστηριότητες όπως χρήση ψυγείου, φόρτιση μικρών οικιακών συσκευών, ντουζ και πλυντήριο ρούχων, μπορεί να παρέχει ενέργεια ενδεχομένως και για περισσότερο από 24 ώρες. Εάν κάποιος επιθυμεί να συνεχίσει δραστηριότητες, που απαιτούν τη χρήση κλιματισμού, φούρνου, πλυντηρίου, στεγνωτηρίου κλπ οι ώρες περιορίζονται σε λιγότερες από 17-18, επομένως δεν παρέχεται ούτε μία ημέρα αυτοδυναμίας σε περίπτωση έλλειψης ηλιοφάνειας.

Η παραπάνω παραδοχή οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι με τα σημερινά δεδομένα η ενεργειακή αυτοδυναμία σε οικιακό επίπεδο είναι μεν εφικτή, ωστόσο εν δυνάμει αρκετά ακριβή πρακτική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Υπόθεση Εργασίας

Προκειμένου να διερευνήσουμε καλύτερα τις διάφορες εναλλακτικές δυνατότητες παροχής ή παραγωγής αλλά και αυτοκατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας θέτουμε μία υπόθεση εργασίας με βασικά στοιχεία την μέση κατανάλωση ενός ελληνικού σπιτιού. Τα στοιχεία, που θέτονται έχουν ληφθεί με βάση δεδομένα της ΕΛΣΤΑΤ, καθώς και με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της χώρας.

- Θέτουμε ένα κτίριο 100m²
- Μονοκατοικία εκτός αστικού κέντρου
- 3 χρήστες του κτιρίου (τριμελής οικογένεια)
- Με μέση κατανάλωση ενέργειας : 14.000 KWh (δεδομένα 2009-2010)
- Παραγωγή Φωτοβολταϊκού Συστήματος : 16.000-16.500 KWh/ετησίως
- Κάλυψη επιφάνειας (οροφής) με φωτοβολταϊκά 50-60m²

Θέτοντας ως γνώμονα μία μονοκατοικία 100m² έχουμε τη δυνατότητα να διερευνήσουμε τα ετήσια κόστη μίας μέσης τριμελούς οικογένειας. Επιπροσθέτως λαμβάνουμε ως ερευνητικό δεδομένο την μονοκατοικία, αφενός διότι σε μία μονοκατοικία δύναται η αποκλειστική εκμετάλλευση της οροφής του σπιτιού από την οικογένεια, σε αντίθεση με τις πολυκατοικίες όπου το δώμα είναι κοινής χρήσης, αφετέρου διότι η ιδανική χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ λαμβάνει χώρα κατά κύριο λόγο σε περιοχές εκτός αστικών κέντρων.

Προκειμένου να αντιληφθούμε πληρέστερα τα ελληνικά δεδομένα, αξίζει να λάβουμε υπόψη μας το γεγονός, ότι βάσει στοιχείων της ΕΛΣΤΑΤ, από το 1970 έως σήμερα έχουν ανεγερθεί 1,7 εκατομμύρια μονοκατοικιών, στοιχείο αφενός, το οποίο αναδεικνύει τις περιπτώσεις όπου ένα σύστημα φωτοβολταϊκών πάνελ θα ήταν όχι μόνο εφικτό, αλλά και ωφέλιμο. Παράλληλα, 44,7% των (6.384.353) συνολικών κατοικιών βρίσκονται σε πολυκατοικίες και 96,1% αυτών βρίσκονται εντός αστικών κέντρων, στοιχείο αφετέρου, το οποίο καθορίζει εμμέσως τα όρια εφαρμογής των συστημάτων και αναδεικνύει την έλλειψη βάσης εφαρμογής σε πληθώρα ελληνικών κατοικιών, καθώς αυτές βρίσκονται κατά βάση εντός αστικών κέντρων.

Θέτοντας τα παραπάνω ως δεδομένα, αποτυπώνονται παρακάτω σε μορφή πίνακα τα κόστη που προκύπτουν από την αγορά και εγκατάσταση των τριών εξεταζόμενων εναλλακτικών: της παροχής ρεύματος από το συμβατικό δίκτυο, της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών εμπορίου και της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πάνελ της εταιρίας Tesla. Συμπεριλαμβάνονται επίσης τα κόστη αγοράς και εγκατάστασης και των δύο μπαταριών της εταιρίας, καθώς η συνδυαστική εγκατάστασή τους με κάποιο σύστημα ηλιακών πάνελ θα αναλυθεί στη συνέχεια.

	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΟΙΚΙΑΣ (KWh)	ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΟΙΚΙΑΣ (KWh)/day	ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΟΙΚΙΑΣ (KWh)/day	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΤΙΜΗ KWh
ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΟ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	14.000	45	80 (ΘΕΡΜΑΝΣΗ)	-	1000/km + πίνακας + ρολοί + ενισχυτής (2000) = minimum 3500 €	0,10252 € > 2000KWh/4μήνο
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΜΠΟΡΙΟΥ (Ετήσια Παραγωγή 16.000 KWh)	14.000	45	80 (ΘΕΡΜΑΝΣΗ)	167,40€ /πάνελ (100-110€ /m ²)	12.000-13.000 € (33-40 μονάδες)	(net metering) 0,08 € + πληθωρισμός
TESLA SOLAR ROOF	14.000	45	80 (ΘΕΡΜΑΝΣΗ)	200 US\$ (180€)/m ²	10.000-12.000\$ υλικά + έξοδα εγκατάστασης = ≤16.000 \$	(net metering) 0,08 € + πληθωρισμός
POWERWALL I	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ 6.4 KWh	45	80 (ΘΕΡΜΑΝΣΗ)	US\$ 3.000	3000 τιμή μονάδας + 1000 - 3000\$	-
POWERWALL II	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ 13.5 KWh	45	80 (ΘΕΡΜΑΝΣΗ)	US\$ 5.900/ Αργότερα 6700	6700 τιμή μονάδας + 1100 - 3500\$	-

Η σύγκριση των τριών εναλλακτικών δεν αποφέρει ένα απόλυτο αποτέλεσμα, εξαιτίας της κατά περίπτωση διακύμανσης. Έχοντας λάβει ωστόσο ως δεδομένα τα στοιχεία της υπόθεσης εργασίας μπορούμε να οδηγηθούμε σε ορισμένα συμπεράσματα.

Παρότι η σύνδεση στο συμβατικό δίκτυο δεν εμπεριέχει κάποια σταθερή τιμή μονάδος, το κόστος σύνδεσης και εγκατάστασης ενός κτιρίου, το οποίο βρίσκεται μακριά από κάποια υπάρχουσα εγκατάσταση δικτύου, μπορεί να λάβει υψηλές τιμές. Το κόστος αυξάνεται κατά 1000€/ανά χιλιόμετρο σύνδεσης, ενώ προστίθενται και τα κόστη εγκατάστασης πίνακα, ρολογιού και ενισχυτή (μετασχηματιστή), με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος να ανέρχεται κατ' ελάχιστο στα 3500€. Η τιμή της κιλοβατώρας επίσης ανέρχεται στα 0,10252€ για την κλίμακα κατανάλωσης στην οποία έχουμε θέσει το κτίριο στην υπόθεση εργασίας.

Στην εναλλακτική των φωτοβολταϊκών εμπορίου λαμβάνουμε υπόψιν μας τα φωτοβολταϊκά, τα οποία έχουν με τα σημερινά δεδομένα τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση. Η τιμή του τετραγωνικού μέτρου ανέρχεται περίπου στα 100-110€, ενώ για να καλυφθεί η οριζόμενη επιφάνεια οροφής το συνολικό κόστος εγκατάστασης ανέρχεται περίπου σε 12.000- 13.000€.

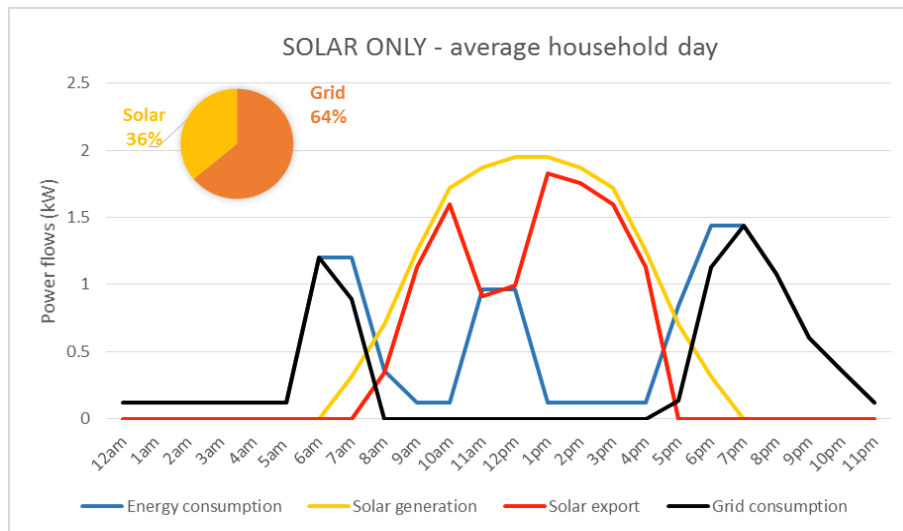
Αντιθέτως, τα φωτοβολταϊκά της Tesla έχουν υψηλότερη τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο, με τιμολόγηση κατ' αναλογία περίπου στα 180€/m², ενώ το συνολικό κόστος εγκατάστασης αγγίζει τις 14.500€. Αξίζει επίσης να σημειωθεί, ότι η τιμή της κιλοβατώρας στο πρόγραμμα net metering είναι ασφαλώς η ίδια και για τις δύο εναλλακτικές παραγωγής ενέργειας. Όσον αφορά στις μπαταρίες Powerwall I και II το κόστος, φτάνοντας κατά περίπτωση ακόμη και τις 10.000\$, είναι πράγματι ασφαλώς υψηλό. Στα πλαίσια της εργασίας θα αναλυθεί όχι μόνο το στοιχείο οικονομικής και περιβαλλοντικής επένδυσης, αλλά και το στοιχείο απόσβεσης και εξοικονόμησης, το οποίο ενέχεται σε αυτές τις συσκευές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Διαγράμματα 24ωρης κατανάλωσης

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται η διαγραμματική αποτύπωση του στοιχείου επένδυσης και εξοικονόμησης μέσω της προσθήκης μπαταριών σε ένα σπίτι με υφιστάμενη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ.

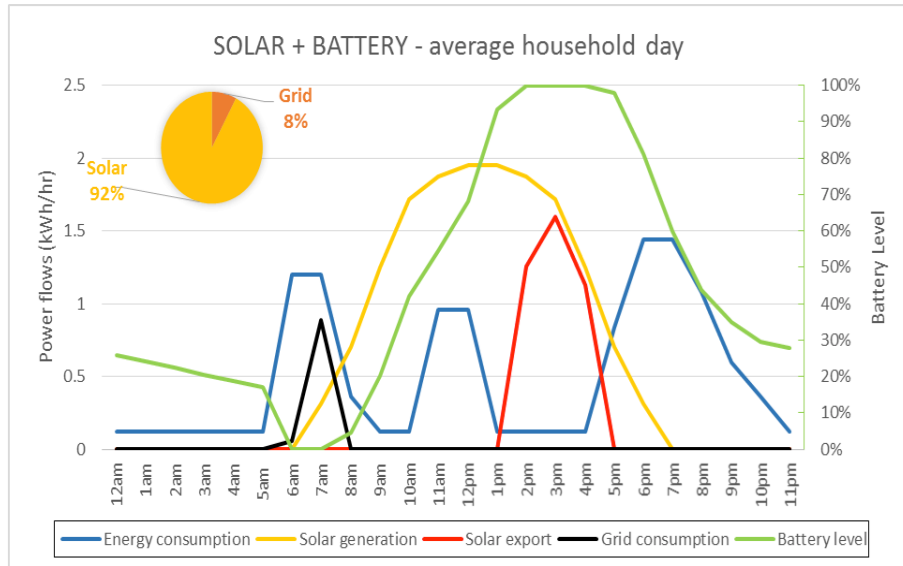
Διαγράμματα κατανάλωσης με ή χωρίς μπαταρία (μέση 24ωρη κατανάλωση)



Πηγή: onestepoffthegrid.com

Στο πρώτο διάγραμμα αποτυπώνεται η 24ωρη οικιακή χρήση ενός σπιτιού, το οποίο διαθέτει εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, τα οποία και χρησιμοποιεί κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ εξαρτάται από το συμβατικό δίκτυο για να καλύψει τις ενεργειακές του ανάγκες κατά τη διάρκεια της νύχτας. Σύμφωνα με την αποτύπωση οι ώρες υψηλότερης κατανάλωσης (με γαλάζιο χρώμα) εντοπίζονται νωρίς το πρωί, νωρίς το μεσημέρι και έπειτα μετά τη δύση του ηλίου. Βάσει των μέσων συνηθειών ενός νοικοκυριού, δυστυχώς μεγάλο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης εντοπίζεται σε ώρες, οι οποίες δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν από τα ηλιακά πάνελ. Ως αποτέλεσμα 63% της συνολικής κατανάλωσης, παρά την ηλιακή εγκατάσταση, εξακολουθεί να προέρχεται από το συμβατικό δίκτυο. Ένα ακόμη αξιοσημείωτο στοιχείο, αποτελεί το γεγονός, ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας, σε ώρες υψηλής απορρόφησης ηλιακής ενέργειας, οι ανάγκες του νοικοκυριού υπερκαλύπτονται και στις περιοχές όπου

υφίσταται η δυνατότητα net metering, μπορεί τουλάχιστον να αποδοθεί η ενέργεια ως ενεργειακή περίσσεια και να λάβει τη μορφή πίστωσης για την κατανάλωση από το συμβατικό δίκτυο.



Πηγή: onestepoffthegrid.com

Στο δεύτερο διάγραμμα αποτυπώνεται η 24ωρη οικιακή χρήση ενός σπιτιού, το οποίο διαθέτει επιπλέον εγκατεστημένη και μια μπαταρία ως συσκευή αποθήκευσης της περίσσειας παραχθείσας ενέργειας, ώστε να καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες. Οι ώρες υψηλής κατανάλωσης ορίζονται ως πανομοιότυπες. Μεγάλο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης εντοπίζεται πλέον σε ώρες, οι οποίες με την εγκατάσταση της μπαταρίας μπορούν να εξυπηρετηθούν από την αποθηκευμένη ενέργεια. Ως αποτέλεσμα το ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης, που προέρχεται από το συμβατικό δίκτυο, περιορίζεται στο 8%. Παράλληλα η κατανάλωση στηρίζεται κατά ποσοστό 92% στην ηλιακή ενέργεια, ενώ όπως φαίνεται διατηρείται και ένα μικρό περιθώριο απόδοσης της περίσσειας ενέργειας κατά τις μεσημεριανές ώρες στο συμβατικό σύστημα προς χρήση του συστήματος net metering και της επακόλουθης πίστωσης.

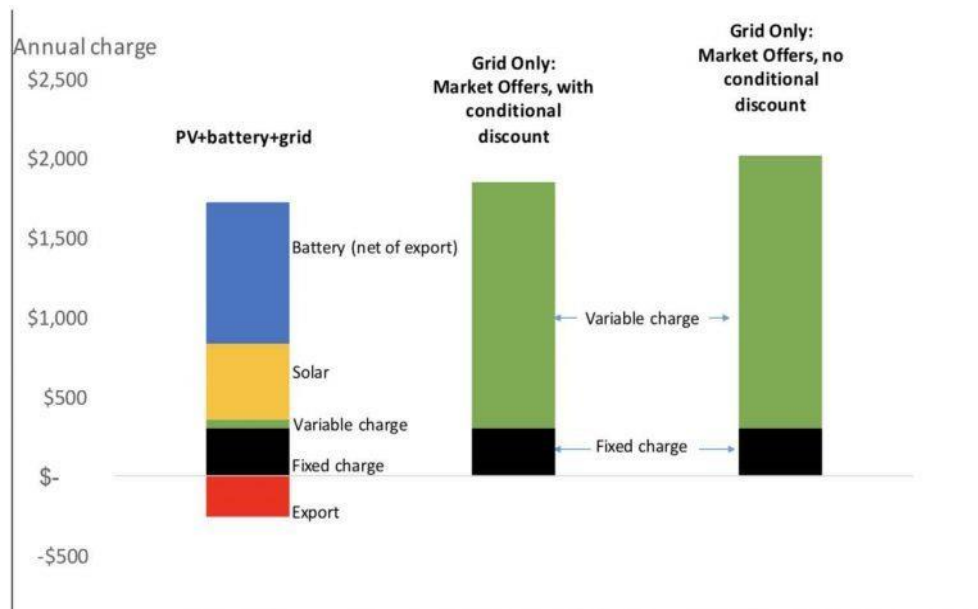
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Συγκριτικά διαγράμματα κατανάλωσης περιόδων 2016-2018 στην αγορά της Αυστραλίας

Στα παρακάτω διαγράμματα αποτυπώνεται το συνολικό ετήσιο κόστος ενός σπιτιού στην Αδελαΐδα της Αυστραλίας, το οποίο έχει μέση ετήσια κατανάλωση 4800 kWh σε δύο χρονικές περιόδους. Στην αριστερή στήλη αποτυπώνεται το κόστος ενός σπιτιού με εγκατεστημένο σύστημα φωτοβολταϊκών συνδυασμένο με μπαταρία Powerwall 2 5kV, ενώ διατηρείται παράλληλα και η δυνατότητα συμπληρωματικής χρήσης του συμβατικού δικτύου. Στην μεσαία στήλη αποδίδεται το ετήσιο κόστος χρήσης του συμβατικού δικτύου με ενσωματωμένες όλες τις δυνατές εκπτώσεις τιμών και διαθέσιμες προσφορές στην αυστραλιανή αγορά, ενώ στην δεξιά στήλη αποτυπώνεται το ετήσιο κόστος χρήσης χωρίς τις πιθανές εκπτώσεις τιμών.

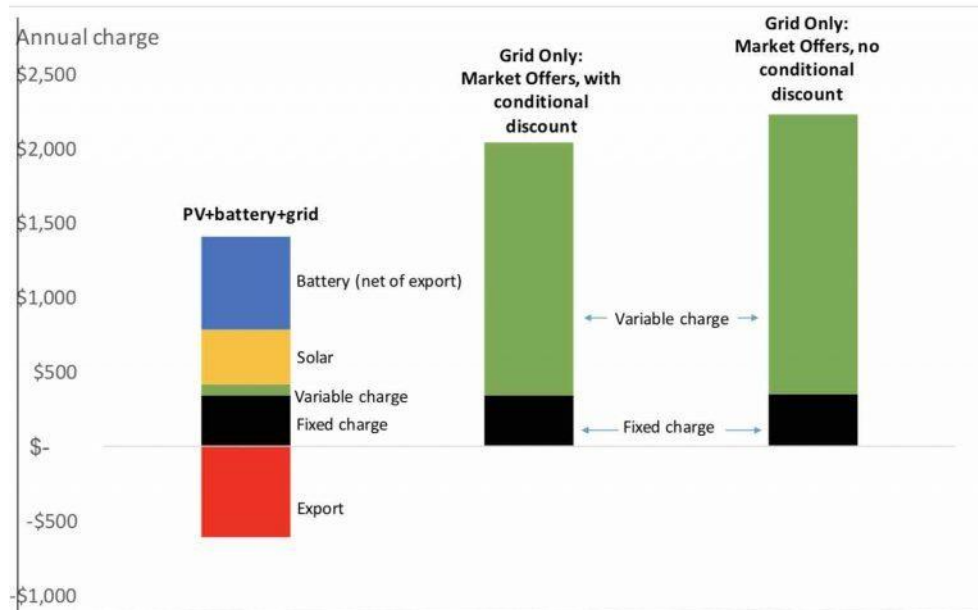
Όσον αφορά στη χρωματική αποτύπωση:

- Με μαύρο αποτυπώνεται ένα σταθερό τέλος, το οποίο χρεώνεται σε όλους τους χρήστες του συμβατικού δικτύου
- Με πράσινο η συνολική χρήση από το συμβατικό δίκτυο
- Με γαλάζιο η κατανάλωση από την αποθηκευμένη στην μπαταρία ενέργεια
- Με κίτρινο η κατανάλωση από την αποθηκευμένη στην μπαταρία ενέργεια
- Με κίτρινο η αυτοκατανάλωση από τα ηλιακά πάνελ
- Με κόκκινο η απόδοση περίσσειας ενέργειας στο δίκτυο



Όπως διαφαίνεται από το πρώτο διάγραμμα, ο συνδυασμός των εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών πάνελ με μπαταρία Powerwall και διατήρηση της σύνδεσης με το συμβατικό δίκτυο, οδηγεί σε μία μικρή απόκλιση στο συνολικό κόστος σε σχέση με την αποκλειστική χρήση του δικτύου. Ελαφρώς μεγαλύτερη είναι η διαφορά με την χρήση

του δικτύου χωρίς καμία επιπρόσθετη έκπτωση. Ωστόσο το μεγάλο κόστος εγκατάστασης των συσκευών και η μικρή διαφορά που αποδίδει στο συνολικό κόστος καθιστά ενδεχομένως το κόστος της επένδυσης περιττό και όχι απόλυτα εύλογο με τα δεδομένα του Νοεμβρίου 2016.



Στην περίοδο του Φεβρουαρίου 2018 ωστόσο, η κατάσταση στην αγορά της ενέργειας φαίνεται να έχει αλλάξει δραστικά. Σύμφωνα με τα δεδομένα, ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών πάνελ, μπαταρίας Powerwall και σύνδεσης στο συμβατικό δίκτυο, αποτελεί την οικονομικότερη οδό, καθώς για κατανάλωση 4800kW το ετήσιο κόστος ανέρχεται περίπου στα 1500 \$, ενώ η αποκλειστική χρήση του συμβατικού δικτύου είτε με όλες είτε χωρίς καμία έκπτωση ξεπερνά τα 2000\$. Είναι σημαντικό βέβαια να αναφέρουμε, ότι η αλλαγή στην απόκλιση μεταξύ των εναλλακτικών δεν οφείλεται πρωταρχικά στην αυξημένη απόδοση των φωτοβολταϊκών, αλλά στην αύξηση κατά 12.5% στην τιμολόγηση της παρεχόμενης από το δίκτυο κιλοβατώρας, και αλλαγή στην τιμολόγηση των κιλοβατώραν, που παράγονται από τα ηλιακά πάνελ.

Βάσει των ρυθμών εξέλιξης της αγοράς ενέργειας υπολογίζεται επίσης, ότι η απόκλιση θα συνεχίσει να μεγαλώνει, καθιστώντας την αποκλειστική χρήση συμβατικού δικτύου οικονομικά ασύμφορη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

Προτερήματα και Μειονεκτήματα του Powerwall

- + **Εύλογο Κόστος** : περίπου 9000-10.000 \$ για αγορά και εγκατάσταση μπαταρίας χωρητικότητας 13.5 kWh. Η τιμή ενέχει το στοιχείο της επένδυσης, ενώ παράλληλα βρίσκεται σε καλό επίπεδο σε σχέση με ανταγωνιστές ίδιου βεληνεκούς.
- + **Ο μετατροπέας μπαταριών και το σύστημα διαχείρισης συμπεριλαμβάνονται στο κόστος**, ενώ σε πολλές ηλιακές μπαταρίες πρέπει να αγοραστούν ξεχωριστά.
- + **Ποιότητα μπαταρίας** : Η Tesla συνεργάζεται με την Panasonic για την τεχνολογία των μπαταριών, στοιχείο που συνηγορεί στην υψηλή κατασκευαστική της ποιότητα.
- + Διαθέτει **ευφύες λογισμικό** λειτουργίας καθ **σύστημα ψύξης** των μπαταριών.
- + Σε **απομακρυσμένες / δύσβατες περιοχές** εκτός δικτύου το κόστος σύνδεσης είναι υψηλό, επομένως η εναλλακτική του συστήματος της Tesla **συμφέρει και από οικονομική άποψη**.
- + Η **δυνατότητα ελέγχου της μπαταρίας** μέσω εφαρμογής, η οποία επιτρέπει στον χρήστη να ρυθμίζει αυτόματα και εξ αποστάσεως την χρήση βάσει ωρών και να αποφεύγει ώρες αιχμής επιτρέπει την ελαχιστοποίηση του κόστους.
- Σε **κτίρια εντός πόλεως** όπου το δίκτυο είναι επαρκώς δυνατό και υφίσταται ήδη η εγκατάσταση, ενδεχομένως δεν δικαιολογείται η επένδυση, έναντι της χρήσης του συμβατικού δικτύου από καθαρά οικονομικής άποψης.
- **Πολυήμερη αυτοδυναμία** για ένα μέσο σπίτι απαιτεί συσσώρευση πολλαπλών συσκευών, το οποίο **αυξάνει σημαντικά το κόστος**.
- Σε **πολυκατοικίες ο κοινόχρηστος χώρος** του δώματος **δεν επαρκεί** για να προσφέρει αυτοδυναμία σε όλα τα διαμερίσματα.
- **Απαιτείται εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ**, καθώς φορτίζει μέσω συμβατικού δικτύου μόνο σε ακραία χαμηλές θερμοκρασίες προς διατήρηση της υγείας της μπαταρίας.
- **Αναμονή παραλαβής** από την ολοκλήρωση της παραγγελίας 6-8 μήνες.
- Οποιοσδήποτε **ενεργειακές παρεμβάσεις** με γνώμονα το οικολογικό αποτύπωμα δεν έχουν νόημα όταν εφαρμόζονται **σε κτιριακές εγκαταστάσεις πολύ χαμηλής ενεργειακής απόδοσης** (πχ ενεργειακή κλάση E και Z στην Ελλάδα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Σύγκριση αυτοδύναμου συστήματος με το σύστημα net metering

· Γιατί να προτιμηθεί μία συσκευή μπαταρίας έναντι του net metering

Το σύστημα **Net Metering** δίνει πίστωση στον καταναλωτή για την περίσσεια παραγωγή ενέργειας, που αποστέλλεται στο δίκτυο. Ως αποτέλεσμα αυτή η πρακτική επιτελεί από οικονομικής άποψης αυτό, που κάνει πρακτικά μία ηλιακή μπαταρία, παρέχει δηλαδή μέσω της πίστωσης τη δυνατότητα αποφυγής της χρέωσης για χρήση ενέργειας, όταν οι ηλιακοί συλλέκτες δεν παράγουν ενέργεια, όπως πχ σε μέρες με συννεφιά ή κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Η απάντηση προκύπτει από έναν συνδυασμό τριών παραγόντων:

- Η αύξηση των συντελεστών στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας βάσει χρόνου κατανάλωσης από τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας/ σύστημα ωριαίων ποσοστών ενέργειας.
- Η παροχή διάφορων κρατικών κινήτρων για εγκατάσταση μπαταριών σε μέρη όπως η Καλιφόρνια.
- Το τροφοδοτικό Tesla προσφέρει πλέον και έλεγχο κατανάλωσης βάσει ωραρίου

Τα ωριαία ποσοστά ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα χρονοδιαγράμματα των χρεώσεων, που χρεώνονται για την ηλεκτρική ενέργεια από τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας, οπότε και η χρέωση αυξάνεται κατά τις ώρες αιχμής. Η συγκεκριμένη πρακτική λειτουργεί ως τρόπος αποθάρρυνσης της χρήσης του δικτύου σε ώρες αιχμής.

Η διαφορά στην τιμολόγηση μπορεί να είναι σημαντική. Για παράδειγμα, στο φθηνότερο κλιμάκιο πληρωμών PG & E κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, η χρέωση εκτός ωρών αιχμής είναι \$ 0,26/ KWh αλλά κατά τις ώρες αιχμής φτάνει στα \$ 0,36. Αυτός ο τύπος χρέωσης θα ισχύσει υποχρεωτικά για τους οικιακούς πελάτες στην Καλιφόρνια από τα τέλη του 2019.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

POWERPACK

- Το Powerpack είναι ένα πλήρως ενσωματωμένο, σύστημα αποθήκευσης ενέργειας με όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό και τεχνολογία για τη σύνδεση με ένα ολόκληρο κτίριο ή και με ένα δίκτυο. Απλοποιεί την εγκατάσταση, την ενσωμάτωση και τη μελλοντική υποστήριξη μικροσυστημάτων, προσφέροντας οφέλη, τα οποία ξεπερνούν κατά πολύ τα χαρακτηριστικά των οικιακών μπαταριών.
- Κάθε Powerpack περιέχει 16 μεμονωμένες ράβδους μπαταρίας με αυτόνομο μετατροπέα AC/DC.
- AC Τάση 380 έως 480V, Ισχύς 50kW (AC)
- Χωρητικότητα/ αποθήκευση ενέργειας ύψους 210 KWh

Αξίζει επίσης να σημειωθεί, ότι οι μπαταρίες Powerpack σε συνδυασμό με τα ηλιακά πάνελ της Tesla έχουν εγκατασταθεί μαζικά ως επένδυση μεγάλης κλίμακας και λειτουργούν ως αυτοδύναμο μικροσύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας ήδη για δύο νησιά, το νησί Kauai στην Χαβάη και το νησί Tau στην Αμερικανική Σαμόα. Στα νησιά αυτά έχει εξαλειφθεί πλήρως η εξάρτηση από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



ΤΕΛΕΥΤΑΙΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

Η Tesla ανακοίνωσε μείωση των τιμών των ηλιακών συλλεκτών, και πλέον το μονό σετ πάνελ 4 kW κοστίζει 7.980 δολάρια, το οποίο μεταφράζεται σε 1,99 \$/watt συμπεριλαμβανομένης της εγκατάστασης. Εντός Η.Π.Α., η τιμή ανά watt μπορεί να πέσει μέχρι και σε 1,75\$/watt, δηλαδή 16% φθηνότερα από τον εθνικό μέσο όρο των 2,09\$. Ο επικεφαλής του τμήματος ηλιακών συλλεκτών, Sanjay Shah, υπογραμμίζει δύο βασικούς λόγους, που κατέστησαν εφικτές τις μειώσεις. Πρώτον, η τυποποίηση των πάνελ μειώνει το κόστος, καθώς οι πελάτες πλέον θα μπορούν να αγοράζουν τα πάνελ των 4kW σε μορφή 12 φύλλων. Δεύτερον, ζητείται από τους πελάτες να εκτελέσουν ορισμένα τμήματα της διαδικασίας μόνοι τους, όπως η φωτογράφιση ηλεκτρικών μετρητών και κουτιών διακοπών κυκλώματος, διαδικασία η οποία κανονικά θα απαιτούσε επίσκεψη από μηχανικούς της Tesla.

Ακόμη με βάση ενημερωτικά δελτία των ελληνικών ΜΜΕ, έγινε γνωστό, ότι η συνάντηση εκπροσώπων της Tesla με τον υπουργό Ενέργειας θα οδηγήσει ενδεχομένως στην προκήρυξη διαγωνισμού με αντικείμενο την πιλοτική εφαρμογή επιβιομηχανικού μικροσυστήματος με ενσωματωμένα Powerpack στην Λήμνο. Αναμένονται ασφαλώς περαιτέρω ανακοινώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Κατά τη διάρκεια της έρευνας κατέστη σαφές, το γεγονός, ότι η εγκατάσταση και η υποστήριξη ενός αυτοδύναμου συστήματος με ηλιακά πάνελ και μπαταρία αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας, αποτελεί μία ακριβή εναλλακτική.

Μέσω μελέτης των δεδομένων των εναλλακτικών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σε συνάρτηση πάντα με τα χαρακτηριστικά ορισμένων περιοχών της ελληνικής επικράτειας, όπως απομακρυσμένες από τον αστικό ιστό περιοχές, καθώς και πληθώρα μικρών νησιών, κατέστη εξίσου σαφές, ότι περιοχές με τέτοιου είδους ιδιαίτερα χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να επωφεληθούν υπέρμετρα από μία τέτοια ενεργειακή εγκατάσταση.

Η εν δυνάμει ωφέλεια λαμβάνει περιβαλλοντικές, αλλά και οικονομικές εκφάνσεις. Η διατήρηση ενός συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο βασίζεται αποκλειστικά σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, από φωτοβολταϊκά μέχρι αιολικά πάρκα, ανάλογα με την τοπική διαθεσιμότητα και γεωμορφολογία, διαθέτει ασφαλώς πολύ μικρότερο οικολογικό αποτύπωμα σε σύγκριση με την εναλλακτική των ευρέως χρησιμοποιούμενων υδρογονανθράκων. Επιπροσθέτως, η απεξάρτηση των περιοχών αυτών από το συμβατικό δίκτυο, πέρα από το αρχικό στοιχείο έντονης οικονομικής επιβάρυνσης, αποτελεί σε ορίζοντα μακροχρόνιας ανάλυσης, μία εναλλακτική με υψηλά οικονομικά οφέλη, καθώς η εξάρτηση από υδρογονάνθρακες έχει υψηλό περιβαλλοντικό αλλά και οικονομικό κόστος.

Η παραπάνω διαπίστωση συνηγορεί σε μία πολύπλευρη παραδοχή. Μία εγκατάσταση μικρού μεγέθους με μπαταρία τύπου Powerwall μπορεί να αποτελέσει ασφαλώς ιδανική εναλλακτική για ιδιώτες σε απομακρυσμένες από το συμβατικό δίκτυο περιοχές, όπου το κόστος σύνδεσης στο δίκτυο καθιστά την ενεργειακή αυτοδυναμία ελκυστική εναλλακτική. Μία εγκατάσταση μεγάλης κλίμακας, υπό τη μορφή μικροσυστήματος, θα μπορούσε να αντικαταστήσει, ενδεχομένως ακόμη και πλήρως, το δίκτυο σε πολλά νησιά, το κόστος ωστόσο, που απαιτείται, το καθιστά αυτόματα ανέφικτο για τους ιδιώτες μεμονωμένα. Η παραδοχή αυτή οδηγεί στην ανάγκη να αναλάβει την επένδυση το κράτος, το οποίο ενέχοντας το στοιχείο της συνέχειας ανά τους αιώνες, δύναται να αντιληφθεί την απόσβεση, οικονομική αλλά και περιβαλλοντική, σε έναν ορίζοντα, που επεκτείνεται στις επόμενες γενιές.

Με γνώμονα λοιπόν αυτήν την σκέψη, κρίνεται παραγωγικό στο μέλλον να διερευνηθούν περαιτέρω σε βάθος, από οικονομικής αλλά και γεωμορφολογικής πλευράς, οι πιθανές εφαρμογές της υπάρχουσας τεχνολογίας και οι αμέριστης αξίας θετικές επιδράσεις, που μπορεί αυτές να έχουν, εφόσον εφαρμοστούν στην ελληνική επικράτεια.

ΠΗΓΕΣ

- https://www.tesla.com/en_EU/energy
- <http://www.statistics.gr/>
- <https://www.solarreviews.com/blog/is-the-tesla-powerwall-the-best-solar-battery-available-in-2019>
- <https://cleantechnica.com/2019/01/19/everything-you-need-to-know-about-the-powerwall-2-2019-edition/>
- <http://www.res-legal.eu/search-by-country/greece/single/s/res-e/t/promotion/aid/feed-in-tariff-i/lastp/139>
- <http://sunstainable.com.au/2018/02/22/tesla-battery-plus-solar/>
- <https://www.solarquotes.com.au/battery-storage/comparison-table/>
- <https://onestepoffthegrid.com.au/what-the-tesla-powerwall-battery-means-for-households-61055/>
- <https://www.energysage.com/solar/solar-energy-storage/tesla-powerwall-home-battery/>
- <https://cleantechnica.com/2019/01/19/everything-you-need-to-know-about-the-powerwall-2-2019-edition/>
- <https://www.inverse.com/article/53722-tesla-powerwall-why-the-solar-battery-is-hard-to-get-for-homeowners>
- <https://www.originenergy.com.au/solar/batteries/tesla-powerwall.html>