



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

Ανάλυση λειτουργίας συστήματος φωτοβολταϊκής  
μονάδας με αποθήκευση σε οικιακή εγκατάσταση  
με φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου

---

Παναγιώτης Δημητρακόπουλος

A.M.: HN07787

Επιβλέπων: Επίκουρος Καθηγητής Άγγελος Σ. Μπουχουράς

---

*(Υπογραφή)*

.....

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε., ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

©2022 – All rights reserve

---

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η εφαρμογή μιας οικιακής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με την προσθήκη στο φορτίο ενός ηλεκτρικού οχήματος με δύο διαφορετικές εναλλαγές στην φόρτιση του με και χωρίς την χρήση μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά γίνεται μια θεωρητική ανάλυση για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τις μπαταρίες των φωτοβολταϊκών, τον τρόπο λειτουργίας του net-metering, για τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και κάποιες πληροφορίες για τα ηλεκτρικά οχήματα και την φόρτιση τους.

Πιο συγκεκριμένα αναλύεται μια οικιακή φωτοβολταϊκή εγκατάσταση που βρίσκεται στην περιοχή της Κοζάνης. Η ανάλυση και η προσομοίωση αυτής της εγκατάστασης γίνεται με την βοήθεια του λογισμικού του System Advisor Model (SAM), όπου είναι ένα λογισμικό όπου προσομοιώνει αναλύει και βγάζει αποτελέσματα για μια εγκατάσταση με συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν για την συγκεκριμένη εργασία είναι 8. Τα δύο πρώτα σενάρια χρησιμοποιούν αποκλειστικά το ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού χωρίς την προσθήκη της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος με και χωρίς την χρήση μπαταρίας και τα υπόλοιπα έξι είναι με την προσθήκη του ηλεκτρικού οχήματος με και χωρίς την χρήση μπαταρίας εναλλάσσοντας τον τρόπο φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος. Η τιμή της κιλοβατώρας είναι σταθερή στα πρώτα έξι και στα δύο τελευταία σενάρια η τιμή της αυξάνεται για τρεις ώρες το μεσημέρι και εξετάζεται η επίδραση της στα αποτελέσματα.

Τέλος στο τελευταίο κεφάλαιο αναλύονται τα αποτελέσματα των σεναρίων και αναγράφονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Λέξεις κλειδιά: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, φωτοβολταϊκά συστήματα, net-metering, κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση, ηλεκτρικά οχήματα, φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, μπαταρία.



---

## ABSTRACT

In this thesis, the application of a residential photovoltaic installation is considered by adding to the load of an electric vehicle with two different changes in its charging with and without the use of electrical energy storage units. First, a theoretical analysis is made on renewable energy sources, photovoltaic systems, photovoltaic batteries, the way net-metering works, on buildings with almost zero energy consumption and some information on electric vehicles and their charging.

More specifically, a residential photovoltaic installation located in the area of Kozani. The analysis and simulation of this installation is done with the help of System Advisor Model (SAM) software, which is a software where it simulates, analyzes and outputs results for an installation with renewable energy systems. The scenarios used for this work are 8. The first two scenarios use exclusively the electric load of the house without the addition of the charging of the electric vehicle with and without the use of a battery and the remaining six are with the addition of the electric vehicle with and without the use of the battery by changing the charging method of the electric vehicle. The price of the kilowatt hour is fixed in the first six and in the last two scenarios the price is increased for three hours at noon and the effect on the results is examined.

Finally, in the last chapter, the results of the scenarios are analyzed and the conclusions drawn are written.

**Keywords:** Renewable energy sources, photovoltaic systems, net-metering, buildings with almost zero consumption, electric vehicles, electric vehicle charging, battery.



---

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Άγγελο Μπουχουρά για την καθοδήγηση και τον χρόνο που αφιέρωσε κατά την διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί.





# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	i
Abstract .....	iii
Ευχαριστιες.....	v
Πίνακας Περιεχομενων .....	vii
Πίνακας εικονων .....	ix
Καταλογος Πινακων.....	xii
Εισαγωγή.....	1
<b>Κεφαλαιο 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....</b>	<b>2</b>
1.1  Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας .....	2
1.2  Ηλιακή ενέργεια .....	2
1.3  Φωτοβολταϊκά συστήματα .....	2
1.4  Net Metering – Συμψηφισμός .....	5
1.5  Τρόπος λειτουργίας Net Metering.....	5
1.6  Μπαταρίες φωτοβολταϊκών.....	6
1.7  Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας.....	7
1.8  Ηλεκτρικά οχήματα και κλιματική αλλαγή.....	8
1.8.1  Κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων και ορισμοί.....	9
1.8.2  Πλεονεκτήματα ηλεκτρικών οχημάτων .....	9
1.8.3  Πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων .....	10
1.8.4  Πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη .....	11
1.8.5  Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων .....	12
1.8.6  Κατηγορίες φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων .....	12
1.8.7  Ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα .....	13
1.8.8  Δημόσια σημεία φόρτισης στην Ελλάδα.....	13
<b>Κεφαλαιο 2: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (SAM).....</b>	<b>16</b>
2.1  Εισαγωγή.....	16
2.2  Προσθήκη παραμέτρων SAM.....	16
2.3  Παρουσίαση Σεναρίων .....	33
2.3.1  Σενάριο 1 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού χωρίς την χρήση μπαταριών .....	33

2.3.2 Σενάριο 2 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την χρήση μπαταριών .....	34
2.3.3 Σενάριο 3 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη συνεχόμενης φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών. ....	34
2.3.4 Σενάριο 4 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών. ....	35
2.3.5 Σενάριο 5 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη συνεχόμενης φόρτισης του Η.Ο. με την χρήση μπαταριών. ....	36
2.3.6 Σενάριο 6 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. με την χρήση μπαταριών.....	36
2.3.7 Σενάριο 7 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών .....	36
2.3.8 Σενάριο 8 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. με την χρήση μπαταριών.....	36
<b>Κεφαλαίο 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ .....</b>	<b>37</b>
3.1 Εισαγωγή.....	37
3.2 Σενάριο 1 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού χωρίς την χρήση μπαταριών για αποθήκευση ενέργειας.....	37
3.3 Σενάριο 2 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την χρήση μπαταριών για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας .....	41
3.4 Σενάριο 3 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη συνεχόμενης φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών .....	45
3.5 Σενάριο 4 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών.....	50
3.5 Σενάριο 5 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη συνεχόμενης φόρτισης του Η.Ο. με την χρήση μπαταριών.....	55
3.6 Σενάριο 6 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. με την χρήση μπαταριών.....	61
3.7 Σενάριο 7 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών (με εναλλαγή κιλοβατώρας).....	67
3.8 Σενάριο 8 <sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. και με την χρήση μπαταριών.....	73
3.9 Συμπεράσματα.....	79
Βιβλιογραφία.....	80

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1.1</b> Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα με βοηθητική γεννήτρια. (Πηγή: <a href="https://www.solaire.gr/autonoma.html">https://www.solaire.gr/autonoma.html</a> ).....	3
<b>Εικόνα 1.2</b> Απλοποιημένο διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα με σύστημα ενεργειακού συμψηφισμού (net-metering) (Πηγή: Gilbert M. Masters, “Συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας”, Εκδόσεις Α.Ε. Αθήνα 2016).....	4
<b>Εικόνα 1.3</b> Net Metering - Σχεδιάγραμμα συνδεσμολογίας και τρόπος λειτουργίας (Πηγή: <a href="https://www.oleng.eu/net-metering/#%CE%A4%CE%B9%20%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9%20%CE%B7%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE">https://www.oleng.eu/net-metering/#%CE%A4%CE%B9%20%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9%20%CE%B7%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE</a> ).....	6
<b>Εικόνα 1.4</b> Σύγκριση μπαταρίας μολύβδου οξέος με τις μπαταρίες λιθίου (Πηγή: <a href="https://www.mp-energy.gr/category/285/sunlight.html">https://www.mp-energy.gr/category/285/sunlight.html</a> ).....	7
<b>Εικόνα 1.5</b> Παγκόσμιες πωλήσεις και ποσοστό πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων, 2010-2021 (Πηγή: IEA, Paris <a href="https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-sales-and-sales-market-share-of-electric-cars-2010-2021">https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-sales-and-sales-market-share-of-electric-cars-2010-2021</a> ).....	10
<b>Εικόνα 1.6</b> Μηνιαίες πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων σε μεγάλες αγορές, το 2021 σε σύγκριση με το 2020 (Πηγή: IEA, Paris <a href="https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/monthly-sales-of-electric-cars-in-major-car-markets-2021-compared-with-2020">https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/monthly-sales-of-electric-cars-in-major-car-markets-2021-compared-with-2020</a> ) .....	11
<b>Εικόνα 1.7</b> Αγορά οχημάτων βάσει καυσίμου σε Ευρώπη και Ελλάδα (Πηγή: <a href="https://www.acea.auto/figure/passenger-car-fleet-by-fuel-type/">https://www.acea.auto/figure/passenger-car-fleet-by-fuel-type/</a> ).....	13
<b>Εικόνα 1.8</b> Αριθμός ηλεκτρικών αυτοκινήτων ανά σημείο δημόσιας φόρτισης 2019 έναντι 2017 (Πηγή: <a href="https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf">https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf</a> ).....	14
<b>Εικόνα 1.9</b> Δίκτυο φορτιστών ΗΟ στην Ελλάδα (Πηγή: <a href="https://evloader.com/stations-map">https://evloader.com/stations-map</a> ).....	15
<b>Εικόνα 1.10</b> Τρέχουσα ανάλυση των δημόσιων σημείων φόρτισης ΗΟ στην ΕΕ (Πηγή: <a href="https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf">https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf</a> ).....	15
<b>Εικόνα 2.1</b> Επιλογή τεχνοοικονομικού μοντέλου χωρίς την χρήση μπαταριών.....	17
<b>Εικόνα 2.2</b> Επιλογή τεχνοοικονομικού μοντέλου με αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας.....	17
<b>Εικόνα 2.3</b> Ολική ακτινοβολία για την περιοχή της Κοζάνης.....	18
<b>Εικόνα 2.4</b> Σχετική υγρασία για την περιοχή της Κοζάνης.....	18
<b>Εικόνα 2.5</b> Καρτέλα τοποθεσίας και καιρού (Location and Resource).....	19
<b>Εικόνα 2.6</b> Καρτέλα πάνελ (Module).....	19
<b>Εικόνα 2.7</b> Καρτέλα αναστροφέα (Inverter).....	20
<b>Εικόνα 2.8</b> Καρτέλα System Design.....	21
<b>Εικόνα 2.9</b> Καρτέλα Shading and Layout.....	22
<b>Εικόνα 2.10</b> Καρτέλα απωλειών (Losses).....	23

---

<b>Εικόνα 2.11</b> Χαρακτηριστικά μπαταρίας RESU6.5 (Πηγή: <a href="https://www.europe-solarstore.com/download/lgchem/LG_Chem_RESU_datasheet.pdf">https://www.europe-solarstore.com/download/lgchem/LG_Chem_RESU_datasheet.pdf</a> ).....	24
<b>Εικόνα 2.12</b> Καρτέλα χαρακτηριστικών μπαταρίας (Battery Cell and System).....	25
<b>Εικόνα 2.13</b> Κύκλος ζωής μπαταρίας (Battery Life).....	25
<b>Εικόνα 2.14</b> Κύκλος ζωής μπαταρίας (Battery Life).....	26
<b>Εικόνα 2.15</b> Φόρτιση και εκφόρτιση μπαταρίας (Battery Dispatch).....	26
<b>Εικόνα 2.16</b> Σύνδεση μπαταρίας και ποσοστό μετατροπής AC/DC.....	27
<b>Εικόνα 2.17</b> Όρια δικτύου (Grid Limits).....	27
<b>Εικόνα 2.18</b> Ποσοστό υποβάθμισης (Lifetime and Degradation).....	27
<b>Εικόνα 2.19</b> Κόστος εγκατάστασης (Installation Costs).....	28
<b>Εικόνα 2.20</b> Λειτουργικά κόστη (Operating Costs).....	29
<b>Εικόνα 2.21</b> Οικονομικοί παράμετροι (Financial Parameters).....	29
<b>Εικόνα 2.22</b> Οικονομικά Κίνητρα (Incentives).....	30
<b>Εικόνα 2.23</b> Επιλογή Net metering.....	31
<b>Εικόνα 2.24</b> Καθορισμός τιμής ηλεκτρικής ενέργειας.....	31
<b>Εικόνα 2.25</b> Κατανομή φορτίου κάθε μήνα χωρίς ηλεκτρικό αυτοκίνητο.....	32
<b>Εικόνα 2.26</b> Κατανομή φορτίου κάθε μήνα με την προσθήκη ηλεκτρικού αυτοκινήτου.....	32
<b>Εικόνα 2.27</b> Χαρακτηριστικά φόρτισης μπαταρίας.....	33
<b>Εικόνα 3.1</b> Μηνιαία παραγωγή ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας.....	38
<b>Εικόνα 3.2</b> Μεταβολή Καθαρής Παρούσας Αξίας, σενάριο 1 <sup>ο</sup> .....	39
<b>Εικόνα 3.3</b> Μεταβολή απλής περιόδου αποπληρωμής, σενάριο 1 <sup>ο</sup> .....	39
<b>Εικόνα 3.4</b> Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 1ο, 15η μέρα Ιουλίου.....	40
<b>Εικόνα 3.5</b> Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, σενάριο 2 <sup>ο</sup> .....	42
<b>Εικόνα 3.6</b> Μεταβολή Καθαρής Παρούσας Αξίας, Σενάριο 2 <sup>ο</sup> .....	43
<b>Εικόνα 3.7</b> Μεταβολή απλής περιόδου αποπληρωμής, Σενάριο 2 <sup>ο</sup> .....	43
<b>Εικόνα 3.8</b> Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 2ο, 15η μέρα Ιουλίου.....	44
<b>Εικόνα 3.9</b> Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 3 <sup>ο</sup> .....	46
<b>Εικόνα 3.10</b> Ενεργειακό προφίλ Χειμώνα, Σενάριο 3 <sup>ο</sup> , 15η μέρα Ιανουαρίου.....	47
<b>Εικόνα 3.11</b> Ενεργειακό προφίλ άνοιξης, Σενάριο 3ο , 15η μέρα Απρίλη.....	48
<b>Εικόνα 3.12</b> Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 3ο , 15η μέρα του Ιουλίου.....	49
<b>Εικόνα 3.13</b> Ενεργειακό προφίλ Φθινόπωρου, Σενάριο 3ο, 15η μέρα του Οκτώβρη.....	50
<b>Εικόνα 3.14</b> Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 4ο.....	51

---

<b>Εικόνα 3.15</b> Ενεργειακό προφίλ Χειμώνα, Σενάριο 4ο, 15η μέρα του Ιανουαρίου.....	52
<b>Εικόνα 3.16</b> Ενεργειακό προφίλ Άνοιξης, Σενάριο 4ο, 15η μέρα του Απρίλη.....	53
<b>Εικόνα 3.17</b> Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 4ο, 15η μέρα του Ιουλίου.....	54
<b>Εικόνα 3.18</b> Ενεργειακό προφίλ Φθινοπώρου, Σενάριο 4ο, 15η μέρα του Οκτώβρη.....	55
<b>Εικόνα 3.19</b> Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 5ο.....	56
<b>Εικόνα 3.20</b> Ενεργειακό προφίλ χειμώνα, Σενάριο 5ο, 15η μέρα του Ιανουαρίου.....	57
<b>Εικόνα 3.21</b> Ενεργειακό προφίλ Άνοιξης, Σενάριο 5ο, 15η μέρα του Απρίλη.....	58
<b>Εικόνα 3.22</b> Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 5ο, 15η μέρα του Ιουλίου.....	59
<b>Εικόνα 3.23</b> Ενεργειακό προφίλ Φθινοπώρου, Σενάριο 5ο, 15η μέρα του Οκτώβρη.....	60
<b>Εικόνα 3.24</b> Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 6ο.....	62
<b>Εικόνα 3.25</b> Ενεργειακό προφίλ Χειμώνα, Σενάριο 6ο, 15η μέρα του Ιανουαρίου.....	63
<b>Εικόνα 3.26</b> Ενεργειακό προφίλ Άνοιξης, Σενάριο 6ο, 15η μέρα του Απρίλη.....	64
<b>Εικόνα 3.27</b> Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 6ο, 15η μέρα του Ιουλίου.....	65
<b>Εικόνα 3.28</b> Ενεργειακό προφίλ Φθινοπώρου, Σενάριο 6ο, 15η μέρα του Οκτώβρη.....	66
<b>Εικόνα 3.29</b> Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 7ο.....	68
<b>Εικόνα 3.30</b> Ενεργειακό προφίλ Χειμώνα, Σενάριο 7ο, 15η μέρα του Ιανουαρίου.....	69
<b>Εικόνα 3.31</b> Ενεργειακό προφίλ Άνοιξης, Σενάριο 7ο, 15η μέρα του Απρίλη.....	70
<b>Εικόνα 3.32</b> Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 7ο, 15η μέρα του Ιουλίου.....	71
<b>Εικόνα 3.33</b> Ενεργειακό προφίλ Φθινοπώρου, Σενάριο 7ο, 15η μέρα του Οκτώβρη.....	72
<b>Εικόνα 3.34</b> Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 8ο.....	74
<b>Εικόνα 3.35</b> Ενεργειακό προφίλ Χειμώνα, Σενάριο 8ο, 15η μέρα του Ιανουαρίου.....	75
<b>Εικόνα 3.36</b> Ενεργειακό προφίλ Άνοιξης, Σενάριο 8ο, 15η μέρα του Απρίλη.....	76
<b>Εικόνα 3.37</b> Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 8ο, 15η μέρα του Ιουλίου.....	77
<b>Εικόνα 3.38</b> Ενεργειακό προφίλ Φθινοπώρου, Σενάριο 8ο, 15η μέρα του Οκτώβρη.....	78

---

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 2.1</b> Ηλεκτρικό Φορτίο σπιτιού για την 15η Ιουλίου με συνεχόμενη φόρτιση.....	34
<b>Πίνακας 2.2</b> Ηλεκτρικό φορτίο σπιτιού για την 15η Ιουλίου με σπαστή φόρτιση.....	35
<b>Πίνακας 3.1</b> Αποτελέσματα για το 1 <sup>ο</sup> σενάριο.....	37
<b>Πίνακας 3.2</b> Αποτελέσματα για το 2 <sup>ο</sup> σενάριο.....	41
<b>Πίνακας 3.3</b> Αποτελέσματα για το 3 <sup>ο</sup> σενάριο.....	45
<b>Πίνακας 3.4</b> Αποτελέσματα για το 4 <sup>ο</sup> σενάριο.....	50
<b>Πίνακας 3.5</b> Αποτελέσματα για το 5 <sup>ο</sup> σενάριο.....	55
<b>Πίνακας 3.6</b> Αποτελέσματα για το 6 <sup>ο</sup> σενάριο.....	61
<b>Πίνακας 3.7</b> Αποτελέσματα για το 7 <sup>ο</sup> σενάριο.....	67
<b>Πίνακας 3.8</b> Αποτελέσματα για το 8 <sup>ο</sup> σενάριο.....	73

---

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την πάροδο του χρόνου παρατηρείται όλο και περισσότερο η αύξηση του ενδιαφέροντος για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το ενδιαφέρον αυτό οφείλεται κυρίως για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος έγκειται στις οικολογικές επιπτώσεις που δέχεται ο πλανήτης από την υπερβολική χρήση ορυκτών πόρων, όπως είναι ο λιγνίτης, το φυσικό αέριο, κ.α., όπου με την καύση τους απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα τεράστιες ποσότητες CO<sub>2</sub>. Ο δεύτερος λόγος έγκειται στην αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, όπου σε συνδυασμό με την μείωση των ορυκτών αποθεμάτων καθιστά την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαραίτητη.

Το μεγαλύτερο δυναμικό εφαρμογής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βρίσκεται στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και πιο συγκεκριμένα στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα με η χωρίς αποθήκευση ενέργειας, όπου ως επί το πλείστον εγκαθίστανται σε στέγες κτιρίων, μπορούν να συμβάλουν στην αντιμετώπιση της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε ώρες αιχμής. Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος έχει άμεσο αποτέλεσμα στην εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας για το εκάστοτε νοικοκυριό.

Ένα ακόμη φαινόμενο που παρατηρείται με την πάροδο του χρόνου είναι πως η αντικατάσταση των συμβατικών με ηλεκτρικών αυτοκινήτων δείχνει να είναι μονόδρομος. Αρκετές αυτοκινητοβιομηχανίες, όπως είναι η Volvo, η Ford και η Mercedes-Benz συμμετέχουν στην παγκόσμια εκστρατεία για σταδιακή κατάργηση οχημάτων με θερμικούς κινητήρες μέχρι και το 2040. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πως μελλοντικά ο κόσμος θα κινείται πλέον με ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

## *1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι μορφές ενέργειας που υπάρχουν σε αφθονία στο περιβάλλον και προκύπτουν από αυτό, όπως ο άνεμος, το νερό, ο ήλιος κ.α. . Συγκεκριμένα σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εναλλακτικές λύσεις πηγών ενέργειας έναντι των ορυκτών καυσίμων θεωρείται η αιολική ενέργεια, ή υδροηλεκτρική ενέργεια, η ενέργεια από τους ωκεανούς, η γεωθερμική ενέργεια, η βιομάζα, τα βιοκαύσιμα και η ηλιακή ενέργεια. Το 2009 η Ευρωπαϊκή Ένωση όρισε το 2020 σαν προθεσμία το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Έπειτα το 2018, έγινε συμφωνία για το 2030 το 32% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Τέλος τον Ιούλιο του 2021, έγινε πρόταση στους συννομοθέτες για αναδιαμόρφωση του στόχου στο 40% μέχρι το 2030. [1]

## *1.2 Ηλιακή ενέργεια*

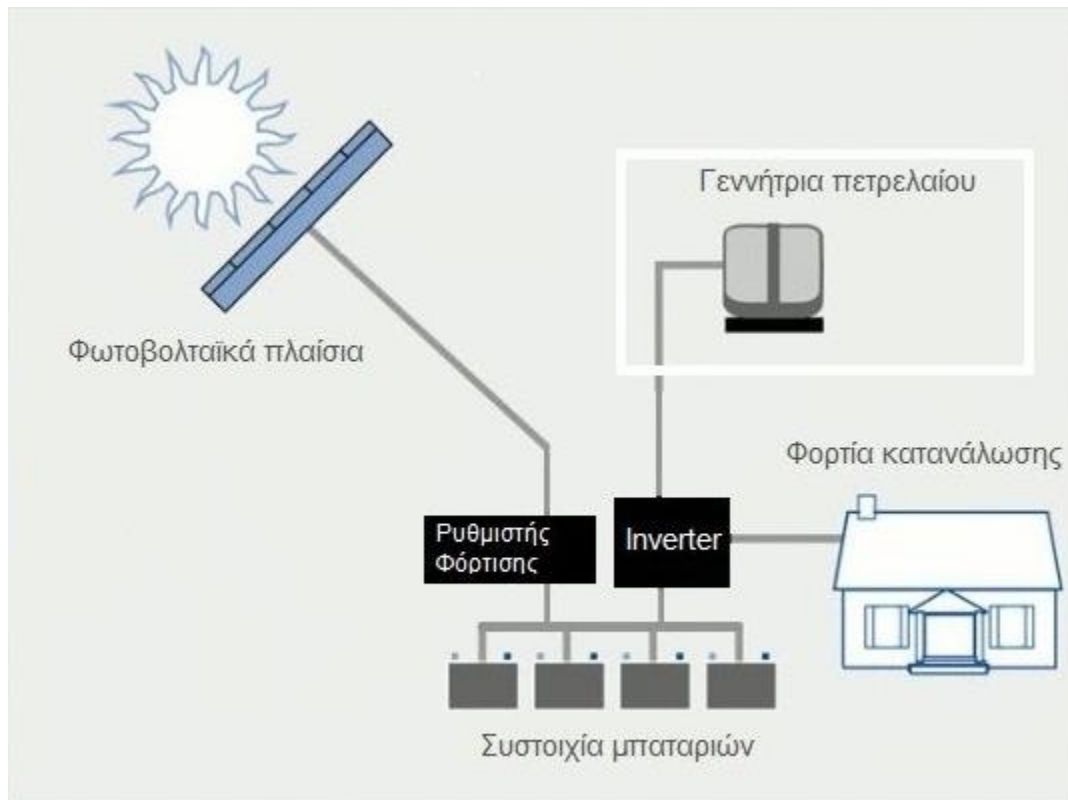
Ηλιακή ενέργεια ορίζεται η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο προς την γη. Η ενέργεια αυτή εκπέμπεται από τον ήλιο λόγω της θερμοκρασίας του και μεταδίδεται μέσα από το διάστημα με ακτινοβολία. Το ποσοστό αξιοποίησης της της ηλιακής ενέργειας που καταφθάνει στην επιφάνεια της γης είναι ελάχιστο. Τα συστήματα με τα οποία αξιοποιούμε την ηλιακή ενέργεια είναι τα θερμικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Η πιο διαδεδομένη μορφή ηλιακής ενέργειας είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες όπου απορροφώντας την ηλιακή ενέργεια την μεταδίδουν μέσω της θερμότητας σε κάποιο υγρό. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συλλέγουν την ηλιακή θερμότητα αξιοποιώντας τα δομικά στοιχεία του κτιρίου και την διανέμουν στο χώρο για την θέρμανση του. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα στην χώρα μας έχουν μεγάλη προοπτική εξέλιξης λόγω της ιδιαίτερα υψηλής δυναμικής της ηλιακής ενέργειας. Τα χωρίζουμε κυρίως σε δύο κατηγορίες ανάλογα την χρήση τους. Η πρώτη κατηγορία είναι τα αυτόνομα συστήματα (stand alone) όπου η παραγωγή ρεύματος γίνεται αποκλειστικά απ' αυτά, χωρίς αυτή να διοχετεύεται στο δίκτυο αλλά να καταναλώνεται τοπικά. Η άλλη κατηγορία είναι τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα (grid connected), τα οποία η ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτείται στο δίκτυο. [2]

## *1.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα*

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα, όπως προαναφέρθηκε παραπάνω χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά και στα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα. Όσον αφορά τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, όταν η παραγόμενη ενέργεια δεν καταναλώνεται άμεσα τοπικά, χρησιμοποιούμε μπαταρίες για να χρησιμοποιηθεί η ενέργεια όταν χρειαστεί. Οι πιο



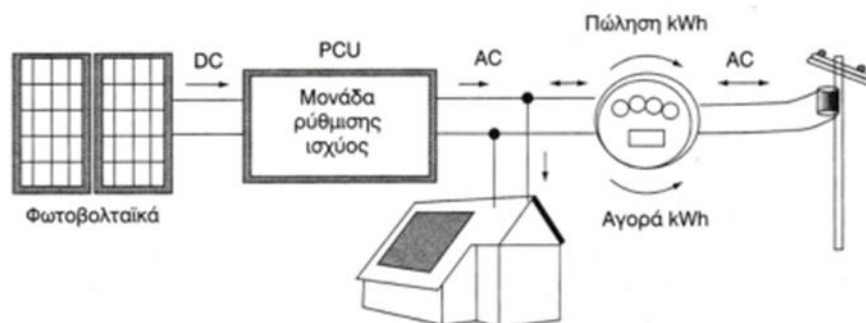
σημαντικές εφαρμογές που αξιοποιούμε τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι σε δύσβατες περιοχές που το ηλεκτρικό δίκτυο είναι αδύνατο να φθάσει. Εφαρμογές που τα εντοπίζουμε είναι σε σπίτια, στύλοι φωτισμού και σήμανσης, φωτισμός στάσεων μέσων μεταφοράς, συστήματα ασφαλείας, αγροτικές μονάδες κ.α. .



Εικόνα 1.1 Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα με βοηθητική γεννήτρια. (Πηγή: <https://www.solaire.gr/autonoma.html>)

Στην Εικόνα 1.1 φαίνεται ένα διάγραμμα ενός αυτόνομου συστήματος με εφεδρική γεννήτρια. Αποτελείται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια όπου εκεί γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Έπειτα περιλαμβάνονται ο ελεγκτής όπου έχει τρεις σημαντικές λειτουργίες. Η πρώτη λειτουργία είναι η διάταξη MPPT όπου είναι υπεύθυνη για την διατήρηση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος στο πιο υψηλό επίπεδο. Η δεύτερη λειτουργία του ελεγκτή είναι ως ρυθμιστής φόρτισης όπου προστατεύει τους συσσωρευτές διακόπτοντας την παροχή ρεύματος φόρτισης όταν είναι πλήρως φορτισμένοι και αποσυνδέοντάς τους από τα φορτία DC, όταν ανιχνεύσει συνθήκες χαμηλής τάσης. Η τελευταία λειτουργία του ελεγκτή είναι πως παρέχει μετρήσεις και πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την λειτουργία και την απόδοση του συστήματος. Τέλος υπάρχει η εφεδρική γεννήτρια όπου τίθεται σε λειτουργία όταν αυτό είναι αναγκαίο και ο αντιστροφείας (inverter) όπου μετατρέπει το παραγόμενο από το φωτοβολταϊκό συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο. [3]

Τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την πλευρά του ηλεκτρικού μετρητή στην οποία είναι συνδεδεμένα τα φωτοβολταϊκά. Η πρώτη κατηγορία είναι τα συστήματα από την πλευρά του καταναλωτή (behind-the-meter) όπου είναι σχετικά μικρής κλίμακας συστήματα όπου παρέχουν ηλεκτρική ισχύ απευθείας στον καταναλωτή, στην πλευρά του οποίου και εντάσσονται. Αυτά τα συστήματα συνήθως τα συναντάμε σε στέγες ή σε δώματα, όπου και αποτελούν την πλειονότητα των διασυνδεδεμένων συστημάτων. Η επόμενη κατηγορία είναι τα μεγάλα διασυνδεδεμένα συστήματα, όπου ονομάζονται συστήματα από την πλευρά του παραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας (utility-scale-systems) και είναι πολύ μεγαλύτερης ισχύος και οι ιδιοκτήτες τους πωλούν ηλεκτρική ισχύ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. [3]



Εικόνα 1.2 Απλοποιημένο διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα με σύστημα ενεργειακού συμψηφισμού (net-metering) (Πηγή: Gilbert M. Masters, “Συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας”, Εκδόσεις Α.Ε. Αθήνα 2016)

Στην Εικόνα 1.2 περιγράφεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος. Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για μία κατοικία το οποίο σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα θα κυμαίνεται ανάμεσα σε 1-10kW περίπου. Αν στη θέση της κατοικίας είχαμε ένα εμπορικό κτίριο θα μπορούσαμε να μιλάμε από δεκάδες kW μέχρι ένα ή δύο megawatt. Πιο συγκεκριμένα στην Εικόνα 2 τα Φ/Β παράγουν συνεχές ρεύμα (DC) σε μία μονάδα ρύθμισης ισχύος (PCU). Η μονάδα ρύθμισης αποτελείται από έναν ελεγκτή μέγιστου σημείου ισχύος (MPPT) όπου διατηρεί την λειτουργία του Φ/Β στο πιο αποδοτικό επίπεδο λειτουργίας. Έπειτα έχουμε τον αντιστροφέα (inverter) για να μετατρέπει το DC σε AC. Σε περιόδους που τα φωτοβολταϊκά παράγουν χαμηλότερη ισχύ από αυτή που χρειάζεται η κατοικία, τότε ο ρυθμιστής αντλεί συμπληρωματική ισχύ από το ηλεκτρικό δίκτυο. Αντίστροφα σε περιόδους όπου τα φωτοβολταϊκά παράγουν περισσότερη ενέργεια από όσο χρειάζεται η κατοικία, τότε η περίσσεια στέλνεται πίσω στο δίκτυο, στρέφοντας το ηλεκτρικό μετρητή προς τα πίσω, δημιουργώντας έτσι πίστωση ενέργειας με τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας. [3]

---

## **1.4 Net Metering – Συμψηφισμός**

Το Net Metering εφαρμόζεται σε οικιακούς και επαγγελματικούς χώρους και αφορά τον συμψηφισμό της ενέργειας που παράγεται από το φωτοβολταϊκό που είναι εγκαταστημένο, με την ενέργεια που καταναλώνεται από την εγκατάσταση. Ο συμψηφισμός παραγωγής και κατανάλωσης μειώνεται το κόστος ενέργειας για τον χρήστη. Σε περίπτωση που η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση, το πλεόνασμα παρέχεται στο ηλεκτρικό δίκτυο και ο ιδιοκτήτης επωφελείται τη διαφορά στον επόμενο λογαριασμό του. Αντίθετα με τα φωτοβολταϊκά με ταρίφα (feed-in tariff) στα συστήματα Net Metering ο συμψηφισμός παραγωγής και κατανάλωσης είναι ενεργειακός σε kWh και όχι σε ευρώ. Και τα δύο ανήκουν στην κατηγορία των διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών on grid όπου υπάρχει σύνδεση με το δημόσιο δίκτυο. Η εφαρμογή του φωτοβολταϊκού Net Metering έχει ποικίλα πλεονεκτήματα. Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα είναι πως η ενέργεια δεν πηγαίνει ποτέ χαμένη και ο λογαριασμός του χρήστη δεν επηρεάζεται από τυχόν αυξήσεις τιμολογίων της ΔΕΗ καθώς ο συμψηφισμός είναι ενεργειακός και όχι λογιστικός. Με τις αυξήσεις που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια (2021-2022) του κόστους του ρεύματος ο χρήστης του Net Metering δεν επηρεάζεται και δεν βλέπει καμία αλλαγή στον λογαριασμό του το οποίο είναι πολύ μεγάλο προνόμιο στις μέρες μας. [7]

## **1.5 Τρόπος λειτουργίας Net Metering**

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.3 συνδέονται με τον αντιστροφέα (inverter) όπου με την σειρά του συδέεται με τον μετρητή 1 όπου μετράει την ενέργεια που παράγουν τα φωτοβολταϊκά. Έπειτα η ενέργεια αυτή καταναλώνεται από τον ιδιοκτήτη. Εάν υπάρχει περίσσεια ενέργεια ή αν δεν υπάρχει ανάγκη για κατανάλωση εκείνη την χρονική στιγμή, τότε η ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο μέσω του μετρητή 2. Ο μετρητής 2 είναι αμφίδρομος

μετρητής και καταγράφει τόσο το ρεύμα που εισέρχεται προς το κτίριο όσο και το ρεύμα που εξέρχεται προς το δίκτυο. [8]

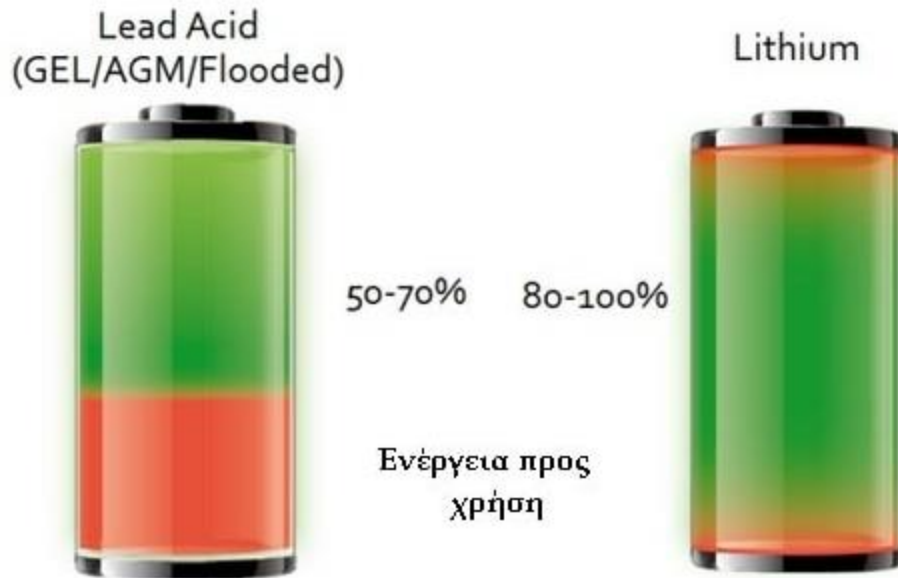


Εικόνα 1.3 Net Metering - Σχεδιάγραμμα συνδεσμολογίας και τρόπος λειτουργίας (Πηγή: <https://www.oleng.eu/net-metering/#%CE%A4%CE%B9%20%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9%20%CE%B7%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE>)

## 1.6 Μπαταρίες φωτοβολταϊκών

Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε φωτοβολταϊκά συστήματα είναι όμοιες με κοινές μπαταρίες αυτοκινήτων, δηλαδή φόρτισης – εκφόρτισης. Ο τύπος μπαταρία που είναι ο πιο συνηθισμένος και πιο οικονομικός είναι με ηλεκτρόδια μολύβδου σε διάλυμα θειικού οξέος. Το μέγεθος της μπαταρίας εξαρτάται από τις ανάγκες που έχουμε σε ημερήσια βάση και από την πρόβλεψη που κάνουμε για ημέρες με μηδενική ηλιοφάνεια. Όταν υπάρχουν μεγάλες αυξομειώσεις στην θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους, χρησιμοποιούνται αλκαλικές μπαταρίες νικελίου-καδμίου. Σήμερα έχει δημιουργηθεί νέα γενιά μπαταριών λιθίου όπου έχει μεγαλύτερη αποθηκευτική ικανότητα, περισσότερη διάρκεια ζωής και με κόστος που ανταγωνίζεται τις υπόλοιπες που είναι στην αγορά. Μερικά πλεονεκτήματα που έχουν οι μπαταρίες λιθίου σε σύγκριση με τις μπαταρίες μολύβδου οξέος είναι τα παρακάτω:

- Υπερδιπλάσιοι κύκλοι φορτίσεων εκφορτίσεων (4500 κύκλοι αντί για 2200)
- Βαθύτερες εκφορτίσεις (80% βάθος εκφόρτισης αντί για 50%)
- Μικρότερο βάρος (4 φορές ελαφρότερες)
- Αποδοτικότερος και ταχύτερος ρυθμός φόρτισης
- Χαμηλό κόστος ανά χρησιμοποιούμενη ενέργεια
- Δεν απαιτείται καμία συντήρηση [4]



Εικόνα 1.4 Σύγκριση μπαταρίας μολύβδου οξέος με τις μπαταρίες λιθίου (Πηγή: <https://www.mp-energy.gr/category/285/sunlight.html>)

### **1.7 Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας**

Κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (ΚΣΜΚΕ) ονομάζουμε ένα κτίριο που η ενεργειακή του απόδοσή είναι πολύ υψηλή. Αυτό σημαίνει πως η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται από ένα τέτοιο σπίτι, όπου προσδιορίζεται βάση της μεθοδολογίας του υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, καλύπτεται στο μεγαλύτερο μέρος της από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Κάθε νέο κτίριο το οποίο κατασκευάζεται έπειτα από την 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2020 πρέπει να αποτελεί κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, ενώ έπειτα από την 31 Δεκεμβρίου 2018 όλα τα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή ανήκουν στο δημόσιο, πρέπει να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Σύμφωνα με το έγγραφο της Γενικής Γραμματείας Ενέργειας και Ορυκτών Πόρων με θέμα «Τροποποίηση διατάξεων του ν.4122/13 και του ν.4342/15», προκύπτει πως βάσει του ΦΕΚ 5447B/18, οι προϋποθέσεις για να καταστεί ένα κτίριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας πρέπει να κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία A για ένα νέο κτίριο και στην κατηγορία B+ αν είναι υφιστάμενο. [5] [6]

Τα βήματα για να σχεδιαστεί ένα τέτοιο σπίτι καθορίζονται στην Κ.Δ.Π. 366/2014 ώστε τα κτίρια αυτά να ανταποκρίνονται στις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη ώστε να έχει ποιοτικότερες συνθήκες διαβίωσης. Το πρώτο βήμα σχεδιασμού αφορά την μείωση της ζήτησης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Αυτό επιτυγχάνεται αξιοποιώντας κάθε δυνατή προσπάθεια ώστε

---

οι θερμικές ανάγκες του σπιτιού να καλύπτονται με όσο το δυνατό λιγότερη χρήση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. Κάτι τέτοιο για να επιτευχθεί πρέπει να κατασκευαστεί έτσι το κτίριο ώστε να περιοριστούν στο έπακρο οι απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον και ταυτόχρονα να υπάρχει τέτοιος αρχιτεκτονικός σχεδιασμός ώστε να εκμεταλλεύεται τον χώρο για ανάγκες θέρμανσης, ηλιοπροστασίας και φυσικού φωτισμού του χώρου. [6]

Αφού έχει καλυφθεί μεγάλο μέρος της ζήτησης ενέργειας του κτιρίου με τον κατάλληλο σχεδιασμό και την άρτια κατασκευή του, το δεύτερο βήμα σχεδιασμού είναι τα τεχνικά συστήματα κτιρίου υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Τα συστήματα αυτά θα πρέπει να επιλεγθούν κατάλληλα για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ζεστό νερό, φωτισμό και εξαερισμό. Όσον αφορά τον κλιματισμό και την θέρμανση θα πρέπει η επιλογή των μηχανημάτων να είναι ενεργειακά αποδοτική, όπως για παράδειγμα αντλίες θερμότητας, λέβητες υψηλής απόδοσης κλπ. Έπειτα αφού τα ηλιακά θερμικά εγκατασταθούν με τον σωστό προσανατολισμό και κλίση που χρειάζεται για να έχουν την μέγιστη απόδοση, ζεστό νερό μπορεί να παραχθεί από την απορριπτόμενη ενέργεια από τη θέρμανση ή τον κλιματισμό. Ο φωτισμός ανάλογα τον τύπο του κτιρίου μπορεί να αποτελεί μεγάλο μέρος της κατανάλωσης ενέργειας. Για τον λόγο αυτό ανάλογα τον εκάστοτε χώρο η ισχύς φωτισμού είναι συγκεκριμένη και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά του φυσικού φωτισμού. Τέλος το τρίτο βήμα σχεδιασμού είναι η κάλυψη της ενέργειας που απαιτείται σε πολύ μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Εφόσον είναι τεχνικά εφικτό, συστήματα που θα παρέχουν ανανεώσιμη ενέργεια είναι πιο κατάλληλα καθώς παρέχουν στο κτίριο αυτονομία. [6]

### ***1.8 Ηλεκτρικά οχήματα και κλιματική αλλαγή***

Οι ζημιές από την κλιματική αλλαγή σύμφωνα με την μελέτη του Stern (Stern, 2006) εκτιμάται να φτάσουν μέχρι και το 20% του παγκόσμιου Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος εάν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών άνθρακα. Οι μεταφορές αποτελούν μεγάλο επιβαρυντικό μέρος όσον αφορά την συμμετοχή τους στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Όσον αφορά την ΕΕ οι μεταφορές αποτελούν το ένα τρίτο της συνολικής ενέργειας όπου το μεγαλύτερο μέρος της προέρχεται από το πετρέλαιο. Πιο συγκεκριμένα οι οδικές μεταφορές παράγουν πάνω από το 70% των συνολικών εκπομπών αερίων. Συνεπώς οι μεταφορές έχουν σημαντικό ρόλο στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα και του κλίματος. Ένας τρόπος για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η μετάβαση σε οχήματα χαμηλής ή μηδενικής εκπομπής ρύπων. Τέτοια οχήματα είναι τα ηλεκτρικά οχήματα. [9] [10]

---

### **1.8.1 Κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων και ορισμοί**

Σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 42863/438/2019 (ΦΕΚ 2040/β' 4.6.2019) ως «ηλεκτρικό ή ηλεκτροκίνητο όχημα (Η/Ο)» ορίζεται: το μηχανοκίνητο όχημα εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης της κίνησης το οποίο περιέχει τουλάχιστον μία μη περιφερειακή (εξωτερική, βοηθητική) ηλεκτρική μηχανή ως μετατροπέα ενέργειας με ηλεκτρικό επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο μπορεί να επαναφορτίζεται εξωτερικά.

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

α) «Αμιγώς ηλεκτρικό όχημα» (PEV): όχημα εξοπλισμένο με σύστημα κίνησης το οποίο περιλαμβάνει αποκλειστικά ηλεκτροκινητήρες ως μετατροπείς ενέργειας προώθησης και αποκλειστικά επαναφορτιζόμενα συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ως συστήματα αποθήκευσης ενέργειας προώθησης.

β) «Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα εξωτερικής φόρτισης» (OVC-HEV): υβριδικό ηλεκτρικό όχημα στο οποίο ένας από τους μετατροπείς ενέργειας προώθησης είναι ηλεκτροκινητήρας και μπορεί να φορτίζεται από εξωτερική πηγή.

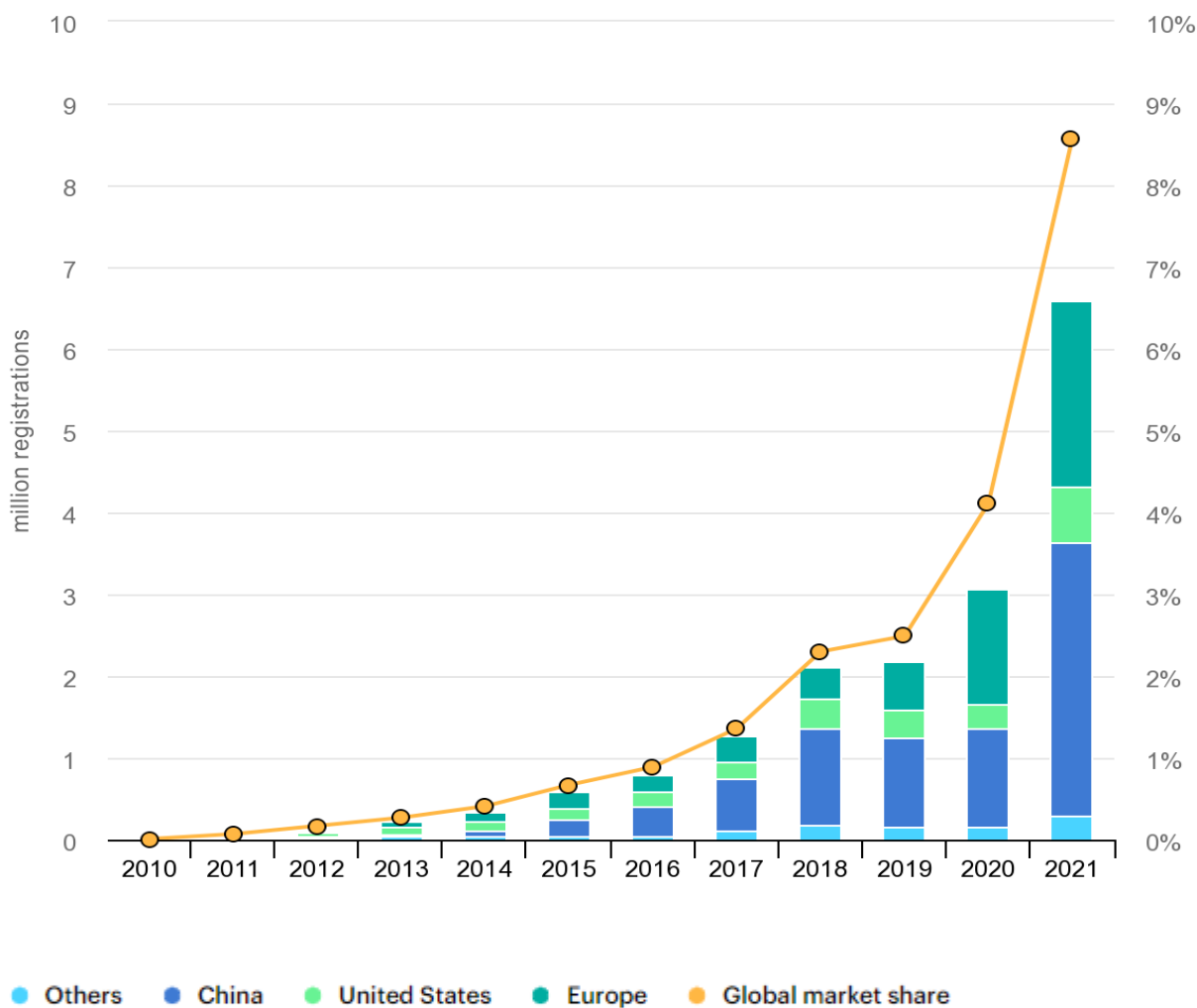
γ) «Υβριδικό όχημα κυψέλης καυσίμου» (FCHV): όχημα κυψέλης καυσίμου εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης ισχύος το οποίο περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα σύστημα αποθήκευσης καυσίμου και τουλάχιστον ένα επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ως συστήματα αποθήκευσης ενέργειας προώθησης. [11]

### **1.8.2 Πλεονεκτήματα ηλεκτρικών οχημάτων**

Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν ποικίλα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα στον τομέα του περιβάλλοντος, της υγείας και της κοινωνίας. Αρχικά τα ηλεκτρικά οχήματα είναι πιο αποτελεσματικά από τα οχήματα που χρησιμοποιούν κινητήρες εσωτερικής καύσης. Αυτό μεγιστοποιείται στην οδήγηση μέσα στις πόλεις όπου τα ηλεκτρικά οχήματα σπαταλούν λιγότερη ενέργεια. Επίσης τα ΗΟ προσφέρουν ενεργειακή ασφάλεια και μείωση της μόλυνσης του αέρα ειδικά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές καθώς δεν παράγονται ατμοσφαιρικοί ρύποι. Ακόμη ένα πλεονέκτημα είναι η μείωση στα επίπεδα θορύβου όπου ειδικά σε χαμηλότερες ταχύτητες είναι λιγότερο θορυβώδη από τα συμβατικά οχήματα. Στον τομέα της υγείας, το κυριότερο όφελος αφορά την ποιότητα του αέρα, όπου θα βελτιωθεί δραματικά μετά την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλούν τα συμβατικά αυτοκίνητα. [12]

### 1.8.3 Πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων

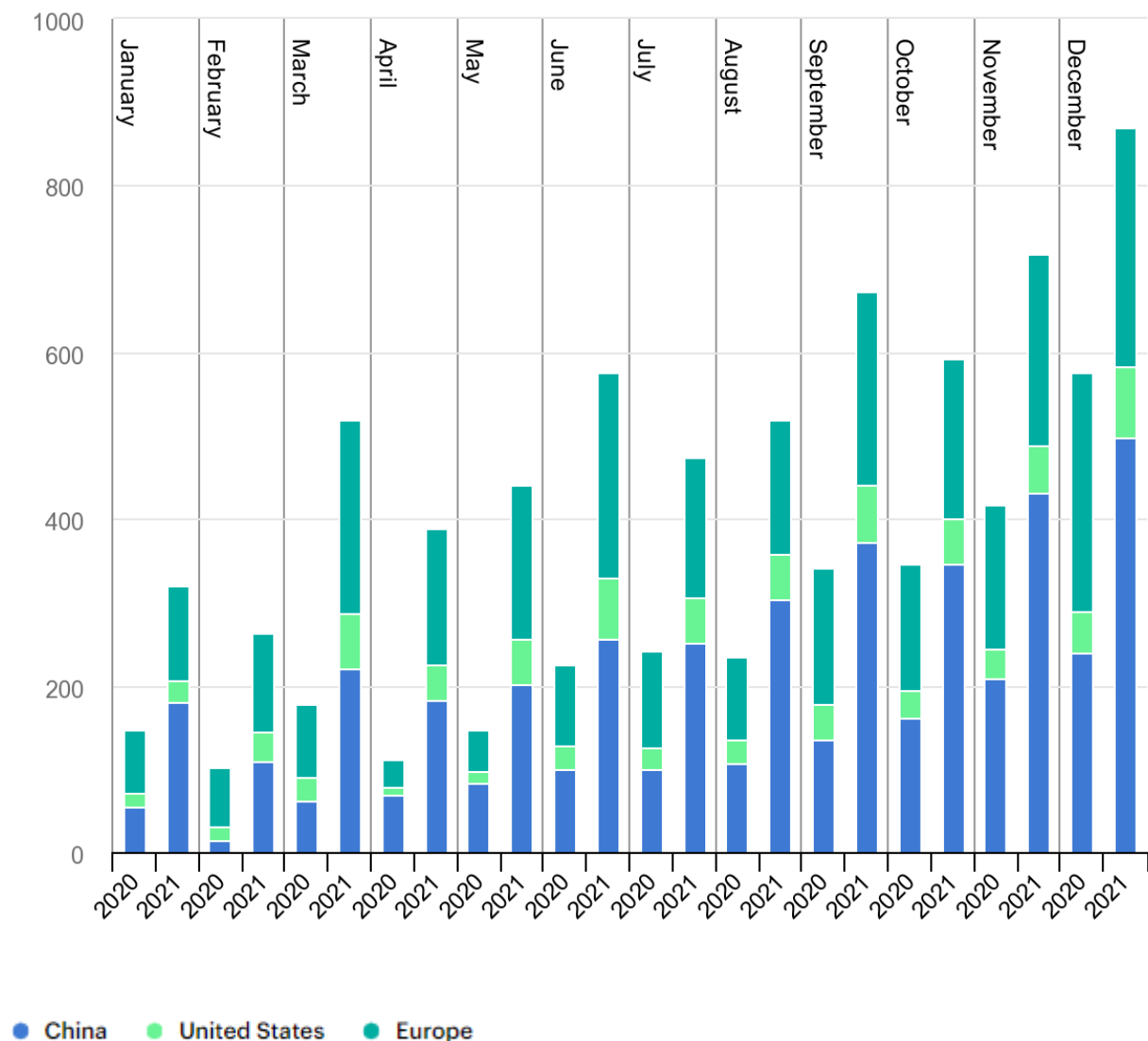
Η ανάπτυξη των πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων όσο περνάει ο καιρός όλο και αυξάνεται με πολύ γρήγορο ρυθμό. Κατά την διάρκεια ολόκληρου του χρόνου του 2012, πουλήθηκαν 130.000 ηλεκτρικά οχήματα παγκοσμίως. Σήμερα αυτός ο αριθμός οχημάτων πωλείται σε διάστημα μιας εβδομάδας. Ιδιαίτερα εντυπωσιακή ήταν η εξέλιξη που υπήρχε τα τελευταία τρία χρόνια παρόλο που η παγκόσμια πανδημία συρρίκνωσε την αγορά συμβατικών οχημάτων. Το 2019 οι πωλήσεις έφτασαν στα 2.2 εκ. ηλεκτρικά οχήματα, όπου αυτός ο αριθμός αντιπροσωπεύει το 2.5% των παγκόσμιων πωλήσεων των αυτοκινήτων. Το 2020 η συνολική αγορά των αυτοκινήτων μειώθηκε, αλλά οι πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων αυξήθηκαν στα 3 εκ. οχήματα, αντιπροσωπεύοντας το 4.1% των παγκόσμιων πωλήσεων των αυτοκινήτων. Το 2021 οι πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων υπερδιπλασιάστηκαν σε 6.6 εκ. , αντιπροσωπεύοντας σχεδόν το 9% της παγκόσμιας αγοράς αυτοκινήτων και υπερτριπλασιάζοντας το μερίδιο αγοράς τους σε σχέση με δύο χρόνια νωρίτερα. [13]



Εικόνα 1.5 Παγκόσμιες πωλήσεις και ποσοστό πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων, 2010-2021 (Πηγή: IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-sales-and-sales-market-share-of-electric-cars-2010-2021>)



Οι πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων αργότερα μέσα στο 2021 συνέχισαν να αυξάνονται. Τον Δεκέμβριο του 2021 οι πωλήσεις ήταν 2.5 φορές υψηλότερες από τις πωλήσεις τον Ιανουάριο. Γενικά κατά την διάρκεια του 2021 οι μηνιαίες πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων ήταν σταθερά τουλάχιστον 50% υψηλότερες από τον αντίστοιχο μήνα του προηγούμενου έτους, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.6. [13]



Εικόνα 1.6 Μηνιαίες πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων σε μεγάλες αγορές, το 2021 σε σύγκριση με το 2020 (Πηγή: IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/monthly-sales-of-electric-cars-in-major-car-markets-2021-compared-with-2020>)

#### 1.8.4 Πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη

Στην Ευρώπη, οι πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων αυξήθηκαν σχεδόν κατά 70% το 2021 σε 2.3 εκατομμύρια εκ των οποίων τα μισά περίπου ήταν υβριδικά. Παρόλο που η ετήσια ανάπτυξη

---

ήταν πιο αργή από το 2020, εξαιτίας της πανδημίας, οι πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων υπερδιπλασιάστηκαν. Οι συνολικές πωλήσεις των αυτοκινήτων το 2021 ήταν 25% πιο χαμηλές από ότι το 2019. Η αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων οφείλεται εν μέρει και στα νέα πρότυπα κατά της κλιματικής αλλαγής και των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Ακόμη μία αιτία ήταν οι επιδοτήσεις για αγορά ηλεκτρικών οχημάτων όπου αυξήθηκαν. Έτσι οι μηνιαίες πωλήσεις το 2021 αυξήθηκαν το τελευταίο τρίμηνο, με κορύφωση τον Δεκέμβριο όπου οι ευρωπαϊκές πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων ξεπέρασαν τα πετρελαιοκίνητα οχήματα για πρώτη φορά με ποσοστό αγοράς 21%.[13]

### ***1.8.5 Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων***

Σύμφωνα με το στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η πράσινη συμφωνία προβλέπει μέχρι το 2025 13 εκατομμύρια οχήματα χαμηλών και μηδενικών εκπομπών σε ευρωπαϊκούς δρόμους. Ως απαραίτητη προϋπόθεση τίθεται ο αριθμός των 30 εκατομμυρίων οχημάτων μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2030. Ο στόχος σύμφωνα με την στρατηγική για την κινητικότητα χαμηλών εκπομπών του 2016 είναι να φτάσουμε σε σημείο η φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος να είναι το ίδιο συμβατή με την φόρτιση ενός συμβατικού οχήματος. Επί το πλείστον η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων γίνεται στο ιδιωτικό ή επαγγελματικό χώρο του κάθε χρήστη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρειάζονται περισσότερα κοινόχρηστα σημεία φόρτισης για τον κάθε χρήστη που δεν έχει πρόσβαση σε ιδιωτική φόρτιση καθώς και όσων έχουν σκοπό να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις. [14]

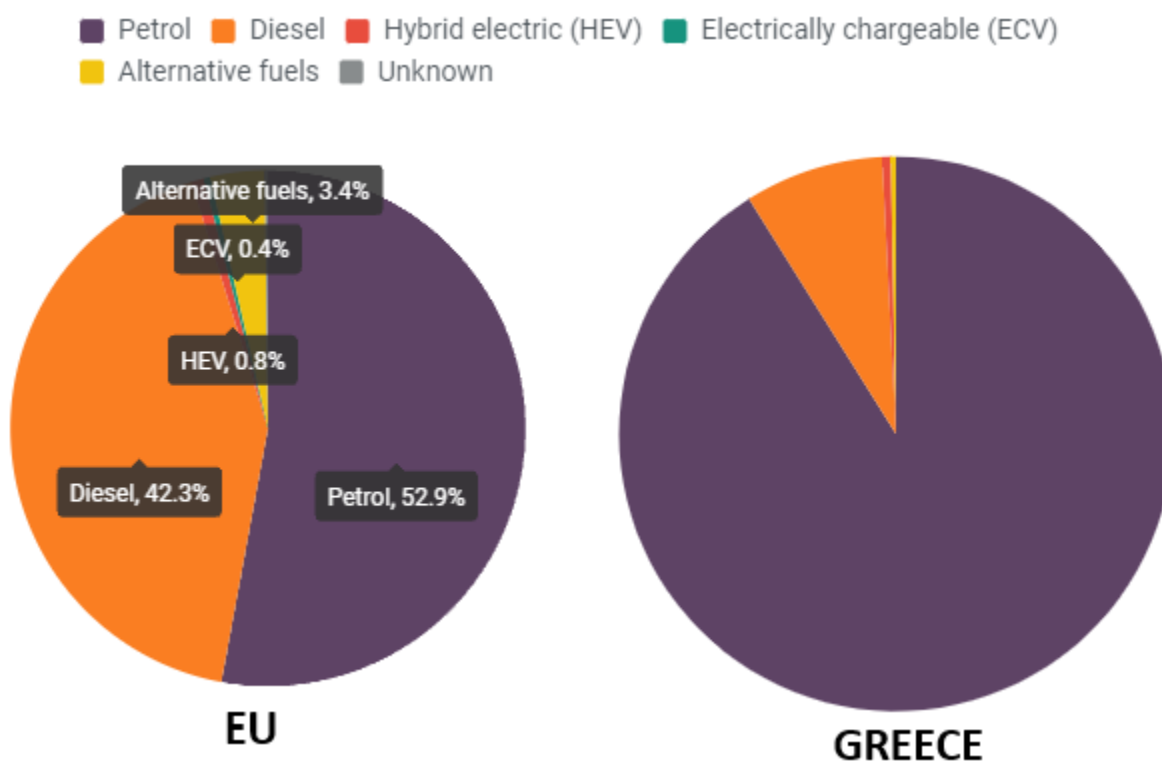
Η αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων είναι χαμηλότερη από ένα συμβατικό όχημα, όπου αυτό σημαίνει πως τα ηλεκτρικά οχήματα πρέπει να φορτίζονται συχνότερα. Ο χρόνος φόρτισης εξαρτάται από την μπαταρία που έχει το εκάστοτε όχημα και την ισχύ που διαθέτει το σημείο φόρτισης. Όσον αφορά την οικιακή φόρτιση τις περισσότερες φορές αν όχι όλες χρησιμοποιούνται φορτιστές αργής ή κανονικής φόρτισης, σε αντίθεση με τα σημεία φόρτισης όπου εκεί χρησιμοποιούνται φορτιστές ταχείας και υπερταχείας φόρτισης όπου είναι τα κατάλληλα για δρόμος ταχείας κυκλοφορίας και για τα κύρια οδικά δίκτυα. [14]

### ***1.8.6 Κατηγορίες φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων***

Η πρώτη κατηγορία είναι η **Αργή φόρτιση** (μονοφασικός φορτιστής εναλλασσόμενου ρεύματος) με ισχύ από 3 kW έως 7 kW και χρόνο φόρτισης κατά προσέγγιση 7 με 16 ώρες. Η επόμενη κατηγορία είναι η **Κανονική φόρτιση** (τριφασικός φορτιστής εναλλασσόμενου ρεύματος) με ισχύ από 11 kW έως 22 kW και χρόνο φόρτισης κατά προσέγγιση 2 με 4 ώρες. Έπειτα είναι η **Ταχεία φόρτιση** (φόρτιση συνεχούς ρεύματος) με ισχύ 50 kW έως 100 kW και με χρόνο φόρτισης κατά προσέγγιση 30 με 40 λεπτά. Τέλος είναι η **υπέρ-ταχεία φόρτιση** (φορτιστής συνεχούς ρεύματος) με ισχύ μεγαλύτερη από 100 kW και με χρόνο φόρτισης κατά προσέγγιση μικρότερο από 20 λεπτά. [15]

### 1.8.7 Ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα

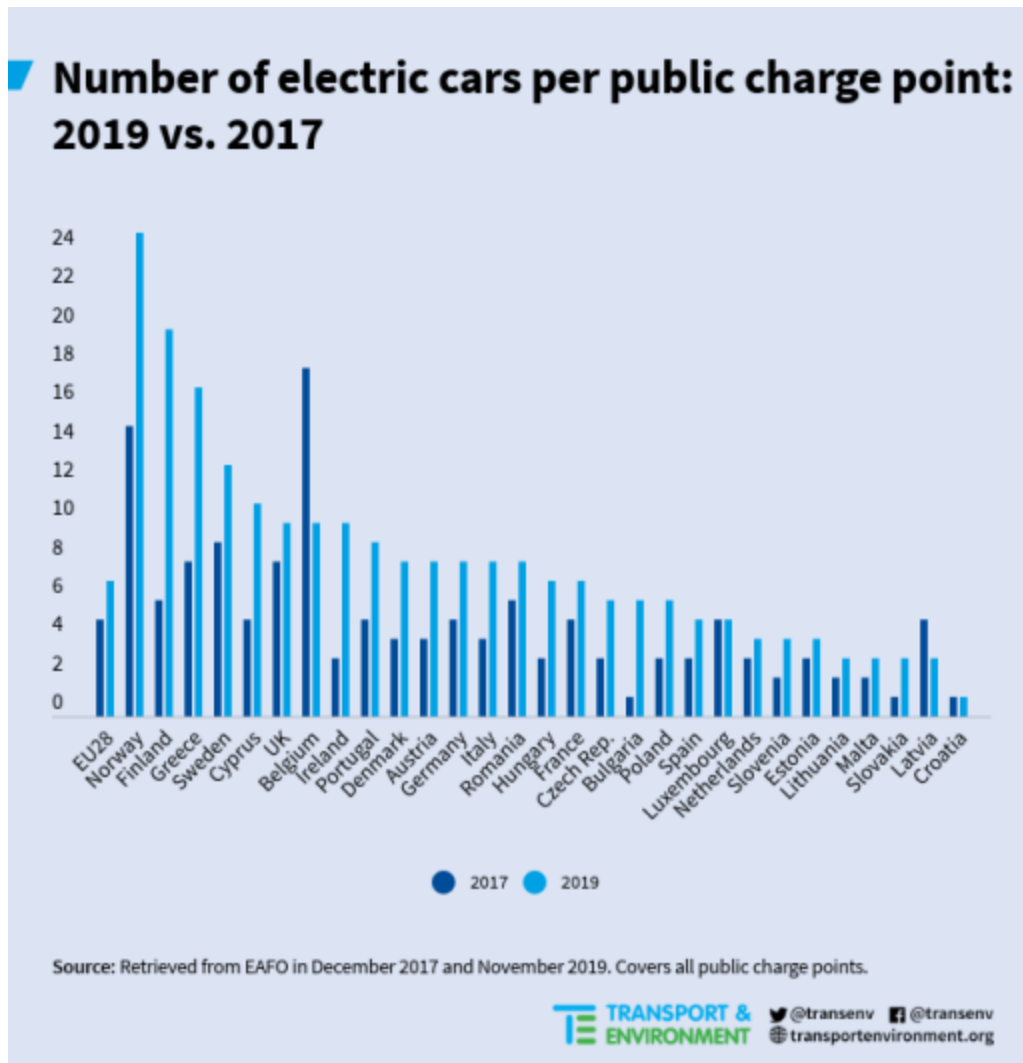
Η αγορά ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα υστερεί σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Αυτό οφείλεται κυρίως στην οικονομική κρίση που βρίσκεται η χώρα την τελευταία δεκαετία. Τα τελευταία χρόνια η αγορά ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα παρουσιάζει άνοδο, όπου με την είσοδο νέων οχημάτων στην αγορά, αλλά και με τα κρατικά προγράμματα επιδοτήσεων ηλεκτρικών οχημάτων, βαίνει προς τη σωστή κατεύθυνση. Παρόλα αυτά συγκριτικά με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης μειονεκτεί. Σύμφωνα με το ACEA (European Automobile Manufacturers Association), το 2019 στην Ελλάδα μόνο το 0.8% από τις αγορές οχημάτων αφορούσε οχήματα εναλλακτικής ενέργειας και υβριδικά οχήματα. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 1.7 το ποσοστό αυτό στην Ευρώπη είναι στο 4.6%.



Εικόνα 1.7 Αγορά οχημάτων βάσει καυσίμου σε Ευρώπη και Ελλάδα (Πηγή: <https://www.acea.auto/figure/passenger-car-fleet-by-fuel-type/>)

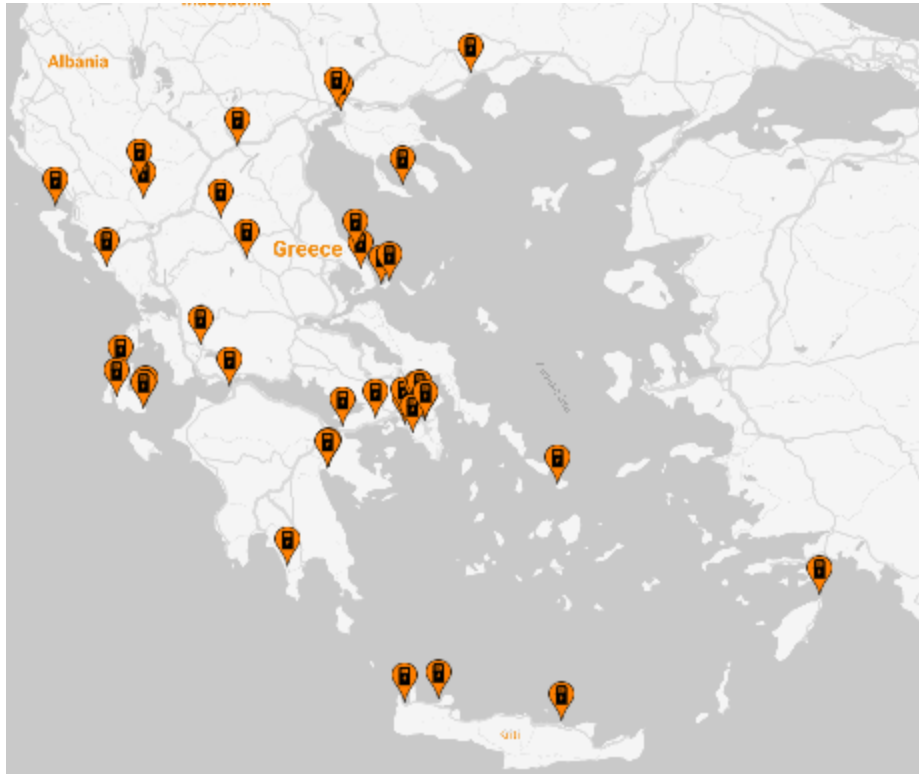
### 1.8.8 Δημόσια σημεία φόρτισης στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα σύμφωνα με την μελέτη της T&E 2020 καταγράφηκαν το 2017 περίπου 8 ηλεκτρικά οχήματα για κάθε δημόσιο σημείο φόρτισης και περίπου 16 το 2019, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 1.8. [16]



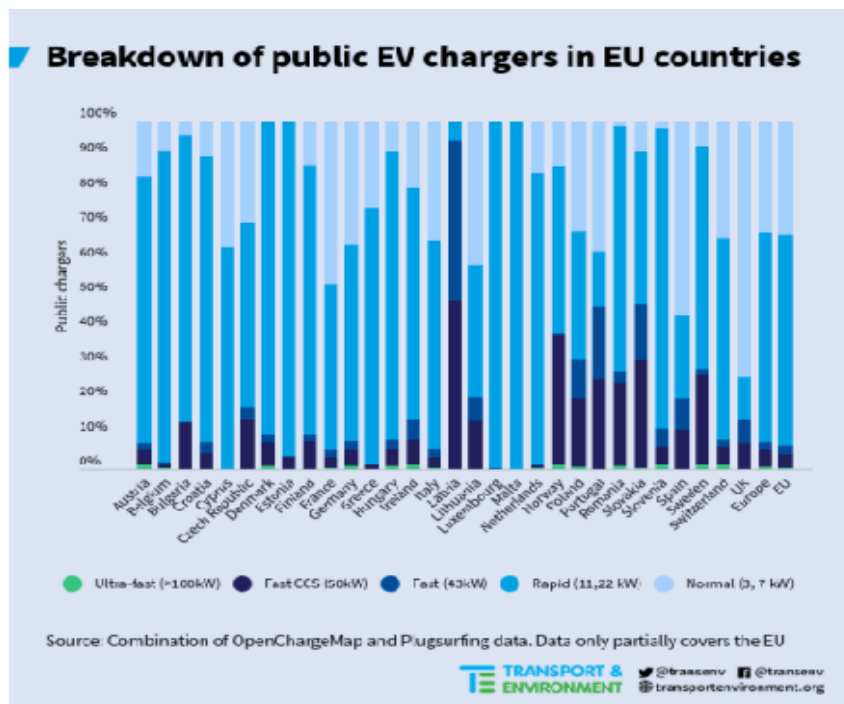
Εικόνα 1.8 Αριθμός ηλεκτρικών αυτοκινήτων ανά σημείο δημόσιας φόρτισης 2019 έναντι 2017 (Πηγή: <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf>)

Η Ελλάδα βρίσκεται στις χαμηλότερες θέσεις της Ευρώπης στην κάλυψή του δικτύου φορτιστών για ηλεκτρικά οχήματα, όπου έχει 1 περίπου φορτιστή για κάθε 100 χιλιόμετρα. Στην εικόνα 1.9 φαίνεται το δημόσιο δίκτυο των φορτιστών στην Ελλάδα. [16]



Εικόνα 1.9 Δίκτυο φορτιστών HO στην Ελλάδα (Πηγή: <https://evloader.com/stations-map>)

Τέλος παρακάτω στην εικόνα 1.10 φαίνεται ότι στην Ελλάδα το 70% των δημόσιων φορτιστών είναι γρήγορης φόρτισης 11-22 kW. [16]



Εικόνα 1.10 Τρέχουσα ανάλυση των δημόσιων σημείων φόρτισης HO στην ΕΕ

---

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (SAM)**

### ***2.1 Εισαγωγή***

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί η προσομοίωση του φωτοβολταϊκού συστήματος με τα σενάρια που επιλέχθηκαν, με την χρήση του προγράμματος System Advisor Model (SAM). Το System Advisor Model είναι ένα δωρεάν μοντέλο τεχνοοικονομικού λογισμικού που διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων για άτομα στη βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το SAM μπορεί να μοντελοποιήσει διάφορους τύπους συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα σε μικρές στέγες κατοικιών μέχρι συστήματα μεγάλης κλίμακας κοινής ωφέλειας, χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά συστήματα με ή χωρίς την χρήση μπαταριών.

Στην παρούσα εργασία θα να αναλυθεί μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση με και χωρίς την χρήση μπαταριών και με την προσθήκη στο φορτίο ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου με εναλλαγές στον τρόπο φόρτισης του. Η κατοικία που θα αναλυθεί αυτή η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση βρίσκεται στην περιοχή της Κοζάνης. Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα θεωρήθηκε πως ήταν συνδεδεμένα με το πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού (Net-Metering).

### ***2.2 Προσθήκη παραμέτρων SAM***

Αρχικά προτού περάσουμε στην προσθήκη των παραμέτρων, έπρεπε να επιλέξουμε τεχνοοικονομικό μοντέλο για την εγκατάσταση μας. Η κάθε επιλογή έχει διαφορές στις παραμέτρους που σου δίνει. Στην εργασία, η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ήταν σε σπίτι οπότε επιλέχθηκε η καρτέλα για την οικιακή χρήση όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1.

Αντίστοιχα για τα σενάρια όπου επιλέξαμε να έχουμε αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με μπαταρίες, η καρτέλα που επιλέχθηκε είναι αντίστοιχα για οικιακή χρήση αλλά με την προσθήκη μπαταριών όπως φαίνεται στην εικόνα 2.2.

Choose a performance model, and then choose from the available financial models.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Photovoltaic</li> <li style="background-color: #cccccc;">Detailed PV Model</li> <li>PVWatts</li> <li>High Concentration PV</li> <li>&gt; Energy Storage</li> <li>&gt; Concentrating Solar Power</li> <li>&gt; Marine Energy</li> <li>Wind</li> <li>Fuel Cell - PV - Battery</li> <li>Geothermal</li> <li>Solar Water Heating</li> <li>Biomass Combustion</li> <li>Generic System</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Power Purchase Agreement</li> <li>▼ Distributed</li> <li style="background-color: #add8e6;">Residential Owner</li> <li>Commercial Owner</li> <li>Third Party Owner - Host</li> <li>Third Party - Host / Developer</li> <li>Merchant Plant</li> <li>LCOE Calculator (FCR Method)</li> <li>No Financial Model</li> </ul>

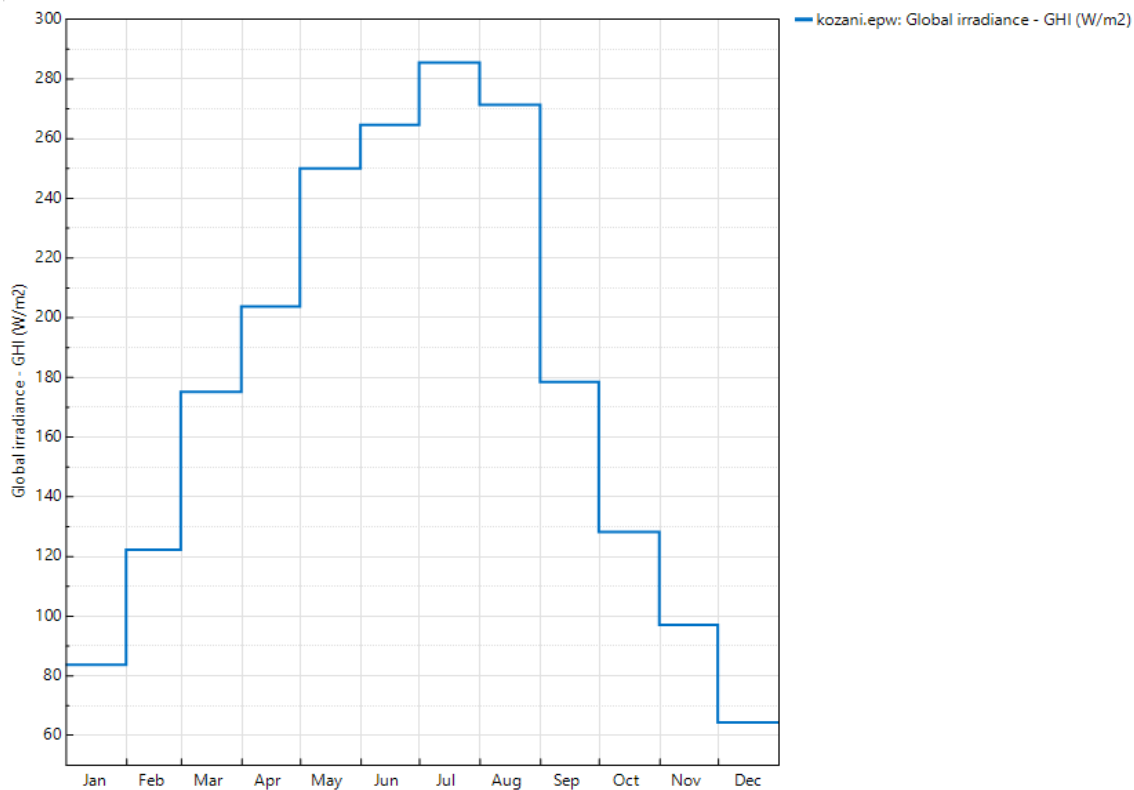
**Εικόνα 2.1** Επιλογή τεχνοοικονομικού μοντέλου χωρίς την χρήση μπαταριών.

Choose a performance model, and then choose from the available financial models.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Photovoltaic</li> <li>▼ Energy Storage</li> <li style="background-color: #cccccc;">Detailed PV-Battery</li> <li>PVWatts-Battery</li> <li>Generic System-Battery</li> <li>Standalone Battery</li> <li>Electric Thermal Energy Storage</li> <li>&gt; Concentrating Solar Power</li> <li>&gt; Marine Energy</li> <li>Wind</li> <li>Fuel Cell - PV - Battery</li> <li>Geothermal</li> <li>Solar Water Heating</li> <li>Biomass Combustion</li> <li>Generic System</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Power Purchase Agreement</li> <li>▼ Distributed</li> <li style="background-color: #add8e6;">Residential Owner</li> <li>Commercial Owner</li> <li>Third Party Owner - Host</li> <li>Third Party - Host / Developer</li> <li>Merchant Plant</li> </ul>

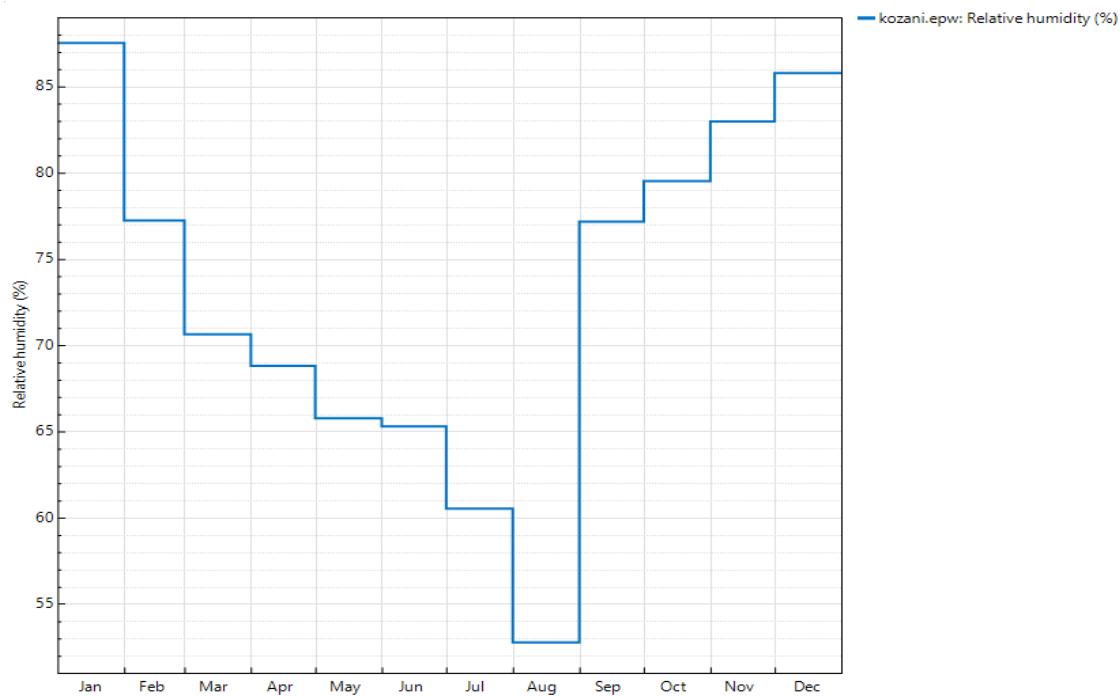
**Εικόνα 2.2** Επιλογή τεχνοοικονομικού μοντέλου με αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας.

Έπειτα αφού επιλέξαμε το τεχνοοικονομικό μοντέλο, η πρώτη παράμετρος που έπρεπε να εισάγουμε ήταν η καρτέλα όπου αφορούσε την τοποθεσία και τα μετεωρολογικά στοιχεία που επικρατούν στην οικεία όπου βρίσκεται η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση (Location and Resource). Με την βοήθεια του Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), όπου είναι ένα πρόγραμμα που υπολογίζει την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον καιρό στην εκάστοτε περιοχή, αντλήσαμε πληροφορίες σχετικά με το καιρό που επικρατεί στο συγκεκριμένο σημείο που βρίσκεται η οικεία μας. Το αρχείο με τις

πληροφορίες του καιρού μετατράπηκε σε μορφή epw για να είναι αποδεκτό από το SAM. Παρακάτω φαίνονται κάποια κλιματικά γραφήματα του SAM για την περιοχή της Κοζάνης.



Εικόνα 2.3 Ολική ακτινοβολία για την περιοχή της Κοζάνης.



Εικόνα 2.4 Σχετική υγρασία για την περιοχή της Κοζάνης



Η καρτέλα που αφορούσε την τοποθεσία και τον καιρό (**Location and Resource**) φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 2.5.

**Weather Data Information**

The following information describes the data in the highlighted weather file from the Solar Resource library above. This is the file SAM will use when you click Simulate.

Weather file:

**-Header Data from Weather File**

Latitude:  DD      Location:

Longitude:  DD      Data Source:

Time zone:

Elevation:  m

Time step:  minutes

For NSRDB data, the latitude and longitude shown here from the weather file header are the coordinates of the NSRDB grid cell and may be different from the values in the file name, which are the coordinates of the requested location.

**-Annual Averages Calculated from Weather File Data**

Global horizontal	<input type="text" value="4.25"/> kWh/m <sup>2</sup> /day
Direct normal (beam)	<input type="text" value="4.35"/> kWh/m <sup>2</sup> /day
Diffuse horizontal	<input type="text" value="1.72"/> kWh/m <sup>2</sup> /day
Average temperature	<input type="text" value="12.2"/> °C
Average wind speed	<input type="text" value="1.7"/> m/s

**-Optional Data**

\*NaN indicates missing data.

Εικόνα 2.5 Καρτέλα τοποθεσίας και καιρού (Location and Resource)

Η επόμενη καρτέλα αφορούσε την επιλογή πάνελ για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση (**Module**). Το πάνελ που επιλέχθηκε είναι της LG Electronics Inc. και πιο συγκεκριμένα το μοντέλο LG Electronics Inc. LG250S1K-G3 με μέγιστη ισχύ 250W και τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Name	Manufacturer	Technology	Bifacial	STC	PTC	A_c	Length	Width	N_s	I_sc_ref	V_oc_ref	I_mp_ref	V_mp_ref	alpha
LG Electronics Inc. LG245S1C-G3	LG Electronics Inc.	Mono-c-Si	0	245.171	221.5	1.624	1.634	0.994	60	8.52	38.11	8.02	30.57	0.0045
LG Electronics Inc. LG245S1K-G3	LG Electronics Inc.	Mono-c-Si	0	245.171	217.8	1.624	1.634	0.994	60	8.52	38.11	8.02	30.57	0.0042
LG Electronics Inc. LG250N8K-G4	LG Electronics Inc.	Mono-c-Si	0	250.217	231.9	1.274	1.3	0.98	48	10.1	31.1	9.89	25.3	0.0030
LG Electronics Inc. LG250S1C-G2	LG Electronics Inc.	Mono-c-Si	0	250.263	225.2	1.593	1.626	0.98	60	8.76	37.1	8.37	29.9	0.0036
LG Electronics Inc. LG250S1C-G3	LG Electronics Inc.	Mono-c-Si	0	250.16	226.1	1.624	1.634	0.994	60	8.62	38.26	8.13	30.77	0.0046
LG Electronics Inc. LG250S1K-A3	LG Electronics Inc.	Mono-c-Si	0	250.404	225.7	1.588	1.62	0.98	60	8.68	37.6	8.13	30.8	0.0043
LG Electronics Inc. LG250S1K-B3	LG Electronics Inc.	Mono-c-Si	0	250.404	227.4	1.588	1.62	0.98	60	8.68	37.6	8.13	30.8	0.0034
LG Electronics Inc. LG250S1K-G3	LG Electronics Inc.	Mono-c-Si	0	250.16	222.4	1.624	1.634	0.994	60	8.62	38.26	8.13	30.77	0.0042

**Module Characteristics at Reference Conditions**

Reference conditions:

LG Electronics Inc. LG250S1K-G3

Nominal efficiency	<input type="text" value="15.40"/> %	Temperature coefficients	
Maximum power (Pmp)	<input type="text" value="250.160"/> Wdc		<input type="text" value="-0.445"/> %/°C <input type="text" value="-1.112"/> W/°C
Max power voltage (Vmp)	<input type="text" value="30.8"/> Vdc		
Max power current (Imp)	<input type="text" value="8.1"/> Adc		
Open circuit voltage (Voc)	<input type="text" value="38.3"/> Vdc	<input type="text" value="-0.325"/> %/°C	<input type="text" value="-0.124"/> V/°C
Short circuit current (Isc)	<input type="text" value="8.6"/> Adc	<input type="text" value="0.050"/> %/°C	<input type="text" value="0.004"/> A/°C

**-Bifacial Specifications**

Module is bifacial

Transmission fraction:  0-1

Bifaciality:  0-1

Ground clearance height:  m

Εικόνα 2.6 Καρτέλα πάνελ (Module)

Η αμέσως επόμενη επιλογή στο πρόγραμμα είναι η επιλογή αναστροφέα (Inverter) και το μοντέλο που επιλέχθηκε είναι το ABB: UNO-DM-5.0-TL-PLUS-US-SB-RA [240]. Για την επιλογή του inverter θα έπρεπε να γνωρίζουμε το μέγεθος του συστήματος μας. Στην περίπτωση μας επιλέχθηκε System size 6 kW με 1.2 DC/AC ratio. Αυτό σημαίνει πως έπρεπε να επιλεγεί inverter με ισχύ 5000 AC W. Η καρτέλα με τα χαρακτηριστικά του **Inverter** που επιλέχθηκε φαίνεται στην εικόνα 2.7.

Name	Paco	Pdco	Pso	Pnt	Vac	Vdcmax	Vdco	Mppt_high	Mppt_low	C0	C1	C2	C3	^
ABB: UNO-DM-4.6-TL-PLUS-US-S...	4200	4392.77	20.8986	0.9	208	480	340	480	200	-4.4854e-06	-3.07071e-05	0.00105434	-0.0001373	
ABB: UNO-DM-4.6-TL-PLUS-US-S...	4600	4783.44	24.3548	1	240	480	355	480	200	-3.93666e-06	-3.14168e-05	0.000757538	-0.0002889	
ABB: UNO-DM-5.0-TL-PLUS-US-S...	4600	4776.1	27.7352	1	208	480	340	480	240	-3.37868e-06	-6.15998e-06	0.00207915	0.00043908	
ABB: UNO-DM-5.0-TL-PLUS-US-S...	5000	5173.04	30.7995	1	240	480	355	480	200	-3.03894e-06	-2.64776e-05	0.00125607	-0.0002946	
ABB: UNO-DM-5.0-TL-PLUS-US-S...	4600	4776.1	27.7352	1	208	480	340	480	240	-3.37868e-06	-6.15998e-06	0.00207915	0.00043908	^

**Efficiency Curve and Characteristics**

ABB: UNO-DM-5.0-TL-PLUS-US-SB-RA [240V]

Number of MPPT inputs:  CEC weighted efficiency:  %  
European weighted efficiency:  %

**-Datasheet Parameters-**

Maximum AC power	<input type="text" value="5000"/>	Wac
Maximum DC power	<input type="text" value="5173.04"/>	Wdc
Power use during operation	<input type="text" value="30.7995"/>	Wdc
Power use at night	<input type="text" value="1"/>	Wac
Nominal AC voltage	<input type="text" value="240"/>	Vac
Maximum DC voltage	<input type="text" value="480"/>	Vdc
Maximum DC current	<input type="text" value="14.5719"/>	Adc
Minimum MPPT DC voltage	<input type="text" value="200"/>	Vdc
Nominal DC voltage	<input type="text" value="355"/>	Vdc
Maximum MPPT DC voltage	<input type="text" value="480"/>	Vdc

**-Sandia Coefficients-**

C0	<input type="text" value="-3.038940e-06"/>	1/Wac
C1	<input type="text" value="-2.647760e-05"/>	1/Vdc
C2	<input type="text" value="1.256070e-03"/>	1/Vdc
C3	<input type="text" value="-2.946820e-04"/>	1/Vdc

Note: If you are modeling a system with microinverters or DC power optimizers, see the Losses page to adjust the system losses accordingly.

**-CEC Information-**

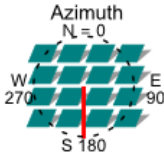
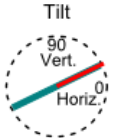
CEC name:  CEC hybrid:  CEC type:  CEC date:

Εικόνα 2.7 Καρτέλα αναστροφέα (Inverter)

Το επόμενο βήμα σχετιζόταν με την διαμόρφωση της εγκατάστασης. Στην καρτέλα αυτή επιλέγουμε τις στοιχειοσειρές (string) με βάση τα χαρακτηριστικά των πάνελ και του αντιστροφέα. Για να οριοθετήσουμε πόσα πάνελ μπορούμε να τοποθετήσουμε σε κάθε στοιχειοσειρά υπολογίζουμε: Inverter Maximum Voltage / Module Voc και Inverter Minimum Voltage / Module Voc. Στην περίπτωση μας, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.7 η μέγιστη τάση του αναστροφέα (Maximum MPPT DC voltage) είναι 480 Vdc και η ελάχιστη (Minimum MPPT DC voltage) είναι 200 Vdc. Η τάση κάθε πάνελ σε ανοιχτό κύκλωμα (Open circuit voltage Voc) όπως φαίνεται στην εικόνα 2.6 είναι 38.3 Vdc. Υπολογίζοντας έτσι τα όρια έχουμε Maximum modules per string:  $480\text{VDC}/38.3\text{VDC} = 12.53$  και Minimum modules per string:  $200\text{VDC}/38.3\text{VDC} = 5.22$ . Επίσης για να υπολογίσουμε τα συνολικά πάνελ που μπορούμε να τοποθετήσουμε διαιρούμε το συνολικό system size με την ισχύ του κάθε πάνελ. Στην περίπτωση μας είναι  $6000\text{W}/250 = 24$  πάνελ. Οπότε επιλέξαμε 2 στοιχειοσειρές με 12 πάνελ η κάθε μία. Έπειτα επιλέχθηκε νότιος προσανατολισμός (180) των πάνελ και κλίση 20°. Η καρτέλα με το System Design με τα παραπάνω στοιχεία φαίνεται στην εικόνα 2.8.

AC Sizing	Sizing Summary			
Number of inverters <input type="text" value="1"/>	Nameplate DC capacity <input type="text" value="6.004"/> kWdc	Number of modules <input type="text" value="24"/>		
DC to AC ratio <input type="text" value="1.20"/>	Total AC capacity <input type="text" value="5.000"/> kWac	Number of strings <input type="text" value="2"/>		
Size the system using modules per string and strings in parallel inputs below.	Total inverter DC capacity <input type="text" value="5.173"/> kWdc	Total module area <input type="text" value="38.976"/> m <sup>2</sup>		
<input type="checkbox"/> Estimate Subarray 1 configuration	Battery maximum power <input type="text" value="4.103"/> kWdc			

DC Sizing and Configuration	Subarray 1				Subarray 2				Subarray 3				Subarray 4			
<b>Electrical Configuration</b>	<input type="checkbox"/> Set subarrays for multiple MPPT (always enabled)				<input checked="" type="checkbox"/> Enable				<input type="checkbox"/> Enable				<input type="checkbox"/> Enable			
Modules per string in subarray	<input type="text" value="12"/>				<input type="text" value="12"/>											
Strings in parallel in subarray	<input type="text" value="1"/>				<input type="text" value="1"/>											
Number of modules in subarray	<input type="text" value="12"/>				<input type="text" value="12"/>											
String Voc at reference conditions (V)	<input type="text" value="459.1"/>				<input type="text" value="459.1"/>											
String Vmp at reference conditions (V)	<input type="text" value="369.2"/>				<input type="text" value="369.2"/>											
<b>Tracking &amp; Orientation</b>	Inverter MPPT input for subarray <input type="text" value="1"/>				<input type="text" value="2"/>											
	<input checked="" type="radio"/> Fixed				<input checked="" type="radio"/> Fixed											
	<input type="radio"/> 1 Axis				<input type="radio"/> 1 Axis											
	<input type="radio"/> 2 Axis				<input type="radio"/> 2 Axis											
	<input type="radio"/> Azimuth Axis				<input type="radio"/> Azimuth Axis											
	<input type="radio"/> Seasonal Tilt				<input type="radio"/> Seasonal Tilt											
	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude				<input type="checkbox"/> Tilt=latitude											
Tilt (deg)	<input type="text" value="20"/>				<input type="text" value="20"/>											
Azimuth (deg)	<input type="text" value="180"/>				<input type="text" value="180"/>											
Ground coverage ratio (GCR)	<input type="text" value="0.3"/>				<input type="text" value="0.3"/>											
Tracker rotation limit (deg)	<input type="text" value="45"/>				<input type="text" value="45"/>											
Backtracking	<input type="checkbox"/> Enable				<input type="checkbox"/> Enable											
Terrain slope (deg)	<input type="text" value="0"/>				<input type="text" value="0"/>											
Terrain azimuth (deg)	<input type="text" value="0"/>				<input type="text" value="0"/>											

Εικόνα 2.8 Καρτέλα System Design

Η επόμενη καρτέλα αφορούσε την σκίαση και την διάταξη της εγκατάστασης (**Shading and Layout**). Στην συγκεκριμένη καρτέλα δεν επιλέχθηκε κάποια διαφορετική παράμετρος από τις προκαθορισμένες καθώς θεωρήθηκε πως δεν υπάρχει κάποιο εμπόδιο ώστε να επισκιάσει τα πάνελ. Οι default επιλογές της καρτέλας φαίνονται στην εικόνα 2.9.

**External Shading**

External shading is shading of beam and diffuse incident irradiance by nearby objects such as trees and buildings. Shading losses apply in addition to any soiling losses on the Losses page.

**-3D Shade Calculator** ————— **-Shade Loss Tables** —————

Automatically generate shade data from a drawing of the array and shading objects. Edit and import shade data. Data may be entered by hand, imported from shade analysis software and devices, or generated by the 3D shade calculator.

---

**Self Shading for Fixed Subarrays and One-axis Trackers**

Self shading is shading of modules in the array by modules in a neighboring row.

Self shading

---

**Array Dimensions for Self Shading, Snow Losses, and Bifacial Modules**

The product of number of modules along side and bottom and number of rows should be equal to the number of modules in subarray.

	Portrait	Portrait	Portrait	Portrait
Module orientation	Portrait	Portrait	Portrait	Portrait
Number of modules along side of row	2	2	2	2
Number of modules along bottom of row	7	9	9	9

**-Calculated System Layout**

Number of rows	0.85714285714286	0.66666666666667	0	0
Modules in subarray from System Design page	12	12	0	0
Length of side (m)	3.323	3.323	3.323	3.323
GCR from System Design page	0.3	0.3	0.3	0.3
Row spacing estimate (m)	11.077	11.077	11.077	11.077

Module aspect ratio   
 Module length  m  
 Module width  m  
 Module area  m<sup>2</sup>

$\text{row spacing} = \text{length of side} + \text{GCR}$

**Snow Losses**

Snow losses are caused by snow covering the array. When your weather file includes snow depth data, SAM can estimate losses due to snow. Losses are calculated for each subarray.

Estimate snow losses

Εικόνα 2.9 Καρτέλα Shading and Layout

Στην επόμενη καρτέλα καθορίζονται οι DC/AC απώλειες που ενδεχομένως μπορεί να έχει η εγκατάσταση μας λόγω σκουπιδιών και βρομιάς των πάνελ. Οι τιμές που επιλέχθηκαν σε όλα τα σενάρια ήταν οι ίδιες και ήταν οι προκαθορισμένες που μας έδινε το πρόγραμμα, δηλαδή για τις απώλειες λόγω βρομιάς η τιμή είναι 5%, για τις DC απώλειες η τιμή είναι 4.44% και για τις AC απώλειες η τιμή είναι 1%. Η καρτέλα με τις απώλειες (**Losses**) και τις παραπάνω τιμές φαίνεται στην εικόνα 2.10 παρακάτω.

**Irradiance Losses**

Soiling losses apply to the total solar irradiance incident on each subarray. SAM applies these losses in addition to any losses on the Shading and Snow page.

	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4
Monthly soiling loss	Edit values...	Edit values...	Edit values...	Edit values...
Average annual soiling loss	5	5	5	5

**-Bifacial modules only-**

Average annual rear irradiance loss due to soiling, mismatch, or external shading (%)	0	0	0	0
---	---	---	---	---

---

**DC Losses**

DC losses apply to the electrical output of each subarray and account for losses not calculated by the module performance model.

Module mismatch (%)	2	2	2	2
Diodes and connections (%)	0.5	0.5	0.5	0.5
DC wiring (%)	2	2	2	2
Tracking error (%)	0	0	0	0
Nameplate (%)	0	0	0	0
DC power optimizer loss (%)	0	All four subarrays are subject to the same DC power optimizer loss.		
Total DC power loss (%)	4.440	4.440	4.440	4.440

Total DC power loss = 100% \* [ 1 - the product of ( 1 - loss/100% ) ]

**-Default DC Losses-**

Apply default losses to replace DC losses for all subarrays with default values.

Apply default losses for:  Central inverters  Microinverters  DC optimizers

---

**AC Losses**

AC losses apply to the electrical output of the inverter and account for losses not calculated by the inverter performance model.

AC wiring  %

Εικόνα 2.10 Καρτέλα απωλειών (Losses)

Σε όσα σενάρια χρησιμοποιήθηκε αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με την βοήθεια μπαταριών η επόμενη καρτέλα αφορούσε την επιλογή τύπου μπαταρίας και την συμπλήρωση των χαρακτηριστικών της. Ο τύπος μπαταρίας που χρησιμοποιήθηκε είναι ιόντων λιθίου και τα χαρακτηριστικά που επιλέχθηκαν είναι βάση πραγματικών τιμών της μπαταρίας μοντέλου RESU6.5. Τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας αυτής φαίνονται στην εικόνα 2.11

Models	RESU6.5
	Total Energy [kWh] <sup>1)</sup>
Usable Energy [kWh] <sup>2)</sup>	5.9
Capacity [Ah]	126
Nominal Voltage [V]	
Voltage Range [V]	
Round-trip Efficiency [%] <sup>3)</sup>	>95%
Max Power [kW]	4.2
Peak Power [kW] (for 3 sec.)	4.6
Dimension [W x H x D, mm]	452 x 656 x 120
Weight [kg]	52
Installation Type	Floor-standing & Wall-mounted
Operational Temperature [°C]	-10-45
Enclosure Protection Rating	
Warranty	60% @10 years (Global)

Εικόνα 2.11 Χαρακτηριστικά μπαταρίας RESU6.5 (Πηγή: [https://www.europe-solarstore.com/download/lgchem/LG\\_Chem\\_RESU\\_datasheet.pdf](https://www.europe-solarstore.com/download/lgchem/LG_Chem_RESU_datasheet.pdf))

Η καρτέλα του προγράμματος που είχε την εισαγωγή αυτών των παραμέτρων φαίνεται στην εικόνα 2.12.

**Chemistry**

Battery type Lithium Ion: Lithium Manganese Oxide (LMO/Graphite)

---

**Optimal Sizing and Dispatch from REopt**

Automatically size the battery bank and calculate an hour-by-hour dispatch schedule using the REopt Lite API web service. This sends values of SAM inputs to the service, runs a REopt optimization on the service, and modifies SAM battery size and dispatch inputs with results from the REopt run. See Help for details.

Get size and dispatch

The REopt optimization uses a different weather file than the file on the Location and Resource page.

---

**Battery Bank Sizing**

Specify desired values for the nominal bank capacity and power for SAM to calculate the number of cells and strings, or specify the number of cells and strings yourself. Verify the battery size under Current and Capacity below.

Set desired bank size  
 Specify cells

Desired bank power 4.2 kW      DC units     Number of cells in series 3     Max C-rate of charge 0.5 per/hour  
 Desired bank capacity 6.5 kWh      AC units     Number of strings in parallel 1     Max C-rate of discharge 0.5 per/hour

Bank capacity and power fields are values measured before conversion and parasitic losses. If specified in AC, the DC/AC conversion efficiency will be used to scale the battery size.

---

**Current and Capacity**

Use default nominal cell voltage and capacity for the battery chemistry if data is not available from another source. Check the computed properties to verify the battery is sized correctly.

Desired bank voltage 50 VDC  
 Cell nominal voltage 3.6 VDC  
 Cell capacity 126 Ah

**Εικόνα 2.12 Καρτέλα χαρακτηριστικών μπαταρίας (Battery Cell and System)**

Η επόμενη καρτέλα αφορούσε τον κύκλο ζωής της μπαταρίας όπου και επιλέχθηκαν οι προκαθορισμένες τιμές που έδινε το πρόγραμμα και το ποσοστό όπου θα πρέπει να αντικατασταθεί η μπαταρία ορίστηκε στο 50% από την αρχική χωρητικότητα. Η καρτέλα αυτή φαίνεται στις εικόνες 2.13 και 2.14.

**Battery Bank Replacement**

Choose Replace at Specified Capacity to have SAM automatically replace the battery when the available capacity calculated by the life model reaches the level you specify. Choose Replace at Specified Schedule to force battery replacements in specific years regardless of available capacity. The battery replacement cost is on the Operating Costs page.

No replacements  
 Replace at specified capacity  
 Replace at specified schedule

Battery bank replacement threshold 50 % capacity  
 Battery bank replacement schedule (%/year) Edit array...

---

**Battery Life Options**

The battery life model determines how battery capacity decreases over time. Capacity may decrease with the number of charge and discharge cycles (cycle degradation), with age regardless of cycling (calendar degradation), or both.

Cycle and calendar degradation     The best battery life option for Lithium Ion: Lithium Manganese Oxide (LMO/Graphite) (batt\_type=4) is empirical cycle and calendar degradation.  
 Li-ion NMC/Graphite  
 Li-ion LMO/LTO     The Cycle and Calendar Degradation inputs below define battery degradation curves.

**Εικόνα 2.13 Κύκλος ζωής μπαταρίας (Battery Life)**





Η σύνδεση της μπαταρίας επιλέχθηκε να είναι από την AC μεριά του συστήματος με ποσοστό μετατροπής 96% όπως φαίνεται στην εικόνα 2.15.

**Power Converters**  
For the PV Battery configuration, the battery can be connected either to the DC or AC side of the PV inverter.

DC Connected  
 AC Connected

DC to DC conversion efficiency	<input type="text" value="99"/> %	AC to DC conversion efficiency	<input type="text" value="96"/> %
Inverter efficiency cutoff	<input type="text" value="90"/> %	DC to AC conversion efficiency	<input type="text" value="96"/> %
PV inverter nominal efficiency	<input type="text" value="96.558"/> %		

Εικόνα 2.16 Σύνδεση μπαταρίας και ποσοστό μετατροπής AC/DC

Η επόμενη καρτέλα είχε να κάνει με τα όρια του δικτύου. Στην περίπτωση μας δεν επιλέχθηκε κάτι καθώς δεν τέθηκε κάποιο όριο.

**Grid Interconnection Limit**

Enable interconnection limit

The grid interconnection limit is a negotiated limit beyond which the system is not allowed to export power. Any AC power generated above the grid interconnection limit is curtailed.

Grid interconnection limit  kWac

---

**Grid Curtailment**

Click Edit Array to enter values in the curtailment schedule table. SAM limits the system power output to the MW power values in the table. Curtailed power is not compensated.

Curtailment  MW

Εικόνα 2.17 Όρια δικτύου (Grid Limits)

Έπειτα η επόμενη καρτέλα αφορούσε την υποβάθμισή και την διάρκεια ζωής του συστήματος με την πάροδο του χρόνου. Το ποσοστό υποβάθμισης όπως φαίνεται στην εικόνα 2.17 ορίστηκε στο 0.5% κάθε χρόνο.

**Annual Degradation for Multi-year Simulation**

Annual DC degradation rate  %/year

Applies to the photovoltaic array's DC output in each time step.

In Value mode, the degradation rate is applied linearly starting in Year 2. In Schedule mode, each year's rate applies to the Year 1 value. See Help for details.

**Lifetime Daily Losses**

Enable lifetime daily DC losses

Enable lifetime daily AC losses

Applies a daily loss to the DC output, AC output, or both over the analysis period. These inputs could be used to represent system outages or degradation.

Εικόνα 2.18 Ποσοστό υποβάθμισης (Lifetime and Degradation)

Η επόμενη επιλογή στο πρόγραμμα είχε να κάνει με το κόστος της εγκατάστασης. Όσον αφορά τα πάνελ, κοστολογήθηκαν στα 300\$/μονάδα και όσον αφορά τον αντιστροφέα (Inverter) υπολογίστηκε στα 1200\$/μονάδα. Οι παραπάνω τιμές είναι τιμές που κυκλοφορούν στο εμπόριο και πιο συγκεκριμένα είναι οι τιμές για τα μοντέλα που επιλέχθηκαν για πάνελ και inverter στις προηγούμενες καρτέλες στο πρόγραμμα μας. Όσον αφορά την μπαταρία η τιμή της υπολογίστηκε περίπου στα 5000\$. Η καρτέλα με το κόστος εγκατάστασης φαίνεται στην εικόνα 2.19

Direct Capital Costs							
Module	24	units	0.3	kWdc/unit	6.0	kWdc	300.00 \$/Unit = \$ 7,200.00
Inverter	1	units	5.0	kWac/unit	5.0	kWac	1,200.00 \$/Unit = \$ 1,200.00
				\$		\$/Wdc	\$/m <sup>2</sup>
Balance of system equipment				0.00		0.31	0.00 = \$ 1,861.19
Installation labor				0.00		0.19	0.00 = \$ 1,140.73
Installer margin and overhead				0.00		0.27	0.00 = \$ 1,621.04
Battery DC capacity	6.4	kWh	×	480.00	\$/kWh	+	4.1 kW × 480.00 \$/kW = \$ 5,017.79
							Subtotal = \$ 18,040.75
-Contingency							Contingency 0 % of subtotal = \$ 0.00
							<b>Total direct cost = \$ 18,040.75</b>
Indirect Capital Costs							
				% of direct cost		\$/Wdc	\$
Permitting and environmental studies				0		0.24	0.00 = \$ 1,440.92
Engineering and developer overhead				0		0.98	0.00 = \$ 5,883.77
Grid interconnection				0		0.00	0.00 = \$ 0.00
- Land Costs							
Land area	0.021	acres					
Land purchase		\$ 0/acre	+	0		0.00	0.00 = \$ 0.00
Land prep. & transmission		\$ 0/acre	+	0		0.00	0.00 = \$ 0.00
							<b>Total indirect cost = \$ 7,324.69</b>
							<b>Total battery indirect cost = \$ 1,464.94</b>
							<b>Total system indirect cost = \$ 5,859.75</b>
				Percent of indirect cost attributed to battery 20 %			
Sales Tax							
Sales tax basis, percent of direct cost	100	%		Sales tax rate	0.0	%	\$ 0.00
Total Installed Cost							
							<b>Total battery related installed cost = \$ 6,482.73</b>
							<b>Total system related installed cost = \$ 18,882.71</b>
							<b>Total installed cost = \$ 25,365.44</b>
							<b>Total installed cost per capacity = \$ 4.22/Wdc</b>
The total installed cost is the sum of the indirect, sales tax, and direct costs. Note that it does not include any financing costs from the Financial Parameters page.							

Εικόνα 2.19 Κόστος εγκατάστασης (Installation Costs)

Η επόμενη καρτέλα είχε να κάνει με τα λειτουργικά κόστη (Operating costs) όπου αντιπροσωπεύουν τις ετήσιες δαπάνες για εξοπλισμό και υπηρεσίες που προκύπτουν μετά την εγκατάσταση του συστήματος. Στην καρτέλα αυτή επιλέχθηκαν οι προκαθορισμένες τιμές που πρότεινε το πρόγραμμα όπως φαίνεται στην εικόνα 2.20.

Operation and Maintenance Costs		PV	Battery	Escalation rate
First year costs				
Nameplate capacity	6.004 DC kW	6.350 DC kWh		
Fixed annual cost	Value 0 \$/year	Value 0 \$/year		0 %
Fixed cost by capacity	Value 16 \$/kW	Value 10 \$/kWh capacity		0 %
Variable cost by generation	Value 0 \$/MWh	Value 0 \$/MWh discharged		0 %
Replacement cost		Value 273.52 \$/kWh capacity		0 %

In Value mode, SAM applies both inflation and escalation to the first year cost to calculate out-year costs. In Schedule mode, neither inflation nor escalation applies. See Help for details.

Εικόνα 2.20 Λειτουργικά κόστη (Operating Costs)

Το επόμενο βήμα αφορούσε τους οικονομικούς παραμέτρους για το κάθε σενάριο. Όσον αφορά τις παραμέτρους δανεισμού σε όλα τα σενάρια επιλέχθηκαν οι επιλογές που πρότεινε το πρόγραμμα. Όπου για το ποσοστό δανεισμού προτείνει το ποσοστό 60% με ετήσιο επιτόκιο 5% και χρόνο αποπληρωμής 25 χρόνια. Η ανάλυση της λειτουργίας του έργου επιλέχθηκε στα 25 χρόνια, ο πληθωρισμός την περίοδο της μελέτης βάση το statistics.gr επιλέχθηκε στα 8.9% και το πραγματικό προεξοφλητικό επιτόκιο στα 5%. Οι παραπάνω παράμετροι φαίνονται στην εικόνα 2.21.

**Residential Loan Type**

Standard loan Standard loan interest payments are not tax deductible.

Mortgage Mortgage interest payments are tax deductible.

---

**Loan Parameters**

Debt fraction	60 %	Net capital cost	25,365.44 \$	The weighted average cost of capital (WACC) is displayed for reference. SAM does not use the value for calculations.
Loan term	25 years	Debt	15,219.26 \$	
Loan rate	5 %/year	WACC	8.74 %	

---

**Analysis Parameters**

Analysis period	25 years	Inflation rate	8.9 %/year
		Real discount rate	5 %/year
		Nominal discount rate	14.35 %/year

---

**Project Tax and Insurance Rates**

<b>-Income Tax-</b>		<b>-Property Tax-</b>	
Federal income tax rate	Value 0 %/year	Assessed percentage	0 % of installed cost
State income tax rate	Value 0 %/year	Assessed value	0.00 \$
<b>-Sales Tax and Insurance-</b>		Annual decline	0 %/year
Insurance rate (annual)	0 % of installed cost	Property tax rate	0 %/year
Sales tax	0 % of total direct cost		

The sales tax rate applies to the total direct cost on the System Costs page.

Εικόνα 2.21 Οικονομικοί παράμετροι (Financial Parameters)

Η επόμενη σελίδα είχε να κάνει με τα οικονομικά κίνητρα όπου δεν έγινε κάποια επιλογή επιπλέον από αυτές που έδινε το πρόγραμμα από μόνο του.

**−** Tax Credits

**Investment Tax Credit (ITC)**

Amount (\$)	
Federal	<input type="text" value="0.00"/>
State	<input type="text" value="0.00"/>
Percentage (%)      Maximum (\$)	
Federal	<input type="text" value="26"/> <input type="text" value="1e+38"/>
State	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="1e+38"/>

**Production Tax Credit (PTC)**

	Amount (\$/kWh)	Term (years)	Escalation (%/yr)
Federal	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="0.00"/>
State	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="0.00"/>

Inflation does not apply to the PTC amount. In Schedule mode, use nominal (current) dollar values. See Help for details.

**−** Direct Cash Incentives

**Investment Based Incentive (IBI)**

	Amount (\$)		Taxable Incentive		
	Federal	State	Federal	State	
Federal	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
State	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Utility	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Other	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Percentage (%)      Maximum (\$)					
Federal	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1e+38"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
State	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1e+38"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Utility	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1e+38"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Other	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1e+38"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

**Capacity Based Incentive (CBI)**

	Amount (\$/W)		Taxable Incentive	
	Federal	State	Federal	State
Federal	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1e+38"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
State	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1e+38"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Utility	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1e+38"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Other	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1e+38"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Production Based Incentive (PBI)**

	Amount (\$/kWh)	Term (years)	Escalation (%/yr)	Taxable Incentive	
				Federal	State
Federal	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
State	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Utility	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Other	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Inflation does not apply to the PBI amount. In Schedule mode, use nominal (current) dollar values. See Help for details.

Εικόνα 2.22 Οικονομικά Κίνητρα (Incentives)

Η επόμενη καρτέλα είχε να κάνει με τους δείκτες ηλεκτρικής ενέργειας (Electricity Rates) όπου παίζουν καθοριστικό ρόλο στον υπολογισμό του λογαριασμού στο τέλος του μήνα. Το σύστημα επιλέχθηκε να συνδεθεί με το δίκτυο με το πρόγραμμα ενεργειακού συμψηφισμού (Net metering) με τιμή αγοράς ενέργειας στα 0.35\$/kWh όπου ήταν η ρεαλιστική τιμή εκείνη την περίοδο. Η τιμή αγοράς ενέργειας καθοριζόταν κάθε φορά με τις ανάγκες κάθε σεναρίου. Οι παραπάνω επιλογές φαίνονται παρακάτω στις εικόνες 2.23 και 2.24.

Εικόνα 2.23 Επιλογή Net metering

Εικόνα 2.24 Καθορισμός τιμής ηλεκτρικής ενέργειας

Η επόμενη και τελευταία καρτέλα είχε να κάνει με το ηλεκτρικό φορτίο που εφαρμοζόντουσαν και βασιζόντουσαν όλες οι παραπάνω επιλογές. Το ηλεκτρικό φορτίο του κτιρίου εισάγεται στο πρόγραμμα με ένα διαμορφωμένο txt ώστε να είναι κατανοητό από το πρόγραμμα. Το txt αυτό αποτελείται από 8760 γραμμές όπου η κάθε μία αντιστοιχεί σε μία ώρα μέσα στην μέρα. Αυτό σημαίνει πως το txt περιέχει το φορτίο που καταναλώνει το σπίτι κάθε ώρα για την περίοδο ενός χρόνου ολόκληρου χρόνου. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά txt καθώς το ένα είχε να κάνει μόνο με το φορτίο που καταναλώνει το κτίριο και το επόμενο είχε να κάνει με το ίδιο φορτίο προσθέτοντας καθημερινή φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Στην εικόνα 2.25 φαίνεται το φορτίο χωρίς το ηλεκτρικό αυτοκίνητο και στην εικόνα 2.26 φαίνεται το φορτίο με την πρόσθεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

---

**- Monthly Load Summary**

These monthly and annual values are calculated from the hourly or subhourly load profile and shown here for reference.

	Energy (kWh)	Peak (kW)
Jan	737.15	6.08
Feb	472.74	3.43
Mar	454.18	4.60
Apr	311.59	4.25
May	254.77	2.94
Jun	402.50	3.03
Jul	663.74	5.08
Aug	621.32	3.95
Sep	366.48	3.45
Oct	334.20	3.86
Nov	759.32	6.59
Dec	841.81	7.25
Annual	6,219.80	7.25

Εικόνα 2.25 Κατανομή φορτίου κάθε μήνα χωρίς ηλεκτρικό αυτοκίνητο

---

**- Monthly Load Summary**

These monthly and annual values are calculated from the hourly or subhourly load profile and shown here for reference.

	Energy (kWh)	Peak (kW)
Jan	2,522.75	12.57
Feb	2,085.54	10.63
Mar	2,239.78	10.17
Apr	2,039.59	9.67
May	2,040.37	8.63
Jun	2,130.50	9.86
Jul	2,449.34	11.20
Aug	2,406.92	10.07
Sep	2,094.48	9.83
Oct	2,119.80	11.06
Nov	2,487.32	11.93
Dec	2,627.41	11.94
Annual	27,243.80	12.57

Εικόνα 2.26 Κατανομή φορτίου κάθε μήνα με την προσθήκη ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Όσον αφορά το ηλεκτρικό φορτίο που έχει προστεθεί η φόρτιση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, η επιλογή του αυτοκινήτου ήταν ένα συμβατό και σχετικά οικονομικό αυτοκίνητο συγκριτικά πάντα με την αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Τα χαρακτηριστικά για την φόρτιση της μπαταρίας ήταν του αυτοκινήτου Volkswagen ID.3 Pure Performance και τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας του φαίνονται στην εικόνα 2.27.

#### Battery and Charging

Battery Capacity	55.0 kWh	Battery Useable	45.0 kWh
Europe			
Charge Port	Type 2	Fastcharge Port	CCS
Port Location	Right Side - Rear	FC Port Location	Right Side - Rear
Charge Power	7.2 kW AC	Fastcharge Power (max)	50 kW DC
Charge Time (0->275 km)	7h30m	Fastcharge Time (28->220 km)	44 min
Charge Speed	38 km/h	Fastcharge Speed	260 km/h

Εικόνα 2.27 Χαρακτηριστικά φόρτισης μπαταρίας

## 2.3 Παρουσίαση Σεναρίων

Όσον αφορά το φορτίο τα σενάρια έχουν χωριστεί σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία έχουμε να κάνουμε απλά με το φορτίο του σπιτιού και στην δεύτερη κατηγορία προσθέτουμε την καθημερινή φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου στο ηλεκτρικό φορτίο. Επίσης σε κάθε σενάριο που χρησιμοποιήθηκαν οι μπαταρίες για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχει και το αντίστοιχο ίδιο σενάριο χωρίς την χρήση μπαταριών. Ακόμα ένας διαχωρισμός στα σενάρια είναι στην φόρτιση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου όπου σε κάποια σενάρια η φόρτιση είναι συνεχόμενη και σε κάποια άλλα αντίστοιχα η φόρτιση είναι σπαστή. Στα δύο πρώτα σενάρια γίνεται μία ανάλυση ευαισθησίας αλλάζοντας την αξία στην τιμή αγοράς της kWh από 0.30\$ ως 0.60\$ τιμή αγοράς. Τέλος σε όλα τα σενάρια οι επιλογές για τα φωτοβολταϊκά πάνελ και για τον inverter είναι τα ίδια και είναι αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω στην ενότητα 2.2.

### 2.3.1 Σενάριο 1<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού χωρίς την χρήση μπαταριών

Στο 1<sup>ο</sup> σενάριο το φορτίο του σπιτιού που έπρεπε να αντισταθμίσουμε με την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ήταν στα 6.219,80 kWh χωρίς την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Το φωτοβολταϊκό πάνελ που επιλέχθηκε είναι της LG Electronics Inc. και πιο συγκεκριμένα το LG Electronics Inc. LG250S1K-G3 με μέγιστη ισχύ 250w. Ο μετατροπέας (inverter) που χρησιμοποιήθηκε είναι ο ABB: UNO-DM-5.0-TL-PLUS-US-SB-RA [240V] στα 5000w (AC).

### 2.3.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την χρήση μπαταριών

Στο 2<sup>ο</sup> σενάριο το φορτίο είναι ίδιο με του πρώτου σεναρίου δηλαδή στα 6.219,80 kWh απλά η διαφορά τους είναι στην χρήση των μπαταριών για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Η μπαταρία που χρησιμοποιήθηκε έχει συνολική ενέργεια 6.5 kWh, ρυθμό φόρτισης 4.2 kW και χωρητικότητα 126Ah όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.11. Η επιλογή φωτοβολταϊκών πάνελ και μετατροπέα (inverter) είναι ακριβώς ίδια με του πρώτου σεναρίου.

### 2.3.3 Σενάριο 3<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη συνεχόμενης φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών.

Σε αυτό το σενάριο και σε όλα τα υπόλοιπα, στο ήδη υπάρχον φορτίο προστέθηκε η φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος όπου στο συγκεκριμένο σενάριο η φόρτιση είναι συνεχόμενη από τις 3 μ.μ. μέχρι τις 11 μ.μ.. Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά πάνελ και τον αντιστροφέα είναι ακριβώς ίδια με τα προηγούμενα σενάρια. Η αγορά της kWh σε αυτό το σενάριο είναι για όλες τις ώρες και μέρες η ίδια και είναι στα 0.35 \$/kWh, όπου είναι και η τιμή που επικρατούσε αυτή την περίοδο στην Ελλάδα. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφεται το ωριαίο ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού για την 15<sup>η</sup> Ιουλίου, όπου φαίνεται η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος να αρχίζει στις 3:00 μ.μ. για 8 ώρες όσες δηλαδή χρειάζονται για την φόρτιση του συγκεκριμένου οχήματος.

Πίνακας 2.1 Ηλεκτρικό Φορτίο σπιτιού για την 15η Ιουλίου με συνεχόμενη φόρτιση

	Electricity load (year 1) (kW)
Jul 15, 12:00 am	1.207
Jul 15, 01:00 am	0.628
Jul 15, 02:00 am	0.761
Jul 15, 03:00 am	1.016
Jul 15, 04:00 am	0.956
Jul 15, 05:00 am	0.527
Jul 15, 06:00 am	0.514
Jul 15, 07:00 am	0.212
Jul 15, 08:00 am	0.159
Jul 15, 09:00 am	0.159
Jul 15, 10:00 am	0.16
Jul 15, 11:00 am	0.162
Jul 15, 12:00 pm	0.159
Jul 15, 01:00 pm	0.159
Jul 15, 02:00 pm	0.159
Jul 15, 03:00 pm	7.367
Jul 15, 04:00 pm	8.045
Jul 15, 05:00 pm	8.121
Jul 15, 06:00 pm	7.386
Jul 15, 07:00 pm	8.201
Jul 15, 08:00 pm	8.042
Jul 15, 09:00 pm	9.357
Jul 15, 10:00 pm	9.2
Jul 15, 11:00 pm	1.358



---

#### 2.3.4 Σενάριο 4<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών.

Στο 4<sup>ο</sup> σενάριο η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος είναι χωρισμένη σε δύο κομμάτια μέσα στην μέρα. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 2.2 το πρώτο κομμάτι είναι 12 τα μεσάνυχτα με 5 π.μ. και το επόμενο κομμάτι είναι 3 μ.μ. με 6 μ.μ.. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ και ο αντιστροφέας είναι ίδια με τα προηγούμενα σενάρια. Η αξία της kWh και σε αυτό το σενάριο όπως και στο προηγούμενο είναι σταθερή για όλες τις ώρες και μέρες στα 0.35 \$/kWh.

Πίνακας 2.2 Ηλεκτρικό φορτίο σπιτιού για την 15<sup>η</sup> Ιουλίου με σπαστή φόρτιση.

	Electricity load (year 1) (kW)
Jul 15, 12:00 am	8.407
Jul 15, 01:00 am	7.828
Jul 15, 02:00 am	7.961
Jul 15, 03:00 am	8.216
Jul 15, 04:00 am	8.156
Jul 15, 05:00 am	0.527
Jul 15, 06:00 am	0.514
Jul 15, 07:00 am	0.212
Jul 15, 08:00 am	0.159
Jul 15, 09:00 am	0.159
Jul 15, 10:00 am	0.16
Jul 15, 11:00 am	0.162
Jul 15, 12:00 pm	0.159
Jul 15, 01:00 pm	0.159
Jul 15, 02:00 pm	0.159
Jul 15, 03:00 pm	7.367
Jul 15, 04:00 pm	8.045
Jul 15, 05:00 pm	8.121
Jul 15, 06:00 pm	0.186
Jul 15, 07:00 pm	1.001
Jul 15, 08:00 pm	0.842
Jul 15, 09:00 pm	2.157
Jul 15, 10:00 pm	2
Jul 15, 11:00 pm	1.358

---

### ***2.3.5 Σενάριο 5<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη συνεχόμενης φόρτισης του Η.Ο. με την χρήση μπαταριών.***

Σε αυτό το σενάριο η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος είναι συνεχόμενη ακριβώς όπως στο σενάριο 3 όπου η φόρτιση αρχίζει 3μ.μ. και είναι συνεχόμενη μέχρι 11μ.μ. με την μόνη διαφορά όπου σε αυτό το σενάριο γίνεται χρήση μπαταριών για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ καθώς και ο αντιστροφείας και σε αυτό το σενάριο είναι ίδια με τα προηγούμενα σενάρια. Η επιλογή των χαρακτηριστικών της μπαταρίας είναι η ίδια με το σενάριο 2 με συνολική ενέργεια 6.5 kWh, ρυθμό φόρτισης 4.2 kW και χωρητικότητα 126 Ah.

### ***2.3.6 Σενάριο 6<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. με την χρήση μπαταριών.***

Στο σενάριο 6 η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος είναι χωρισμένη σε δύο κομμάτια όπως ακριβώς και στο σενάριο 4 όπου η φόρτιση αρχίζει στις 12 τα μεσάνυχτα με 5 π.μ. και 3 μ.μ. με 6μ.μ.. Τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας είναι ακριβώς ίδια με τα υπόλοιπα σενάρια όπου γίνεται χρήση μπαταριών για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Η επιλογή φωτοβολταϊκών πάνελ και αντιστροφεία είναι η ίδια με τα υπόλοιπα σενάρια καθώς και η χρέωση της kWh όπου είναι όλες τις μέρες και ώρες στα 0.35 \$/kWh.

### ***2.3.7 Σενάριο 7<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών***

Στο σενάριο αυτό η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος είναι ίδια ακριβώς με τα υπόλοιπα σενάρια με την σπαστή φόρτιση. Η επιλογή φωτοβολταϊκών πάνελ και αντιστροφεία είναι και αυτή ίδια με όλα τα προηγούμενα σενάρια. Η διαφορά σε αυτό το σενάριο βρίσκεται στην χρέωση της kWh καθώς για όλες τις μέρες στο διάστημα ανάμεσα 3 μ.μ. με 6 μ.μ. η χρέωση της kWh είναι 0.45 \$/kWh ενώ όλες τις υπόλοιπες ώρες είναι στα 0.35 \$/kWh όπως ήταν και στα προηγούμενα σενάρια.

### ***2.3.8 Σενάριο 8<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. με την χρήση μπαταριών.***

Στο 8<sup>ο</sup> και τελευταίο σενάριο η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος είναι σπαστή με τον ίδιο τρόπο με τα σενάρια με την σπαστή φόρτιση. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ και ο αντιστροφείας είναι ομοίως ίδια με όλα τα σενάρια. Η χρέωση της kWh είναι και αυτή στα 0.35\$/kWh όλες τις ώρες και μέρες με εξαίρεση το διάστημα 3 μ.μ. με 6 μ.μ. όπου η χρέωση είναι στα 0.45 \$/kWh όπως στο σενάριο 7. Η διαφορά από το σενάριο 7 είναι η χρήση μπαταρίας για την αποθήκευση

ηλεκτρικής ενέργειας όπου η επιλογή της μπαταρίας είναι όμοια με τα σενάρια που γίνεται χρήση μπαταρίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

### 3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν τα αποτελέσματα από όλες τις προσομοιώσεις των σεναρίων ξεχωριστά. Στα δύο πρώτα σενάρια όπου στο φορτίο δεν περιέχεται η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος θα παρουσιαστεί μια ανάλυση ευαισθησίας μαζί με τα υπόλοιπα αποτελέσματα των σεναρίων αυτών. Στα υπόλοιπα σενάρια όπου εμπεριέχεται η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος στο ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού, έχει επιλεγθεί η 15<sup>η</sup> μέρα από ένα μήνα κάθε εποχής ώστε να παρουσιαστούν κάποια δεδομένα μαζί με όλα τα υπόλοιπα αποτελέσματα των σεναρίων.

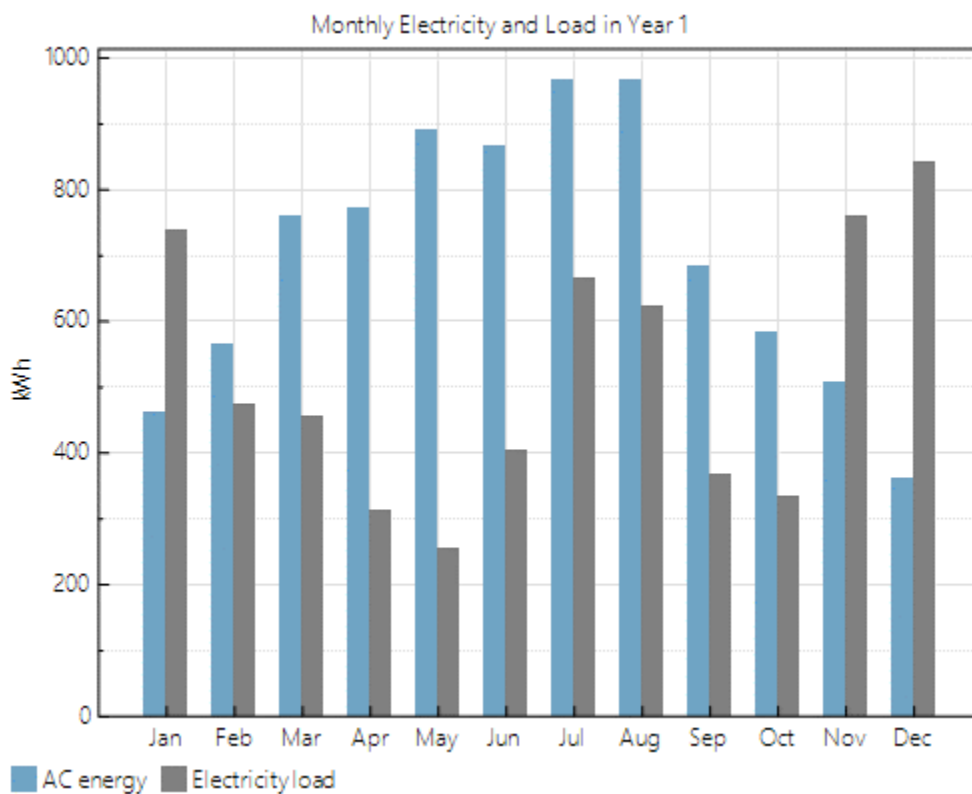
### 3.2 Σενάριο 1<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού χωρίς την χρήση μπαταριών για αποθήκευση ενέργειας

Από την προσομοίωση του πρώτου σεναρίου προέκυψε ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 3.1 Αποτελέσματα για το 1<sup>ο</sup> σενάριο

Metric	Value
Annual energy (year 1)	8,378 kWh
DC capacity factor (year 1)	15.9%
Energy yield (year 1)	1,395 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.80
Levelized COE (nominal)	19.63 ¢/kWh
Levelized COE (real)	9.54 ¢/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$3,540
Electricity bill with system (year 1)	\$1,212
Net savings with system (year 1)	\$2,328
Net present value	\$19,348
Simple payback period	5.5 years
Discounted payback period	10.0 years
Net capital cost	\$20,348
Equity	\$8,139
Debt	\$12,209

Στον παραπάνω πίνακα αναγράφονται τα αποτελέσματα του πρώτου σεναρίου με σταθερή τιμή στην kWh στα 0.35 \$/kWh. Αρχικά φαίνεται πως η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι στα 8.378 kWh. Ο ετήσιος λογαριασμός της συγκεκριμένης οικίας χωρίς την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ανέρχεται στα 3.540\$ ενώ με την επιρροή της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ο λογαριασμός ανέρχεται στα 1.212\$. Αυτό σημαίνει πως με την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση η συγκεκριμένη οικία έχει κέρδος στον λογαριασμό της 2.328\$ σε ένα χρόνο. Η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι 19.348\$ όπου από την στιγμή που είναι θετική είναι μία κερδοφόρα φωτοβολταϊκή εγκατάσταση και η απλή περίοδος αποπληρωμής ανέρχεται στα 5,5 χρόνια. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται η μηνιαία παραγωγή ενέργειας και το ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού.

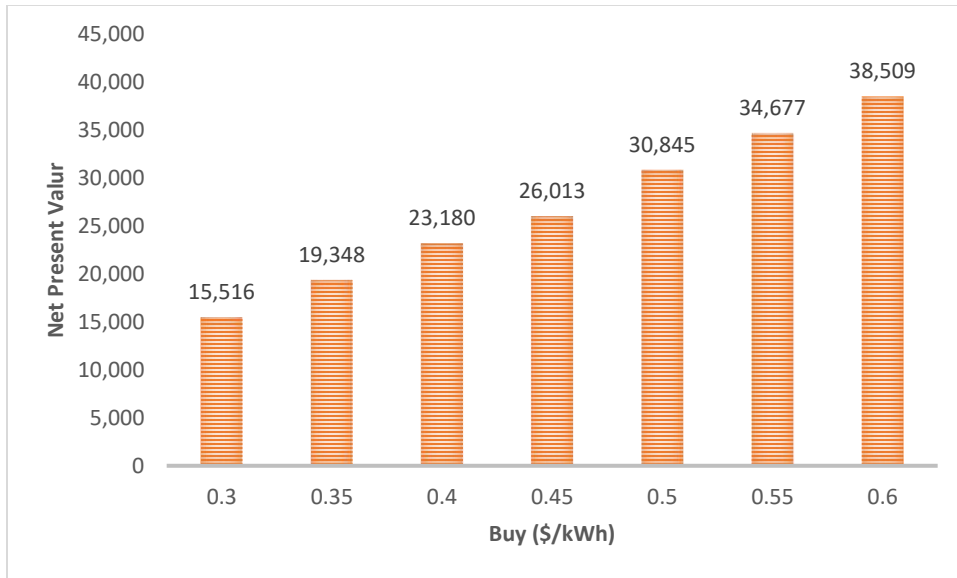


Εικόνα 3.1 Μηνιαία παραγωγή ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, σενάριο 1°

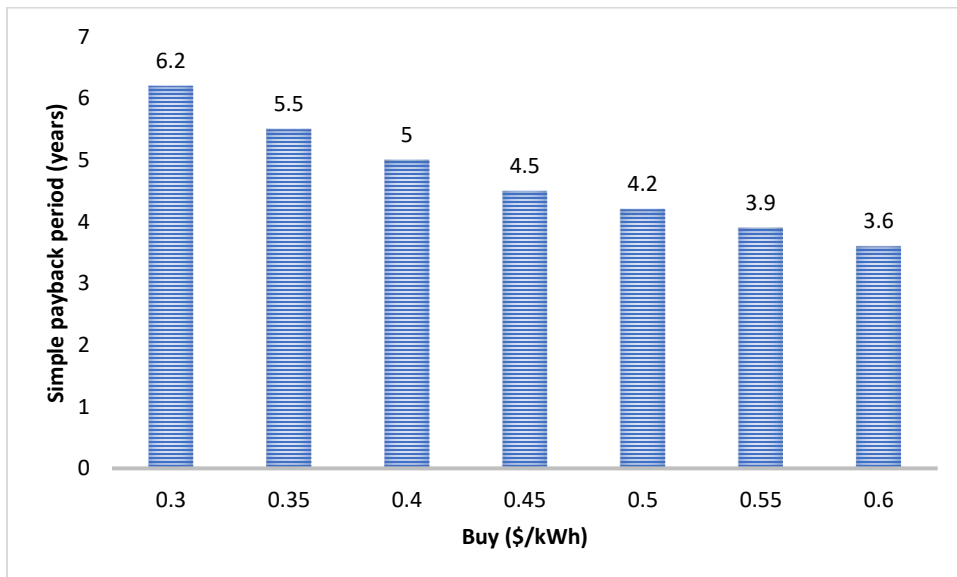
Στην παραπάνω εικόνα παρατηρείται πως στους περισσότερους μήνες η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι αρκετά περισσότερη από το ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού. Η μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φαίνεται να είναι τους καλοκαιρινούς μήνες με κυρίαρχους μήνες τον Ιούλιο και τον Αύγουστο όπου η παραγωγή σε αυτούς τους μήνες είναι η μέγιστη. Από την άλλη πλευρά το ηλεκτρικό φορτίο δείχνει να είναι μεγαλύτερο τους μήνες του χειμώνα καθώς το μέγιστο φορτίο είναι τον μήνα Δεκέμβριο.

Σε αυτό το σενάριο έγινε μια ανάλυση ευαισθησίας όπου συγκρίναμε πως μεταβάλλεται η καθαρή παρούσα αξία αλλάζοντας την τιμή αγοράς της kWh από 0.30 \$/kWh μέχρι και 0.60 \$/kWh. Έπειτα έγινε σύγκριση για το πως μεταβάλλεται η απλή περίοδος αποπληρωμής

αλλάζοντας αντίστοιχα πάλι την τιμή αγοράς της kWh. Τα αποτελέσματα των δύο συγκρίσεων φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.



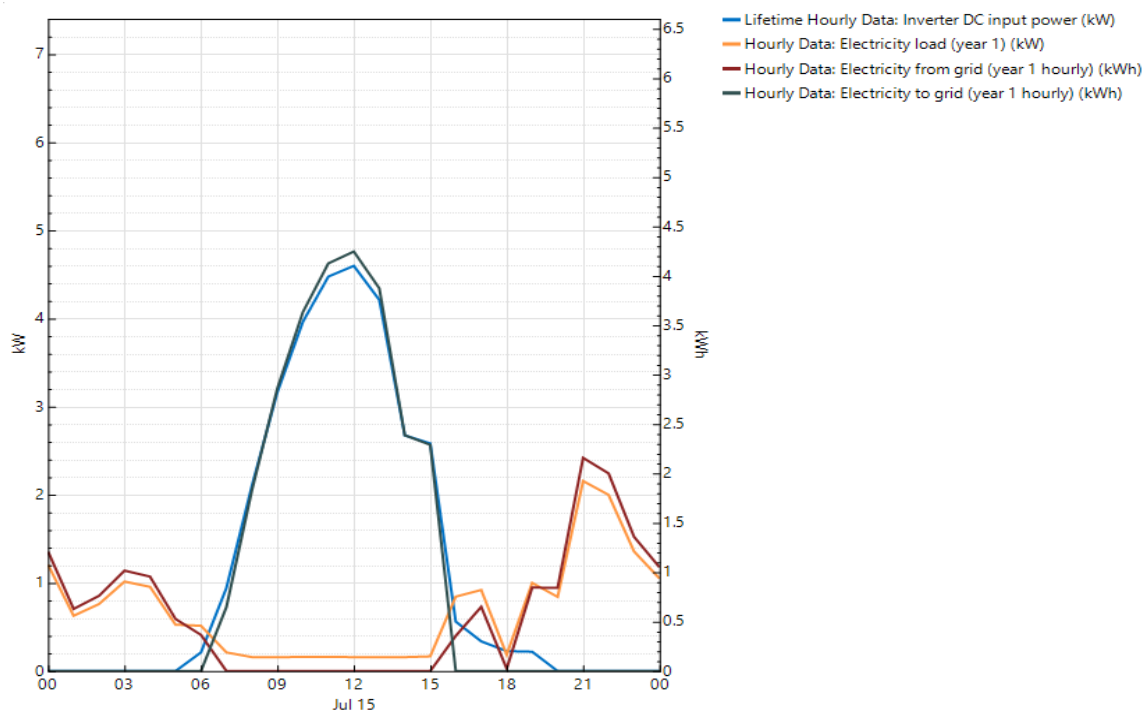
Εικόνα 3.2 Μεταβολή Καθαρής Παρούσας Αξίας, σενάριο 1°



Εικόνα 3.3 Μεταβολή απλής περιόδου αποπληρωμής, σενάριο 1°

Όσον αφορά το πρώτο διάγραμμα όπου φαίνεται στην εικόνα 3.2, φαίνεται πως όσο αυξάνεται η τιμή της kWh τόσο αυξάνεται και η καθαρή παρούσα αξία. Αυτό συμβαίνει διότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την εγκατάσταση είναι αρκετά μεγαλύτερη από το ηλεκτρικό φορτίο που απαιτεί το σπίτι τους περισσότερους μήνες του χρόνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πως παρόλο που αυξάνεται η τιμή της kWh και θα περιμέναμε αρνητική επίδραση στην καθαρή παρούσα αξία, παρατηρείται θετική επίδραση διότι όσο αυξάνεται η τιμή της kWh και η οικεία δεν χρειάζεται να αγοράσει από το δίκτυο καθώς καλύπτεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Επίσης στο επόμενο διάγραμμα στην εικόνα 3.3 φαίνεται πως η απλή περίοδος αποπληρωμής μειώνεται με την αύξηση της τιμής της kWh. Αυτό είναι φυσιολογικό καθώς με την αύξηση της kWh αυξάνεται και η καθαρή παρούσα αξία όπου αυτό σημαίνει μεγαλύτερο κέρδος για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, έχοντας έτσι ως αποτέλεσμα γρηγορότερη απόσβεση, δηλαδή μικρότερη περίοδος αποπληρωμής της εγκατάστασης.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται το ενεργειακό προφίλ για το πρώτο σενάριο για την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου όπου και είναι μία από πιο παραγωγικές μέρες της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Στην συγκεκριμένη μέρα φαίνεται πως το ηλεκτρικό φορτίο που απαιτείται μέχρι λίγο πριν τις 5:00 π.μ. καλύπτεται από το δίκτυο. Αφού αρχίσει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό λίγο πριν τις 6:00 π.μ., όπου κατά της 12 το μεσημέρι φτάνει στα μέγιστα η παραγωγή, οι ενεργειακές ανάγκες του σπιτιού καλύπτονται πλήρως από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Επίσης η περίσσεια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τροφοδοτείται στο δίκτυο. Περίπου στις 4 μ.μ. όπου η παραγωγή αρχίζει να μειώνεται και η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια είναι παραπάνω από την παραγωγή, τότε η απαιτούμενη ενέργεια έρχεται από το δίκτυο, μέχρι λίγο μετά τις 8 μ.μ. όπου η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σταματάει και πλέον η οικεία τροφοδοτείται μόνο από το δίκτυο.



Εικόνα 3.4 Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 1<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα Ιουλίου

### 3.3 Σενάριο 2<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την χρήση μπαταριών για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας

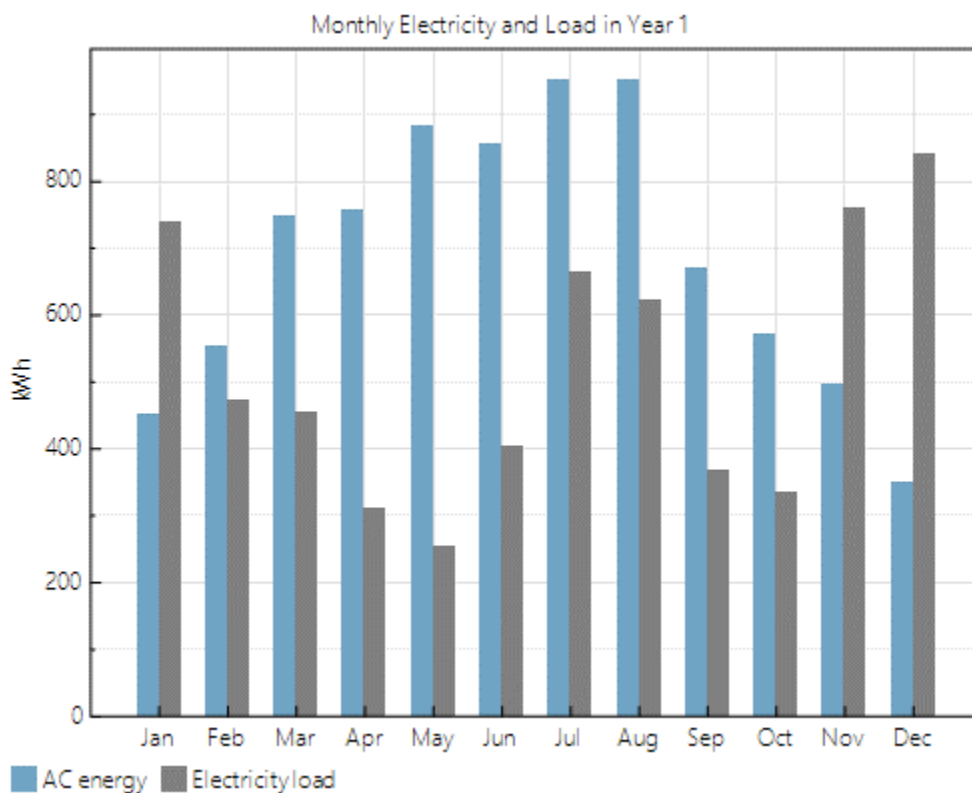
Από την προσομοίωση του δεύτερου σεναρίου προέκυψε ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 3.2 Αποτελέσματα για το 2<sup>ο</sup> σενάριο

Metric	Value
Annual energy (year 1)	8,231 kWh
DC capacity factor (year 1)	15.7%
Energy yield (year 1)	1,371 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.78
Battery roundtrip efficiency	90.57%
Battery charge energy from system	100.0%
Levelized COE (nominal)	28.33 ¢/kWh
Levelized COE (real)	13.77 ¢/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$3,540
Electricity bill with system (year 1)	\$1,130
Net savings with system (year 1)	\$2,410
Net present value	\$15,709
Simple payback period	6.5 years
Discounted payback period	14.3 years
Net capital cost	\$25,365
Equity	\$10,146
Debt	\$15,219

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα του δεύτερου σεναρίου με σταθερή τιμή αγοράς της kWh στα 0.35 \$/kWh. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι στα 8.231 kWh. Ο ετήσιος λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας της οικείας χωρίς την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι στα 3.540\$, όπου με την εφαρμογή του συστήματος ο λογαριασμός ανέρχεται στα 1.130\$, αυτό σημαίνει ότι με την εφαρμογή του συστήματος δημιουργείτε οικονομικό κέρδος 2.410\$ ετησίως. Συγκριτικά με το πρώτο σενάριο όπου το ετήσιο κέρδος με την εφαρμογή του συστήματος ήταν στα 2.328\$, στο δεύτερο σενάριο προσθέτοντας μπαταρία για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας το ετήσιο κέρδος αυξήθηκε. Η απλή περίοδος αποπληρωμής του συστήματος είναι στα 6.5 χρόνια και η καθαρή παρούσα αξία του συστήματος είναι στα 15.709\$ όπου καθιστά το σύστημα κερδοφόρο για τον ιδιοκτήτη του.

Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.5 φαίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση και το ηλεκτρικό φορτίο που χρειάζεται το σπίτι.



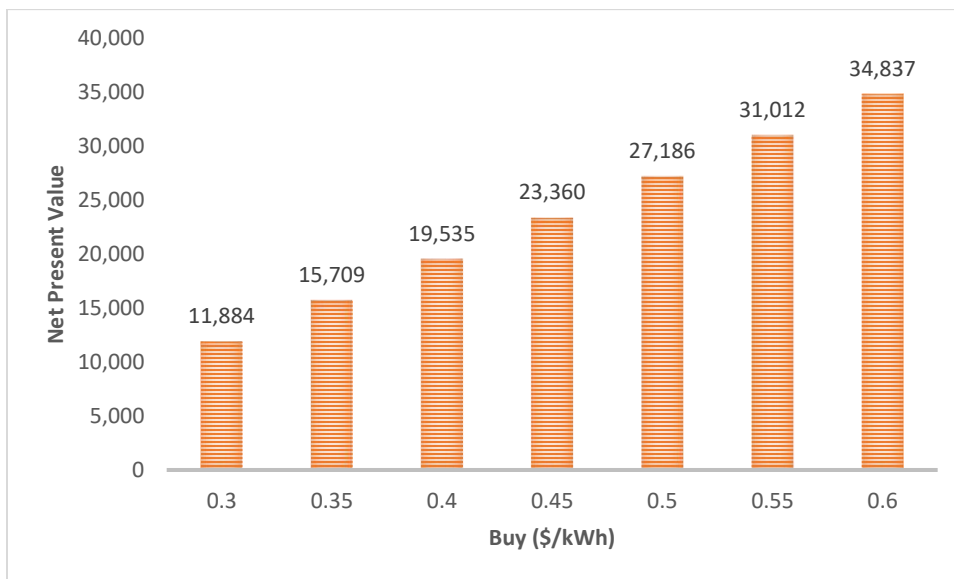
Εικόνα 3.5 Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, σενάριο 2°

Στην εικόνα 3.5 παρατηρείται πως τους περισσότερους μήνες του χρόνου η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα είναι μεγαλύτερη από της ανάγκες του σπιτιού για ηλεκτρική ενέργεια. Η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τους μήνες του καλοκαιριού και πιο συγκεκριμένα τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Από την άλλη πλευρά το ηλεκτρικό φορτίο είναι μεγαλύτερο κυρίως τους μήνες του χειμώνα λόγο της θέρμανσης και φαίνεται να είναι σε μικρότερα επίπεδα τους μήνες του φθινόπωρου και της άνοιξης όπου δεν υπάρχει ανάγκη ούτε για θέρμανση ούτε για ψύξη αντίστοιχα.

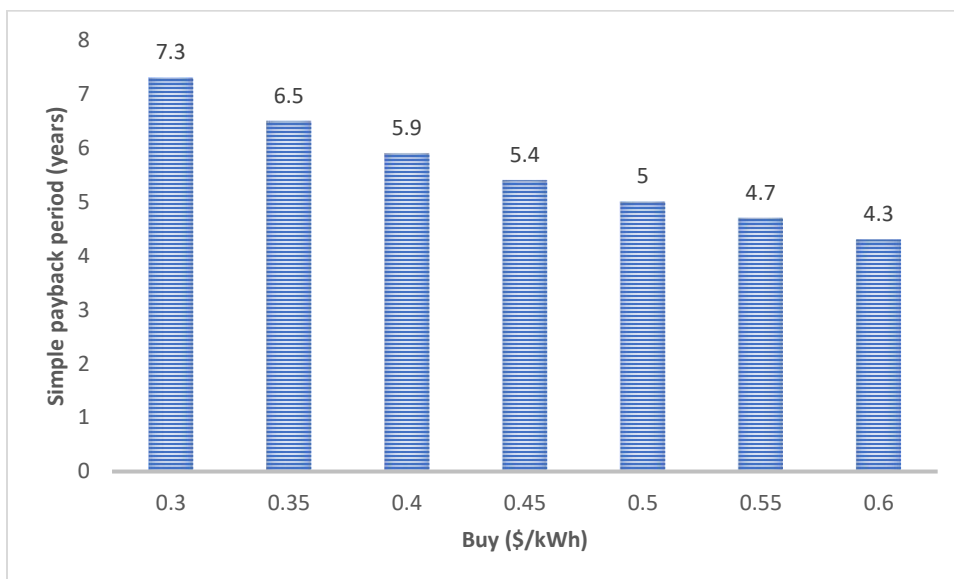
Σε αυτό το σενάριο όπως και στο προηγούμενο έγινε μια ανάλυση ευαισθησίας όπου μεταβάλλεται η τιμή της kWh αρχίζοντας από 0.30\$/kWh μέχρι 0.60\$/kWh και παρατηρείται η μεταβολή της καθαρής παρούσας αξίας και της απλής περιόδου αποπληρωμής για κάθε διαφορετική τιμή της kWh. Τα αποτελέσματα των δύο αυτών συγκρίσεων φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.

Στο πρώτο διάγραμμα στην εικόνα 3.6 παρατηρείται πως καθώς μεταβάλλεται αυξητικά η τιμή της κιλοβατώρας, η συμπεριφορά της Καθαρής Παρούσα Αξίας είναι και αυτή αυξητική. Αυτό συμβαίνει για τον ίδιο λόγο όπως και στο προηγούμενο σενάριο. Επειδή η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση υπερκαλύπτει την ζήτηση για ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού, όσο αυξάνεται η τιμή της κιλοβατώρας και δεν χρειάζεται να αγοραστεί ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο δημιουργείται κέρδος και έτσι η τιμή της Καθαρής Παρούσας Αξίας αυξάνεται.





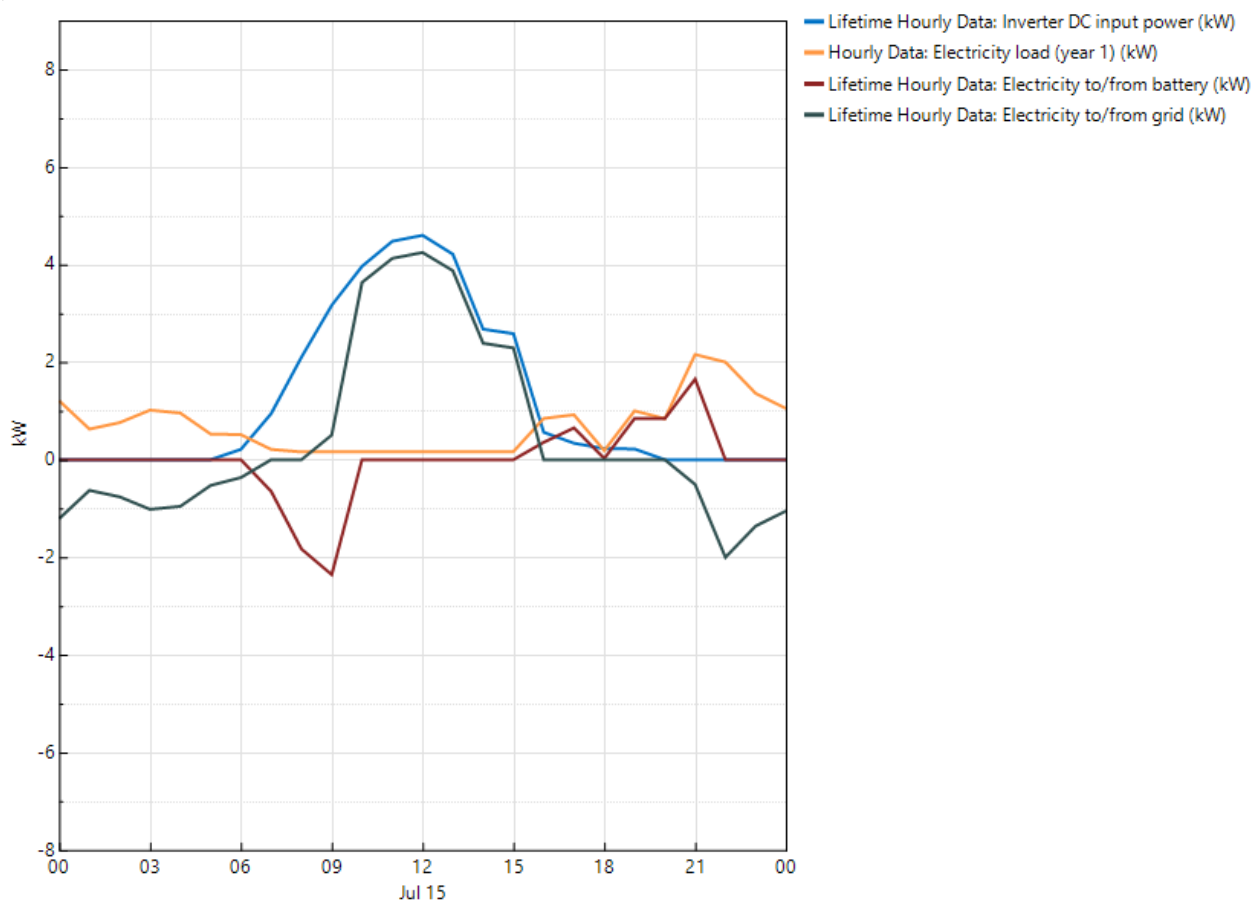
Εικόνα 3.6 Μεταβολή Καθαρής Παρούσας Αξίας, Σενάριο 2°



Εικόνα 3.7 Μεταβολή απλής περιόδου αποπληρωμής, Σενάριο 2°

Όσον αφορά το διάγραμμα με την μεταβολή της απλής περιόδου αποπληρωμής, καθώς αυξάνεται η τιμή της κιλοβατώρας φαίνεται να μειώνεται. Αυτό είναι λογικό διότι καθώς αυξάνεται η Καθαρή Παρούσα Αξία το κέρδος μεγαλώνει οπότε γίνεται πιο γρήγορη απόσβεση και έτσι η περίοδος αποπληρωμής μειώνεται. Συγκρίνοντας τις τιμές των δύο σεναρίων φαίνεται πως η Καθαρή Παρούσα Αξία στο δεύτερο σενάριο, όπου έχει προστεθεί η μπαταρία, είναι μικρότερη, ενώ η απλή περίοδος αποπληρωμής μεγαλύτερη για κάποιους μήνες.

Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.8 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Ιουλίου του δεύτερου σεναρίου όπου συγκριτικά με το πρώτο σενάριο έχει προστεθεί μπαταρία για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά να σημειωθεί πως οι αρνητική κόκκινη γραμμή δείχνει πως η μπαταρία φορτίζεται και η θετική της τιμή ότι εκφορτίζεται, επίσης η αρνητική πράσινη γραμμή σημαίνει πως το σπίτι διοχετεύεται με ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο ενώ η θετική πράσινη γραμμή σημαίνει πως διοχετεύεται ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο. Η ζήτηση για ηλεκτρικό φορτίο που έχει το σπίτι τα ξημερώματα καλύπτονται από το δίκτυο. Νωρίς το πρωί κατά τις 6 όπου αρχίζει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα, οι ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια καλύπτονται από το φωτοβολταϊκό. Επίσης με το που αρχίζει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αρχίζει και η φόρτιση της μπαταρίας όπου μειώνει την διοχέτευση του δικτύου από το σύστημα μέχρι να φορτίσει. Αφού φορτίσει τελείως η μπαταρία μένει σε καταστολή μέχρι να είναι αναγκαία, το φωτοβολταϊκό αφού καλύπτει πλήρως τις ανάγκες του σπιτιού διοχετεύει την περίσσεια ενέργεια στο δίκτυο. Κατά τις 4 μ.μ. όταν η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας αρχίζει να μειώνεται και το φορτίο είναι μεγαλύτερο από την παραγωγή τότε χρησιμοποιείται η μπαταρία για να καλύψει την διαφορά. Στις 8 μ.μ. το βράδυ όπου η μπαταρία δεν φτάνει να καλύψει το φορτίο, τροφοδοτείται η οικεία συνδυαστικά και από το δίκτυο. Τέλος περίπου στις 10 μ.μ. η μπαταρία έχει εκφορτιστεί τελείως και το υπόλοιπο φορτίο για το βράδυ καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο.



Εικόνα 3.8 Ενεργειακό προφίλ. Καλοκαιριού, Σενάριο 2<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα Ιουλίου

### 3.4 Σενάριο 3<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη συνεχόμενης φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών

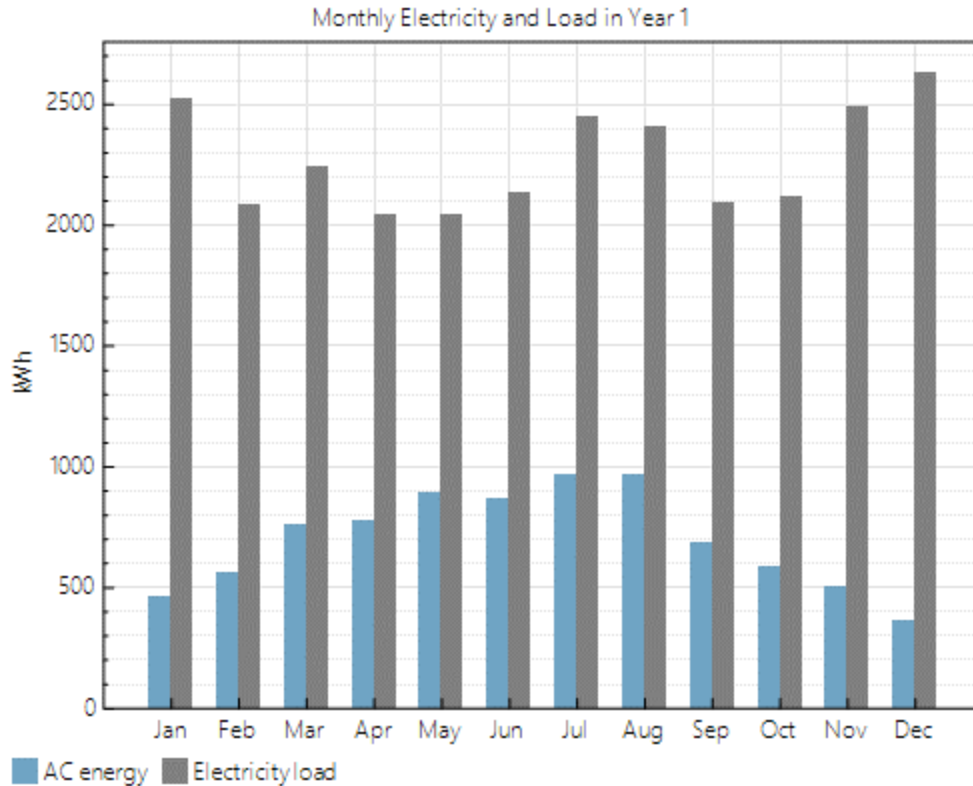
Από την προσομοίωση του τρίτου σεναρίου προέκυψε ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 3.3 Αποτελέσματα για το 3<sup>ο</sup> σενάριο

Metric	Value
Annual energy (year 1)	8,378 kWh
DC capacity factor (year 1)	15.9%
Energy yield (year 1)	1,395 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.80
Levelized COE (nominal)	19.69 ¢/kWh
Levelized COE (real)	9.57 ¢/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$12,724
Electricity bill with system (year 1)	\$9,759
Net savings with system (year 1)	\$2,965
Net present value	\$25,932
Simple payback period	4.5 years
Discounted payback period	7.4 years
Net capital cost	\$20,348
Equity	\$8,139
Debt	\$12,209

Στον παραπάνω πίνακα αναγράφονται τα αποτελέσματα του τρίτου σεναρίου με σταθερή τιμή κιλοβατώρας για όλες τις ώρες και μέρες του χρόνου στα 0.35 \$/kWh. Επίσης σε αυτό το σενάριο έχει προστεθεί η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος σε συνεχόμενη ώρα, πιο συγκεκριμένα 3 μ.μ. μέχρι 11 μ.μ.. Αρχικά φαίνεται η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα όπου είναι στα 8.378 kWh. Ο ετήσιος λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς το φωτοβολταϊκό σύστημα ανέρχεται στα 12.724 \$ ενώ με την προσθήκη του συστήματος ο ετήσιος λογαριασμός είναι στα 9.759\$. Οπότε η προσθήκη του φωτοβολταϊκού συστήματος έχει ως αποτέλεσμα κέρδος στον ετήσιο λογαριασμό της οικείας 2.965 \$. Η Καθαρή Παρούσα Αξία του συστήματος είναι στα 25.932\$ όπου αυτός ο αριθμός το καθιστά μια κερδοφόρα επένδυση και η απλή περίοδος αποπληρωμής του συστήματος είναι στα 4.5 χρόνια.

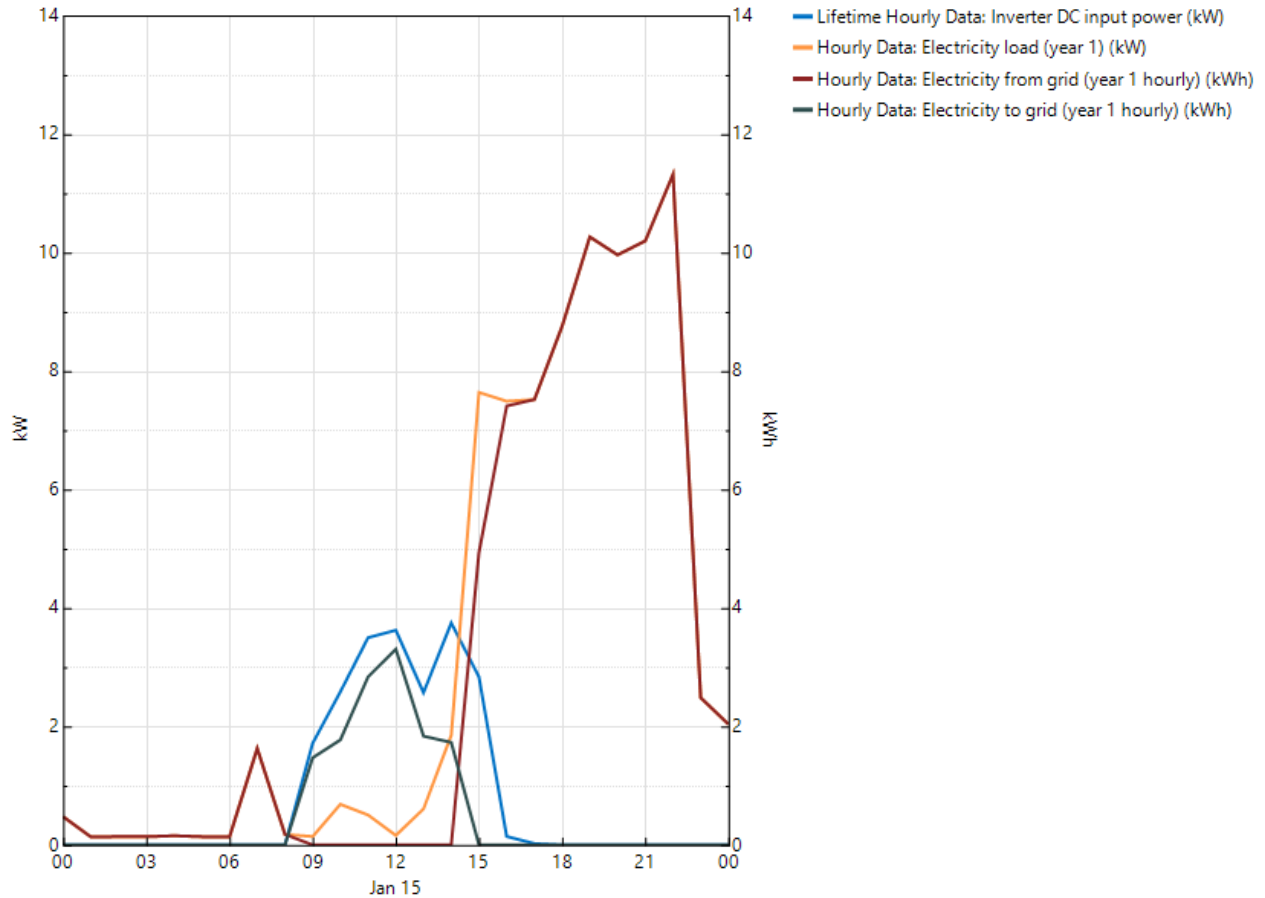
Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.9 φαίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα και το ηλεκτρικό φορτίο που καταναλώνει το σπίτι κάθε μήνα για ένα ολόκληρο χρόνο.



Εικόνα 3.9 Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 3°

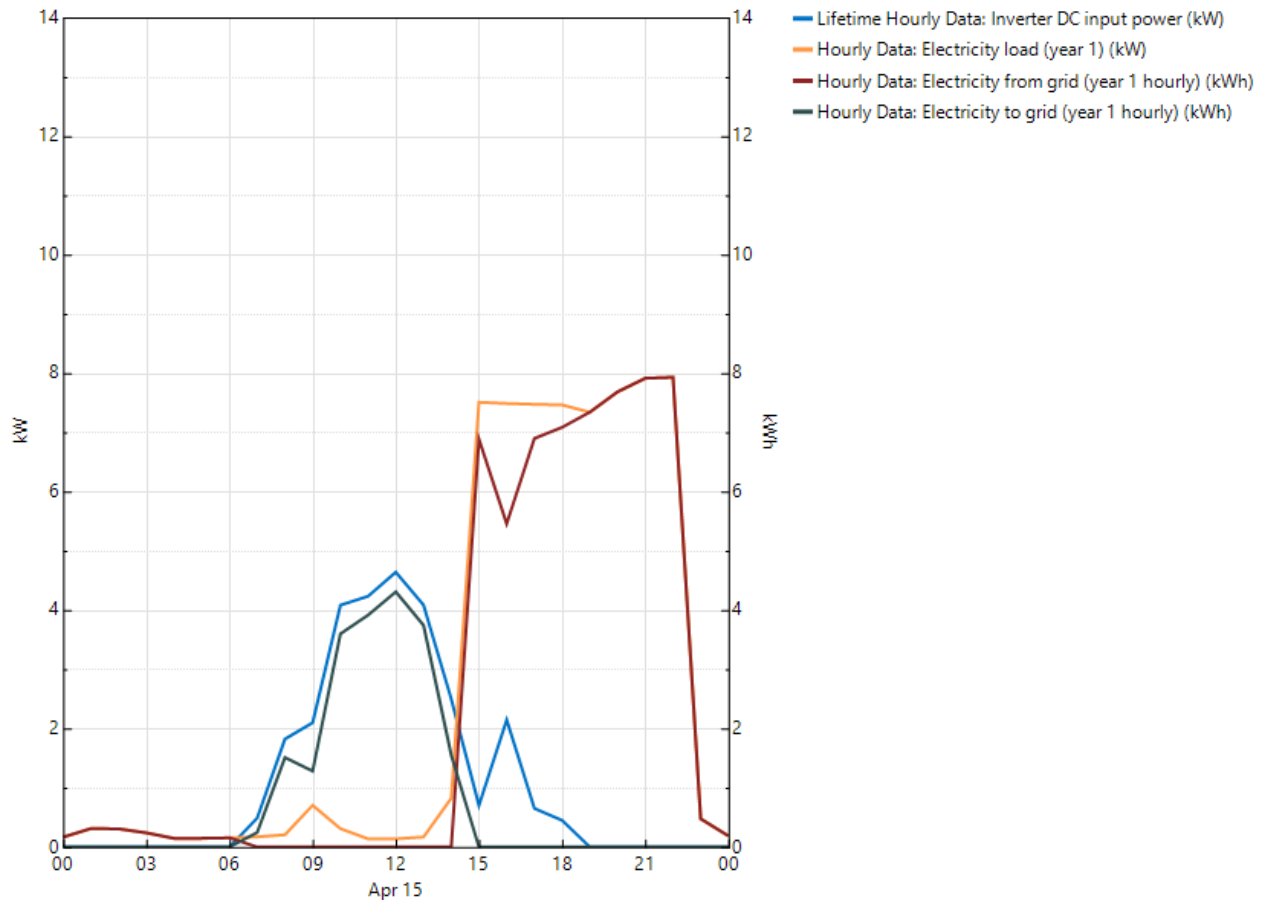
Στην εικόνα 3.9 παρατηρείται πως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν φτάνει για να καλύψει της ανάγκες. Μετά την προσθήκη της καθημερινής φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος το φορτίο της οικείας έχει ανέβει πολύ για να καλυφθεί ολόκληρο από το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό σύστημα. Φαίνεται πως ολόκληρο τον χρόνο το ηλεκτρικό φορτίο είναι πολύ υψηλό με μέγιστη ζήτηση τον Δεκέμβριο και μετά τον Ιανουάριο.

Για την εποχή του χειμώνα επιλέχθηκε ο μήνας Ιανουάριος για να πάρουμε την γραφική παράσταση. Παρακάτω στο διάγραμμα στη εικόνα 3.10 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ για την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου. Αρχικά τα ξημερώματα ότι ηλεκτρικό φορτίο χρειάζεται το καλύπτει το δίκτυο. Κατά της 8 το πρωί που αρχίζει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα μέχρι της 3 μ.μ. το μεσημέρι ότι περίσσεια ενέργεια υπάρχει επιστρέφει στο δίκτυο. Στις 3 μ.μ. αρχίζει η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος και αυτό φαίνεται στην κατακόρυφη αύξηση του ηλεκτρικού φορτίου. Η παραγωγή του φωτοβολταϊκού σταματάει κατά τις 5 μ.μ. το απόγευμα αφού είναι χειμώνας και η μέρα είναι μικρότερη συγκριτικά με το καλοκαίρι. Μέχρι εκείνη την ώρα που σταματάει η παραγωγή το φωτοβολταϊκό συνεισφέρει στην φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος αλλά κατά κύριο λόγο το φορτίο καλύπτεται από το δίκτυο. Στο συγκεκριμένο σενάριο η φόρτιση του οχήματος είναι συνεχόμενη και τελειώνει περίπου στις 11 μ.μ. το βράδυ όπου φαίνεται το φορτίο να πέφτει κατακόρυφα και να επανέρχεται στα φυσιολογικά του χωρίς την προσθήκη της φόρτισης του οχήματος.



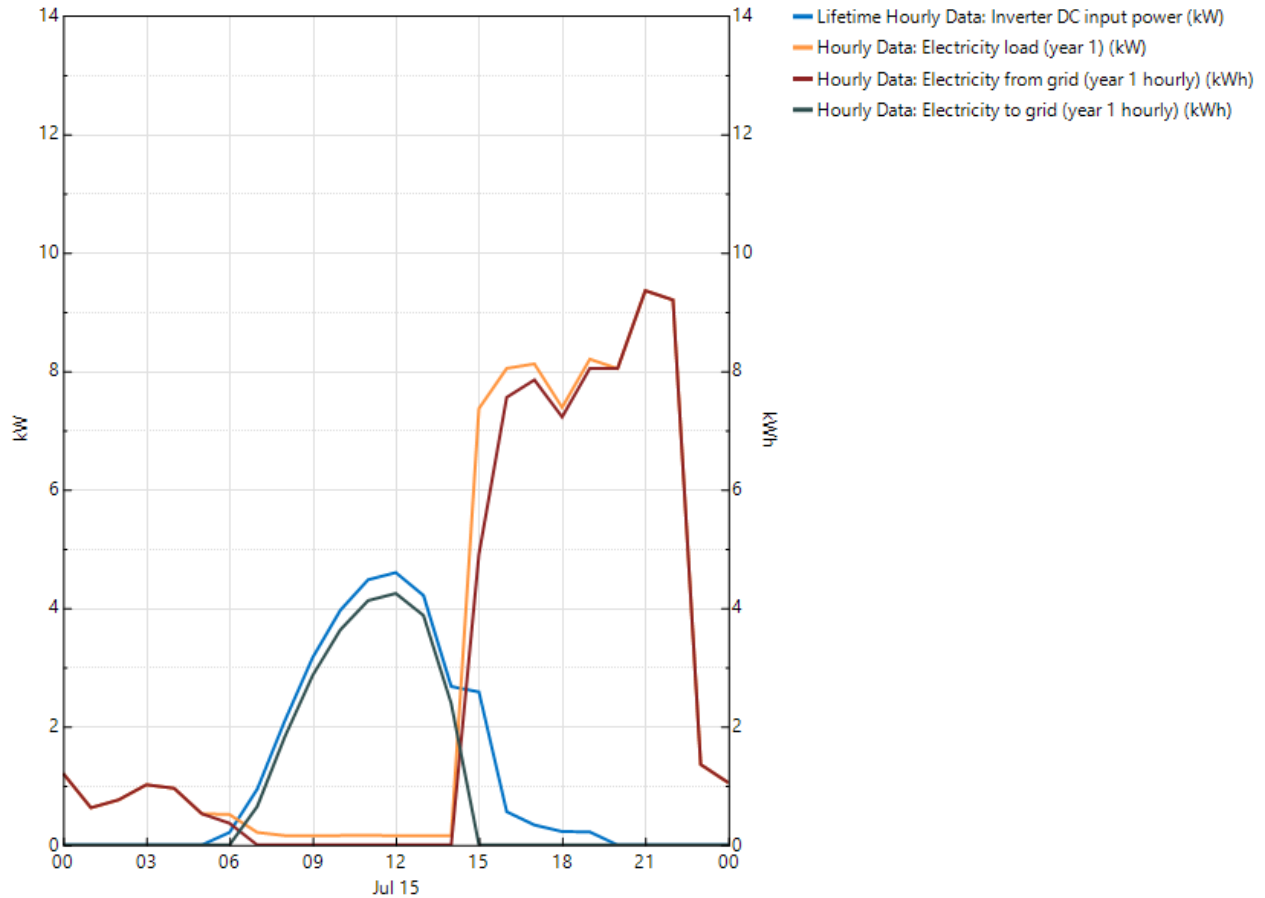
Εικόνα 3.10 Ενεργειακό προφίλ Χειμώνα, Σενάριο 3°, 15<sup>η</sup> μέρα Ιανουαρίου

Στο επόμενο διάγραμμα στην εικόνα 3.11 απεικονίζεται το ενεργειακό προφίλ για την άνοιξη και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη. Τα ξημερώματα το φορτίο είναι χαμηλά και φαίνεται ότι ανάγκη προκύπτει καλύπτεται από το δίκτυο. Η παραγωγή του φωτοβολταϊκού συστήματος αρχίζει στις 6 π.μ. μέχρι και της 7μ.μ. το απόγευμα. Είναι εμφανής η διαφορά στην παραγωγή από τον Ιανουάριο μιας και αρχίζει 2 ώρες νωρίτερα και τελειώνει 2 ώρες αργότερα. Από τις 6 π.μ. μέχρι και τις 3 μ.μ. το φωτοβολταϊκό καλύπτει πλήρως το ηλεκτρικό φορτίο και δίνει την περίσσεια ενέργεια στο δίκτυο. Στις 3 μ.μ. το μεσημέρι όπου αρχίζει η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος το φορτίο ανεβαίνει κατακόρυφα μαζί με την κόκκινη γραμμή όπου είναι η ηλεκτρική ενέργεια που παίρνουμε από το δίκτυο. Στο διάστημα 3 μ.μ. μέχρι τις 7 μ.μ. συμβάλει στη φόρτιση και το φωτοβολταϊκό σύστημα, μετά τις 7 μ.μ. καλύπτει την φόρτιση εξολοκλήρου το δίκτυο. Στις 11 μ.μ. πέφτει κατακόρυφα στα φυσιολογικά πλαίσια χωρίς την προσθήκη του ηλεκτρικού οχήματος και το δίκτυο συνεχίζει να καλύπτει τις υπόλοιπες ανάγκες του σπιτιού κανονικά.



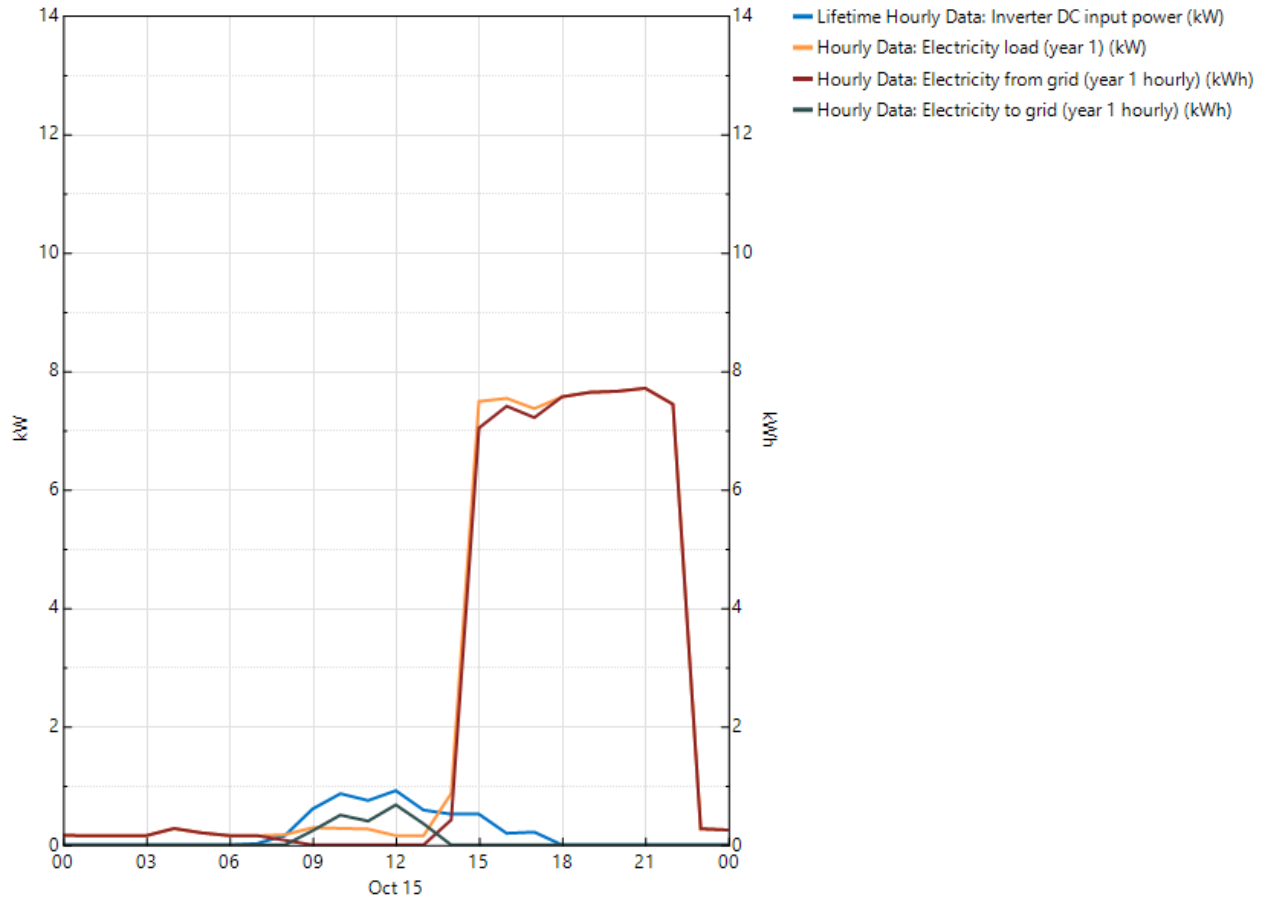
Εικόνα 3.11 Ενεργειακό προφίλ άνοιξης, Σενάριο 3<sup>ο</sup> , 15<sup>η</sup> μέρα Απρίλη

Στο επόμενο διάγραμμα στην εικόνα 3.12 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ για το καλοκαίρι και πιο συγκεκριμένα για την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου. Τις πρώτες ώρες του 24ωρου τα ξημερώματα ότι ανάγκη έχει το σπίτι από ηλεκτρική ενέργεια καλύπτεται από το δίκτυο. Κατά τις 5 π.μ. το πρωί αρχίζει σιγά σιγά η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα όπου διαρκεί μέχρι και 8 μ.μ. αργά το απόγευμα. Η διαφορά στην παραγωγή είναι ακόμα μεγαλύτερη από το σενάριο της άνοιξης καθώς έχει προστεθεί ακόμα μία ώρα νωρίτερα το πρωί και μία ώρα αργότερα το απόγευμα. Από τις 6 π.μ. το πρωί μέχρι και τις 3 μ.μ. το μεσημέρι ότι ηλεκτρική ενέργεια περισσεύει επιστρέφει πίσω στο δίκτυο. Στις 3 μ.μ. το μεσημέρι που αρχίζει η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος το φορτίο μεγαλώνει απότομα μέχρι και τις 11 μ.μ. όπου και τελειώνει η φόρτιση του οχήματος και πέφτει στα φυσιολογικά. Οι υπόλοιπες ανάγκες του σπιτιού μαζί με την φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος από τις 3 μ.μ. μέχρι τις 8 μ.μ. καλύπτονται συνδυαστικά από το φωτοβολταϊκό σύστημα και από το δίκτυο όπου μετά τις 8 μ.μ. που τελειώνει η παραγωγή, τις ανάγκες του σπιτιού τις καλύπτει αποκλειστικά το δίκτυο.



Εικόνα 3.12 Ενεργειακό προφίλ. Καλοκαίριού, Σενάριο 3<sup>ο</sup> , 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου

Στο επόμενο διάγραμμα στην εικόνα 3.13 παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ του φθινόπωρου και πιο συγκεκριμένα για την 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα φαίνεται να είναι πολύ χαμηλή την συγκεκριμένη μέρα. Πιθανόν να οφείλεται σε συννεφιά καθώς τις υπόλοιπες μέρες του μήνα υπάρχει μεγαλύτερη παραγωγή. Παρόλα αυτά η παραγωγή του συστήματος αρχίζει στις 6 π.μ. μέχρι και 6 μ.μ. το απόγευμα. Τα ξημερώματα μέχρι τις 6 π.μ. ότι ανάγκη υπάρχει καλύπτεται από το δίκτυο μέχρι να αρχίσει η παραγωγή όπου καλύπτει το ηλεκτρικό φορτίο μέχρι τις 3 μ.μ. όπου αρχίζει η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος η οποία καλύπτεται από το δίκτυο μέχρι τις 11 μ.μ. το βράδυ όπου τελειώνει και επιστρέφει στα φυσιολογικά χωρίς την φόρτιση του οχήματος.



Εικόνα 3.13 Ενεργειακό προφίλ. Φθινόπωρον, Σενάριο 3<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη

### 3.5 Σενάριο 4<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών.

Τα αποτελέσματα από την προσομοίωση του σεναρίου αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

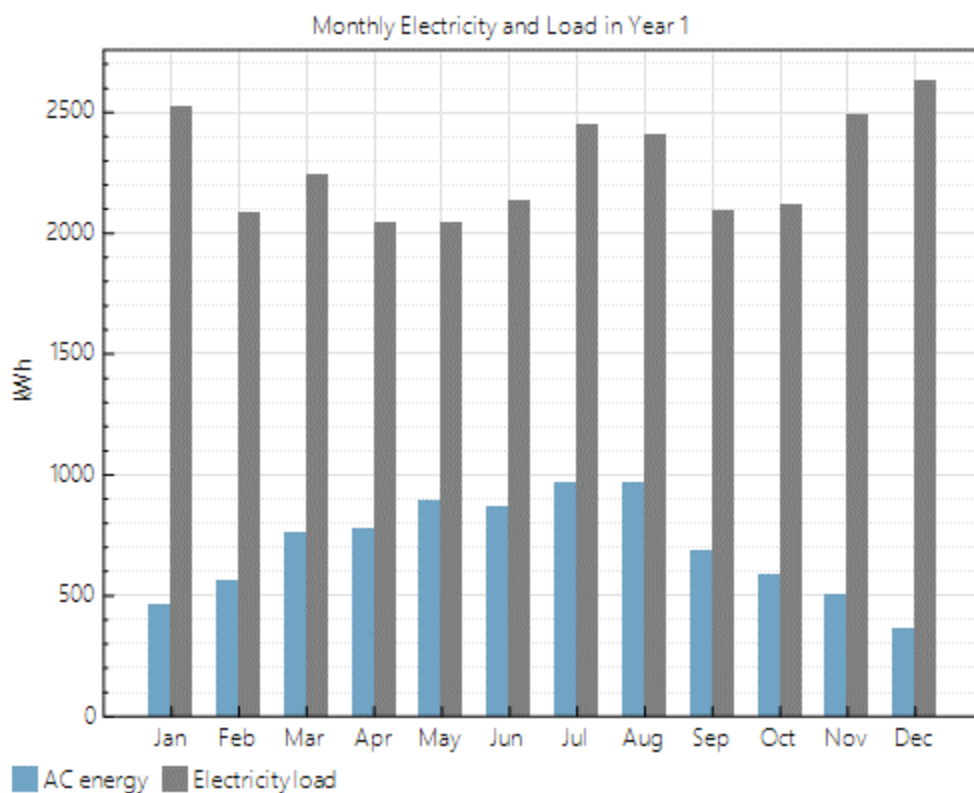
Πίνακας 3.4 Αποτελέσματα για το 4<sup>ο</sup> σενάριο

Metric	Value
Annual energy (year 1)	8,378 kWh
DC capacity factor (year 1)	15.9%
Energy yield (year 1)	1,395 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.80
Levelized COE (nominal)	19.63 ¢/kWh
Levelized COE (real)	9.54 ¢/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$12,598
Electricity bill with system (year 1)	\$9,599
Net savings with system (year 1)	\$2,999
Net present value	\$26,343
Simple payback period	4.5 years
Discounted payback period	7.3 years
Net capital cost	\$20,348
Equity	\$8,139
Debt	\$12,209



Στο 4<sup>ο</sup> σενάριο η ουσιαστική διαφορά που υπάρχει από το 3<sup>ο</sup> σενάριο είναι πως η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος είναι σπαστή από τις 3 μ.μ. μέχρι 6 μ.μ. και από τις 12 τα μεσάνυχτα μέχρι τις 5 π.μ.. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι στα 8.378 kWh. Ο ετήσιος λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς την επίδραση του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι στα 12.598\$, ενώ με την εφαρμογή του συστήματος ο ετήσιος λογαριασμός κατεβαίνει στα 9.599\$. Η εφαρμογή του συστήματος έχει ως αποτέλεσμα 2.999\$ κέρδος κάθε χρόνο στον λογαριασμό ηλεκτρικής ενέργειας. Η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι στα 26.343\$ και η απλή περίοδος αποπληρωμής της εγκατάστασης είναι στα 4.5 χρόνια. Συγκριτικά με το 3<sup>ο</sup> σενάριο που η φόρτιση ήταν συνεχόμενη η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι μεγαλύτερη στο κεφάλαιο αυτό με την σπαστή φόρτιση, αυτό δείχνει πως η σπαστή φόρτιση είναι πιο κερδοφόρα συγκριτικά με την συνεχόμενη.

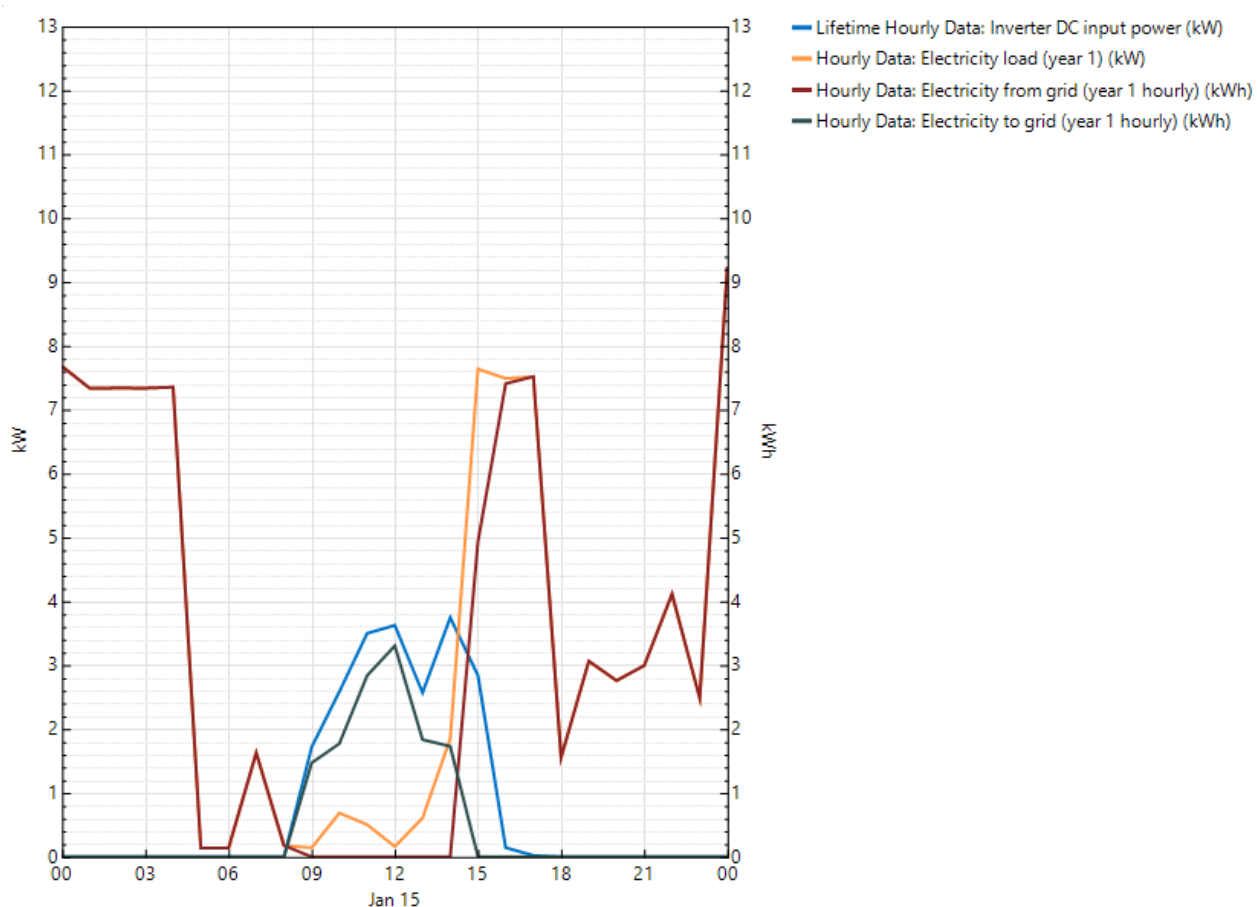
Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.14 παρουσιάζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό και το ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού για το 4<sup>ο</sup> σενάριο.



Εικόνα 3.14 Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικίας, Σενάριο 4<sup>ο</sup>

Στην εικόνα 3.14 παρατηρείται πως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό δεν επαρκεί για να καλύψει όλες τις απαιτήσεις του ηλεκτρικού φορτίου του σπιτιού. Η μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τους καλοκαιρινούς μήνες και πιο συγκεκριμένα τον Ιούλιο και τον Αύγουστο όπου λόγω περισσότερης ηλιοφάνειας ευνοεί την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό. Το μέγιστο φορτίο παρατηρείται πως είναι τον Δεκέμβρη και τον Ιανουάριο.

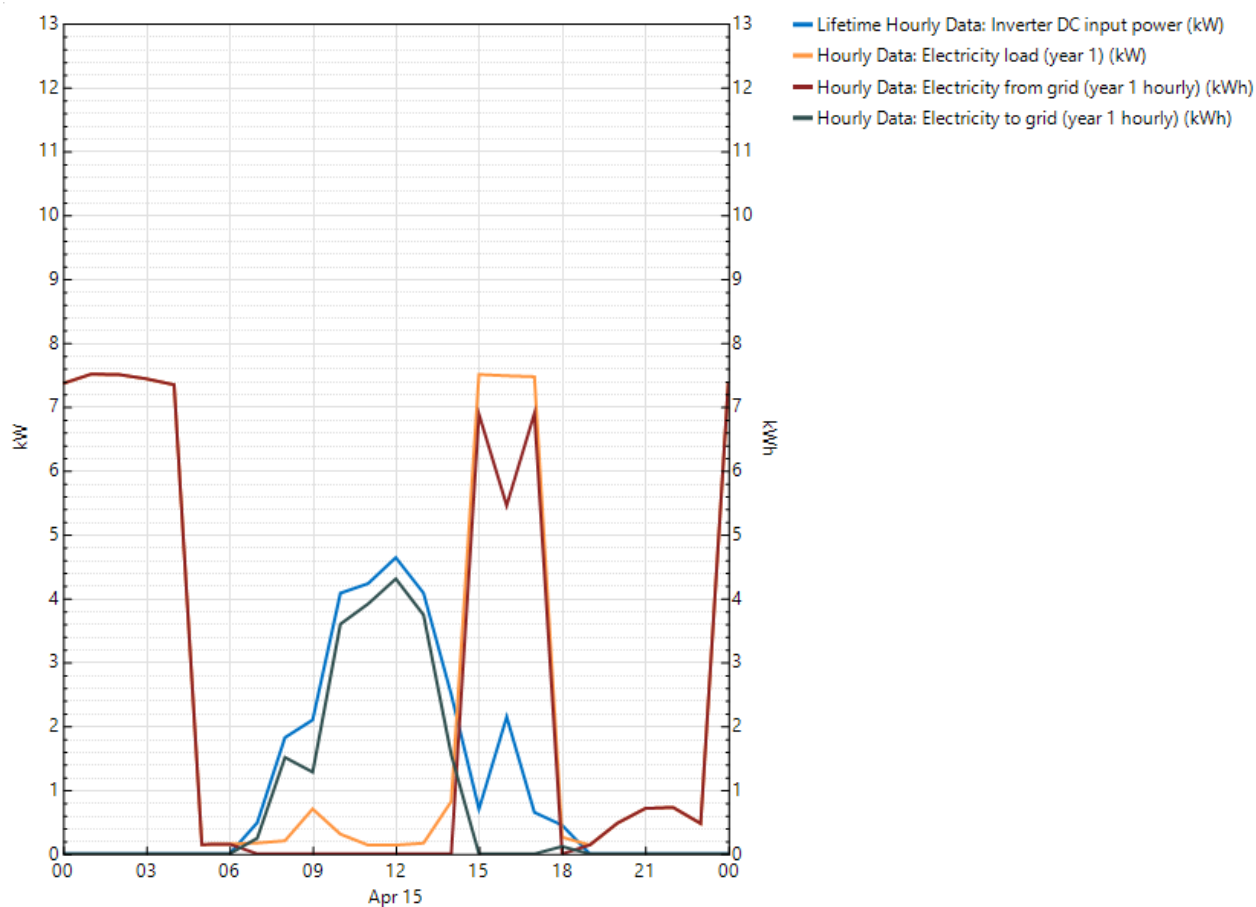
Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ για το 4<sup>ο</sup> σενάριο για τον χειμώνα και πιο συγκεκριμένα για την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου. Αρχικά φαίνεται πως από τις 12 το βράδυ μέχρι τις 5 π.μ. το φορτίο μαζί με την ηλεκτρική ενέργεια που έρχεται από το δίκτυο είναι ανεβασμένα λόγω της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό αρχίζει κατά τις 8 π.μ. και διαρκεί περίπου μέχρι τις 5 μ.μ.. Σε αυτό το χρονικό διάστημα το φωτοβολταϊκό καλύπτει τις ανάγκες του σπιτιού και ότι ενέργεια περισσεύει την δίνει πίσω στο δίκτυο. Στις 3 μ.μ. όπου αρχίζει πάλι η δεύτερη περίοδος της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος το φορτίο ανεβαίνει και καλύπτεται συνδυαστικά από το σύστημα και από το δίκτυο μέχρι να σταματήσει η παραγωγή του συστήματος στις 4 μ.μ. και έπειτα είναι καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο.



Εικόνα 3.15 Ενεργειακό προφίλ Χειμώνα, Σενάριο 4<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου

Η επόμενη εποχή που εξετάζεται το σενάριο είναι την άνοιξη και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.16 παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ για την 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη για το σενάριο 4. Αρχικά φαίνεται πως από τις 12 τα μεσάνυχτα μέχρι και τις 5 π.μ. το φορτίο είναι ανεβασμένο και καλύπτεται από το δίκτυο λόγω της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα φαίνεται να αρχίζει στις 6 π.μ. και να σταματάει στις 7 μ.μ.. Παρατηρείται πως συγκριτικά με την

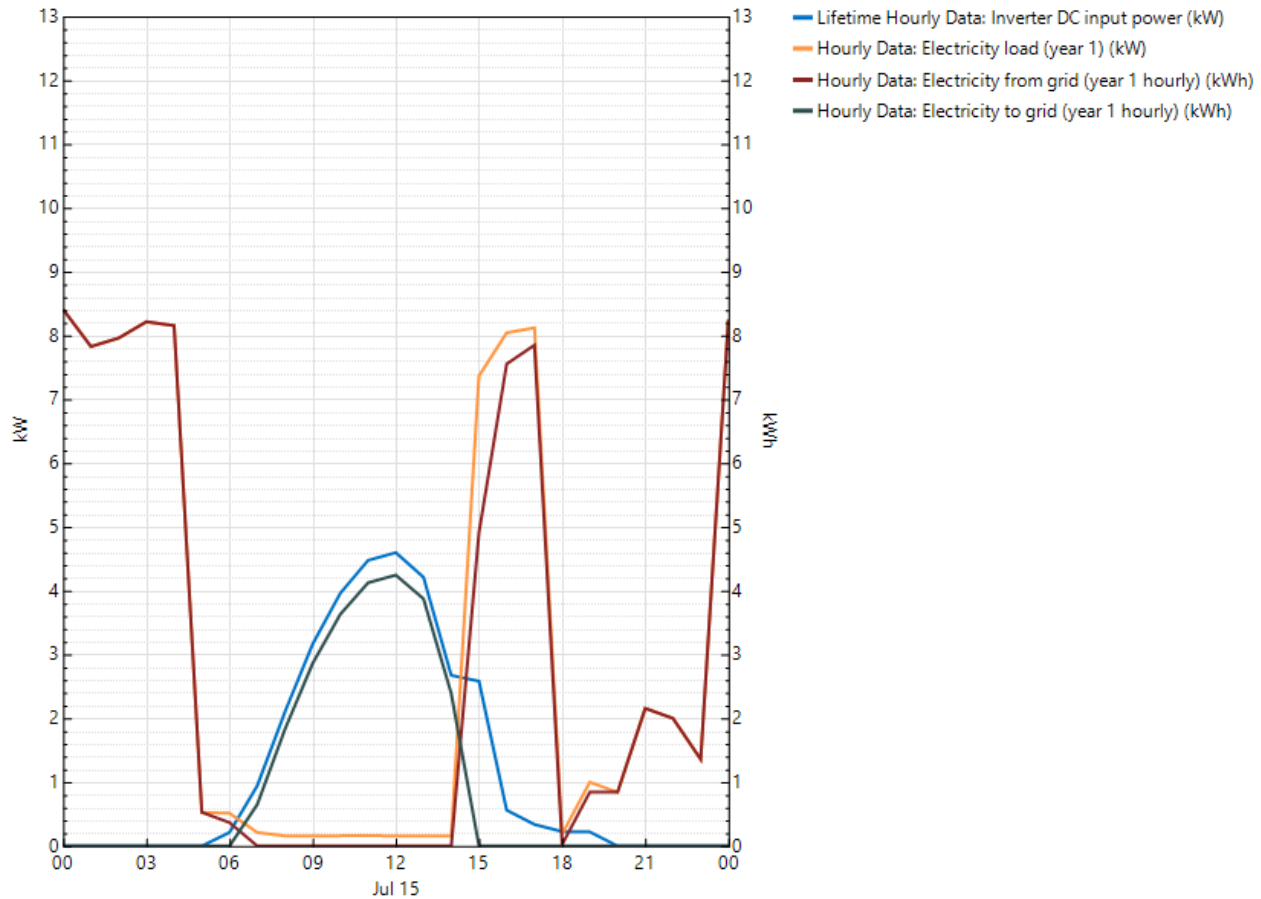
προηγούμενη περίπτωση του χειμώνα η παραγωγή έχει αυξηθεί κατά μία ώρα το πρωί και κατά μία ώρα το απόγευμα λόγω αυξημένης ηλιοφάνειας συγκριτικά με τον χειμώνα. Από τις 6 π.μ. μέχρι τις 3 μ.μ. το φορτίο καλύπτεται πλήρως από το σύστημα και ότι ηλεκτρική ενέργειας περισσεύει επιστρέφει πίσω στο δίκτυο. Από τις 3 μ.μ. μέχρι τις 6 μ.μ. όπου είναι η υπόλοιπη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος το φορτίο είναι ανεβασμένο και καλύπτεται συνδυαστικά από το σύστημα και από το δίκτυο με το μεγαλύτερο ποσοστό να καλύπτεται από το δίκτυο.



Εικόνα 3.16 Ενεργειακό προφίλ Άνοιξης, Σενάριο 4<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Απριλίου

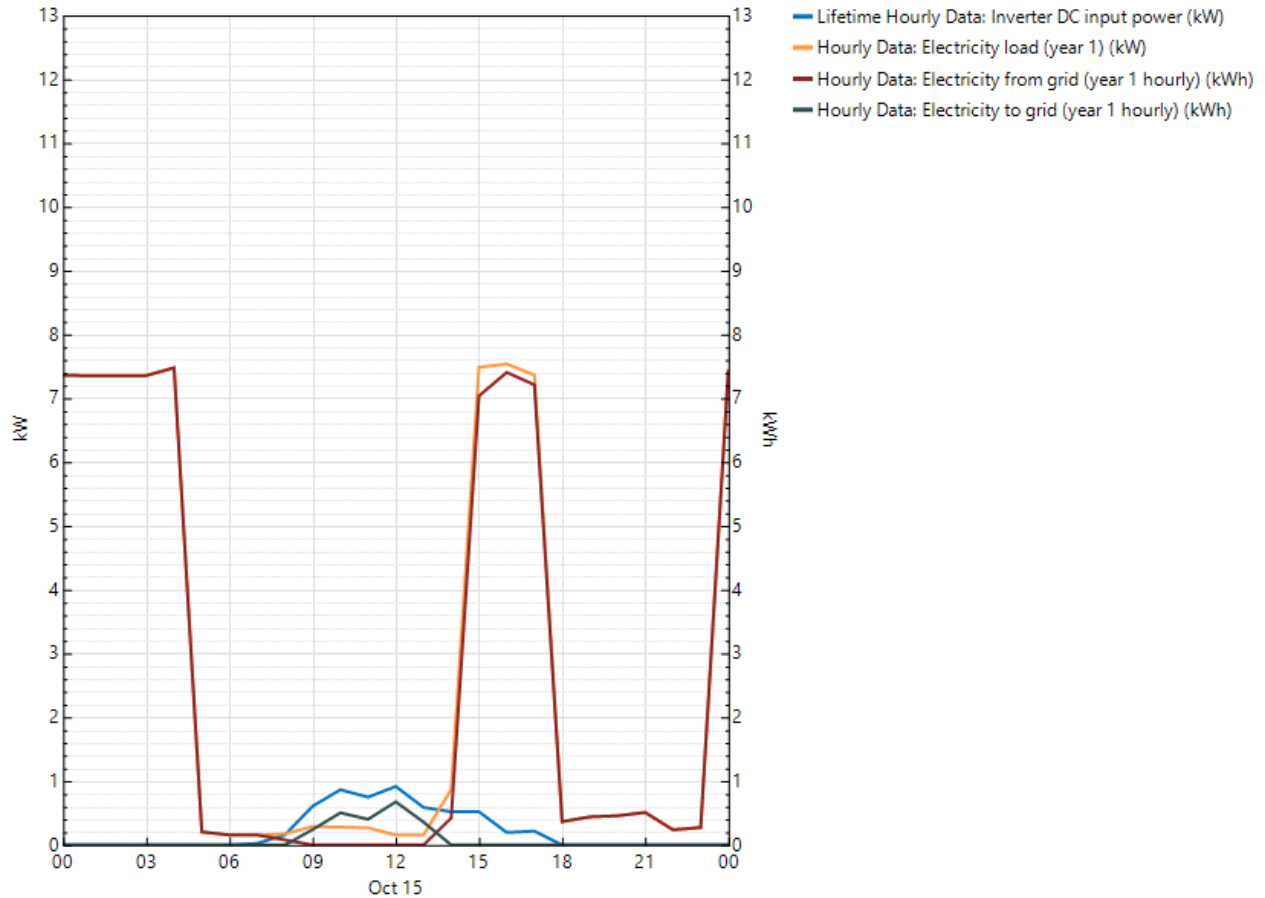
Η επόμενη περίπτωση είναι το καλοκαίρι και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.17 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Ιουλίου. Αρχικά φαίνεται πως από τις 12 τα μεσάνυχτα το φορτίο είναι ανεβασμένο, όπου αυτό οφείλεται στην φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος η οποία σταματάει στις 5 π.μ. και έτσι ελαττώνεται και το φορτίο του σπιτιού. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας του φωτοβολταϊκού συστήματος αρχίζει πιο νωρίς από κάθε άλλη εποχή και αυτό οφείλεται στα πολύ υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας όπου επικρατούν τα καλοκαίρια στην Ελλάδα. Κατά τις 5 π.μ. αρχίζει σιγά σιγά η παραγωγή όπου και κορυφώνεται στις 12 το μεσημέρι και κρατάει μέχρι τις 8 αργά το απόγευμα. Από τις 6 π.μ. μέχρι τις 3 μ.μ. το φορτίο του σπιτιού καλύπτεται αποκλειστικά από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Μετά τις 3 μ.μ. όπου αρχίζει η επόμενη περίοδος της φόρτισης

του ηλεκτρικού οχήματος, το φορτίο ανεβαίνει και καλύπτεται συνδυαστικά με το σύστημα και το δίκτυο αλλά το μεγαλύτερο ποσοστό του φορτίου καλύπτεται από το δίκτυο. Από τις 8 μ.μ. όπου σταματάει τελείως η παραγωγή του συστήματος το απαιτούμενο φορτίο καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο.



Εικόνα 3.17 Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 4<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου

Η επόμενη και τελευταία περίπτωση για το σενάριο 4 είναι για την εποχή του φθινοπώρου και πιο συγκεκριμένα για την 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.18 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ για την 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη. Αρχικά από τις 12 τα μεσάνυχτα μέχρι και τις 5 π.μ. το φορτίο είναι ανεβασμένο λόγω της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος η οποία καλύπτεται πλήρως από το δίκτυο. Έπειτα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα αρχίζει λίγο μετά τις 7 π.μ. και διαρκεί μέχρι και 6 μ.μ. το απόγευμα. Γενικά η παραγωγή την συγκεκριμένη μέρα είναι χαμηλή και αυτό οφείλεται σε πιθανόν συννεφιασμένη μέρα. Μέχρι τις 3 μ.μ. ότι ηλεκτρική ενέργεια περισσεύει επιστρέφει πίσω στο δίκτυο. Έπειτα από τις 3 μ.μ. όπου ξεκινάει η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος για ακόμη 3 ώρες μέχρι τις 6 μ.μ. το φορτίο καλύπτεται συνδυαστικά με το σύστημα και το δίκτυο. Το μεγαλύτερο ποσοστό στην φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος καλύπτεται από το δίκτυο, όπου μετά τις 6 μ.μ. που τελειώνει τελείως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ότι ανάγκη για ηλεκτρικό φορτίο προκύψει καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο.



Εικόνα 3.18 Ενεργειακό προφίλ. Φθινοπώρου, Σενάριο 4<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη

### 3.5 Σενάριο 5<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη συνεχόμενης φόρτισης του Η.Ο. με την χρήση μπαταριών.

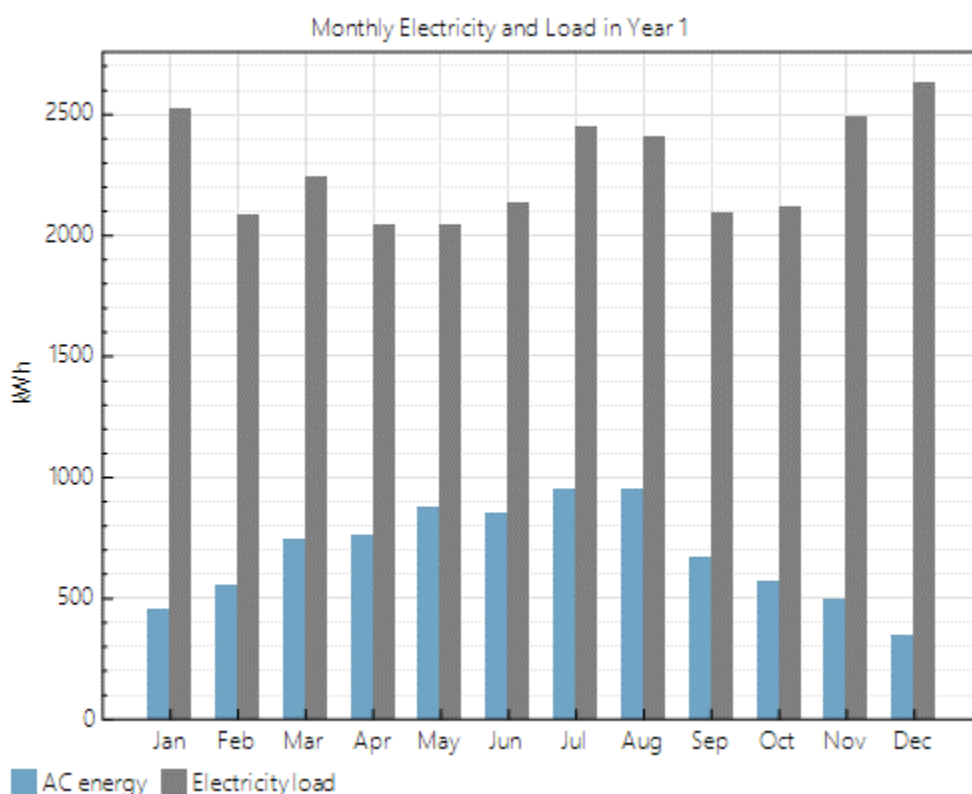
Τα αποτελέσματα από την προσομοίωση του 5<sup>ου</sup> σεναρίου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.5 Αποτελέσματα για το 5<sup>ο</sup> σενάριο

Metric	Value
Annual energy (year 1)	8,207 kWh
DC capacity factor (year 1)	15.6%
Energy yield (year 1)	1,367 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.78
Battery roundtrip efficiency	89.04%
Battery charge energy from system	100.0%
Levelized COE (nominal)	28.56 €/kWh
Levelized COE (real)	13.88 €/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$12,724
Electricity bill with system (year 1)	\$9,819
Net savings with system (year 1)	\$2,906
Net present value	\$20,788
Simple payback period	5.6 years
Discounted payback period	10.4 years
Net capital cost	\$25,365
Equity	\$10,146
Debt	\$15,219

Στο 5<sup>ο</sup> σενάριο η φόρτιση του αυτοκινήτου είναι συνεχόμενη όπως ακριβώς και στο σενάριο 3 με την διαφορά ότι στο τωρινό σενάριο χρησιμοποιείται μπαταρία για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι 8.207 kWh. Ο ετήσιος λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς την εφαρμογή του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι στα 12.724\$. Αφού εφαρμοστεί το φωτοβολταϊκό σύστημα ο ετήσιος λογαριασμός φτάνει τα 9.819\$, όπου σημαίνει κέρδος για το νοικοκυριό 2.906\$ το χρόνο. Η Καθαρή Παρούσα Αξία υπολογίζεται στα 20.788\$ και η απλή περίοδος αποπληρωμής για το σύστημα υπολογίζεται στα 5.6 χρόνια. Παρατηρείται πως το σενάριο 3 είναι πιο κερδοφόρο καθώς η ΚΠΑ του είναι στα 25.932\$ έναντι του σεναρίου 5 που είναι 20.788\$.

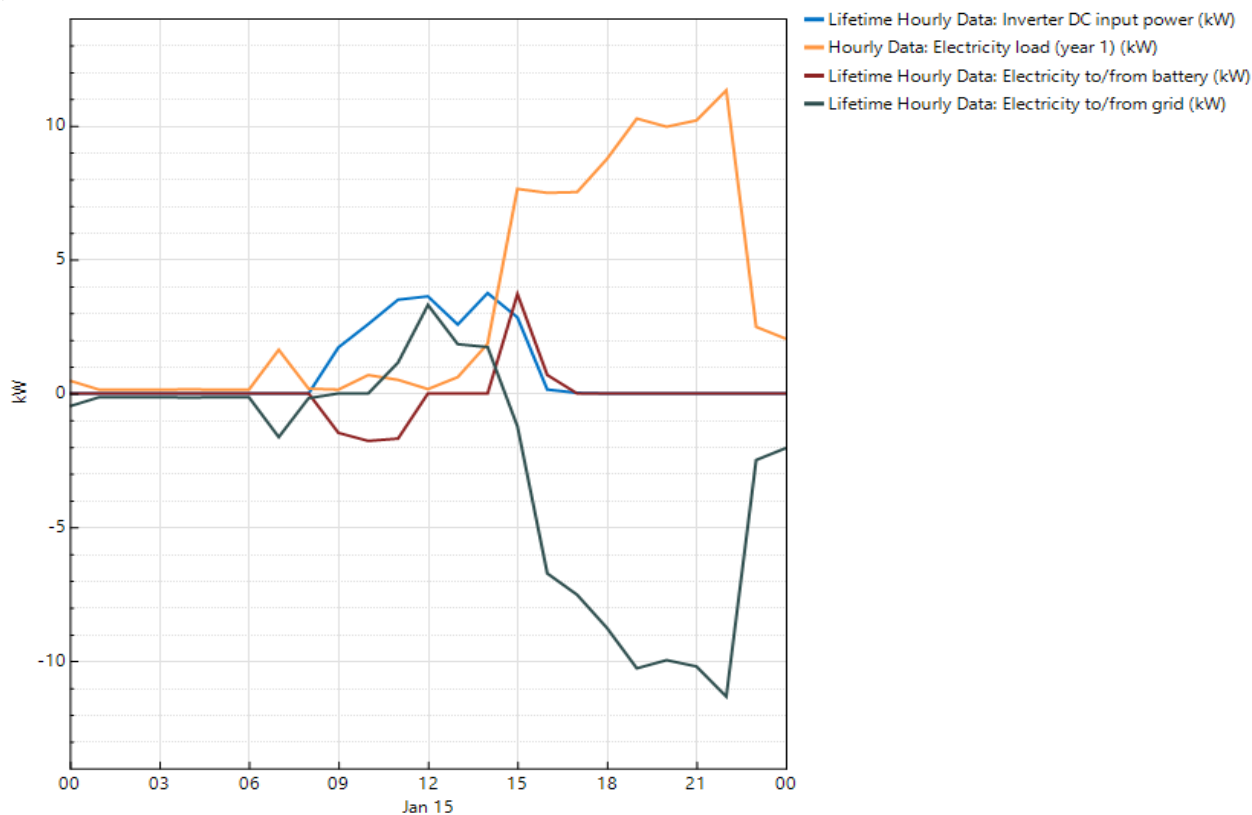
Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.19 φαίνονται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό και το ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού για κάθε μήνα μέσα σε ένα χρόνο.



Εικόνα 3.19 Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 5<sup>ο</sup>

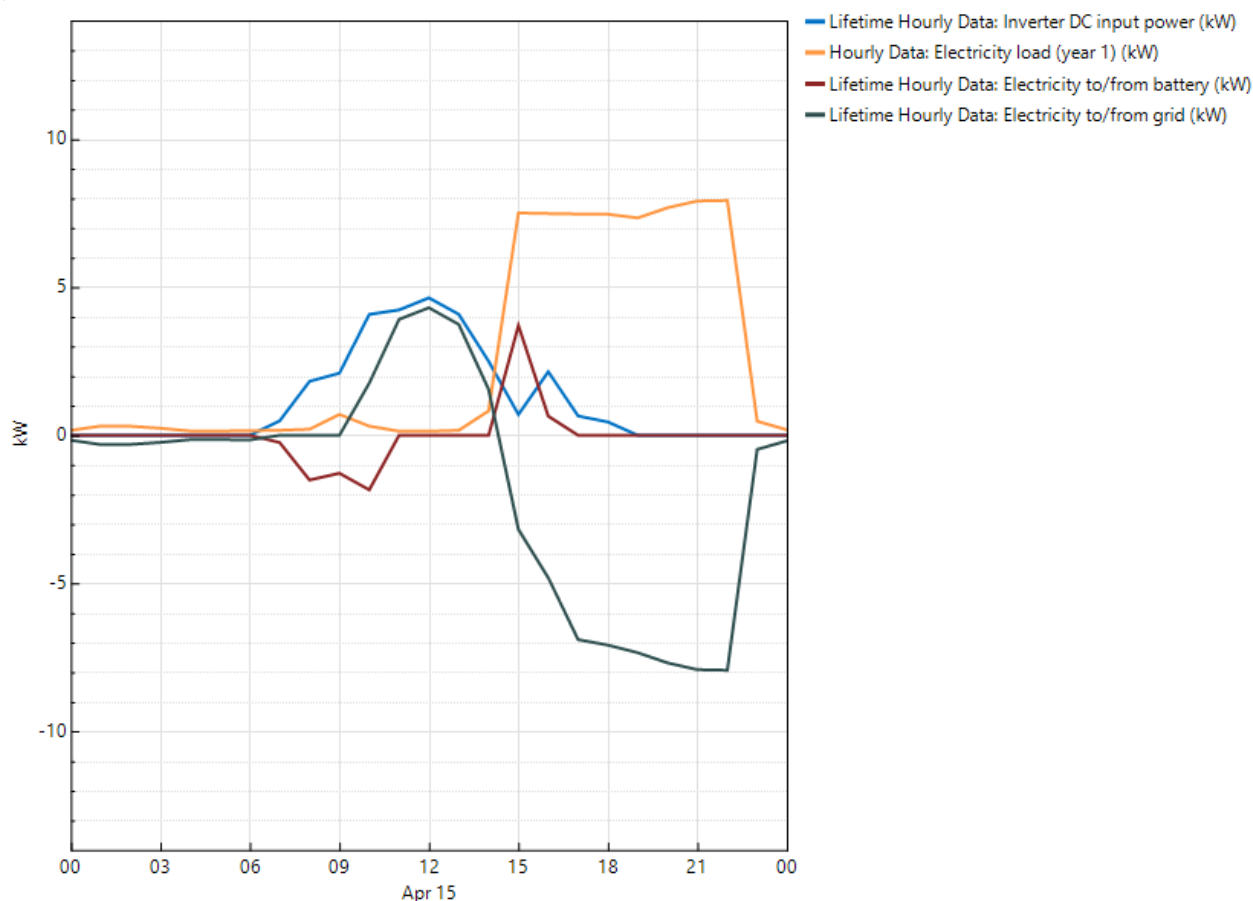
Στην εικόνα 3.19 όπως και στα προηγούμενα σενάρια όπου έχει χρησιμοποιηθεί το φορτίο όπου περιλαμβάνει την φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό δεν είναι αρκετή ώστε να καλύψει τις ανάγκες του σπιτιού στο ηλεκτρικό φορτίο. Το μέγιστο ηλεκτρικό φορτίο παρατηρείται τον Δεκέμβρη και τον Ιανουάριο και η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται πως είναι το καλοκαίρι λόγω εντονότερης ηλιοφάνειας και πιο συγκεκριμένα τους μήνες του Αυγούστου και του Ιουλίου.

Η πρώτη περίπτωση στο 5<sup>ο</sup> σενάριο αφορά το ενεργειακό προφίλ για την εποχή του Χειμώνα και πιο συγκεκριμένα για την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.20 φαίνονται τα δεδομένα ολόκληρης της μέρας από τα μεσάνυχτα της 15<sup>ης</sup> μέρας του Ιανουαρίου και για 24 ώρες. Επίσης στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.20 πρέπει να σημειωθεί πως όσον αφορά την κόκκινη γραμμή η αρνητική τιμή της σημαίνει πως η μπαταρία φορτίζεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα και η θετική τιμή πως εκφορτίζεται και χρησιμοποιείται για να καλύψει κάποιο ποσοστό από το ηλεκτρικό φορτίο. Έτσι και αντίστοιχα η αρνητική τιμή της πράσινης γραμμής σημαίνει πως παίρνουμε ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο ενώ η θετική τιμή είναι η περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια που εγχέεται στο δίκτυο από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Ξεκινώντας από τις πρώτες ώρες μετά τα μεσάνυχτα παρατηρείται πως το ηλεκτρικό φορτίο καλύπτεται πλήρως και αποκλειστικά από το δίκτυο. Στις 6 π.μ. φαίνεται μία πιο έντονη αύξηση του φορτίου η οποία καλύπτεται και αυτή μόνο από το φορτίο. Στις 8 π.μ. αρχίζει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Μαζί με την παραγωγή αρχίζει και η φόρτιση της μπαταρίας η οποία διαρκεί μέχρι τις 12 το μεσημέρι όπου έχει φορτιστεί πλήρως. Αφού έχει εξασφαλισθεί η φόρτιση της μπαταρίας και καλύπτεται και το ηλεκτρικό φορτίο η ηλεκτρική ενέργεια που περισσεύει εγχέεται στο δίκτυο ( θετική πράσινη γραμμή). Στις 3 μ.μ. όπου αρχίζει η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος το φορτίο αυξάνεται και εξασφαλίζεται συνδυαστικά από το φωτοβολταϊκό, από την μπαταρία μέχρι να εκφορτιστεί πλήρως και από το δίκτυο. Η παραγωγή του φωτοβολταϊκού διαρκεί περίπου μέχρι τις 4 μ.μ.. σχεδόν όσο και η εκφόρτιση της μπαταρίας. Μετά από τις 5 μ.μ. μέχρι και τις 11 μ.μ. όπου διαρκεί και η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος, το φορτίο καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο.



Εικόνα 3.20 Ενεργειακό προφίλ χειμώνα, Σενάριο 5<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου

Η επόμενη περίπτωση που εξετάστηκε είναι στην εποχή της Άνοιξης και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.21 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Απρίλη. Αρχίζοντας από τις πρώτες ώρες μετά τα μεσάνυχτα το ελάχιστο φορτίο που υπάρχει καλύπτεται μόνο από το δίκτυο. Στις 6 π.μ. αρχίζει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα μαζί με την φόρτιση της μπαταρίας. Μέχρι τις 3 μ.μ. ότι περισσεύει από ηλεκτρική ενέργεια καταλήγει πίσω στο δίκτυο. Μετά τις 3 μ.μ. όπου ξεκινάει και η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος, το φορτίο καλύπτεται ελάχιστα από το φωτοβολταϊκό σύστημα, από την μπαταρία και σε μεγαλύτερο ποσοστό από το δίκτυο. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σταματάει περίπου στις 7 μ.μ.. Έπειτα από τις 7 μ.μ. όλη η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος καλύπτεται από το δίκτυο μέχρι τις 11 μ.μ. όπου ολοκληρώνεται η φόρτιση και το ηλεκτρικό φορτίο γυρίζει στα φυσιολογικά του.

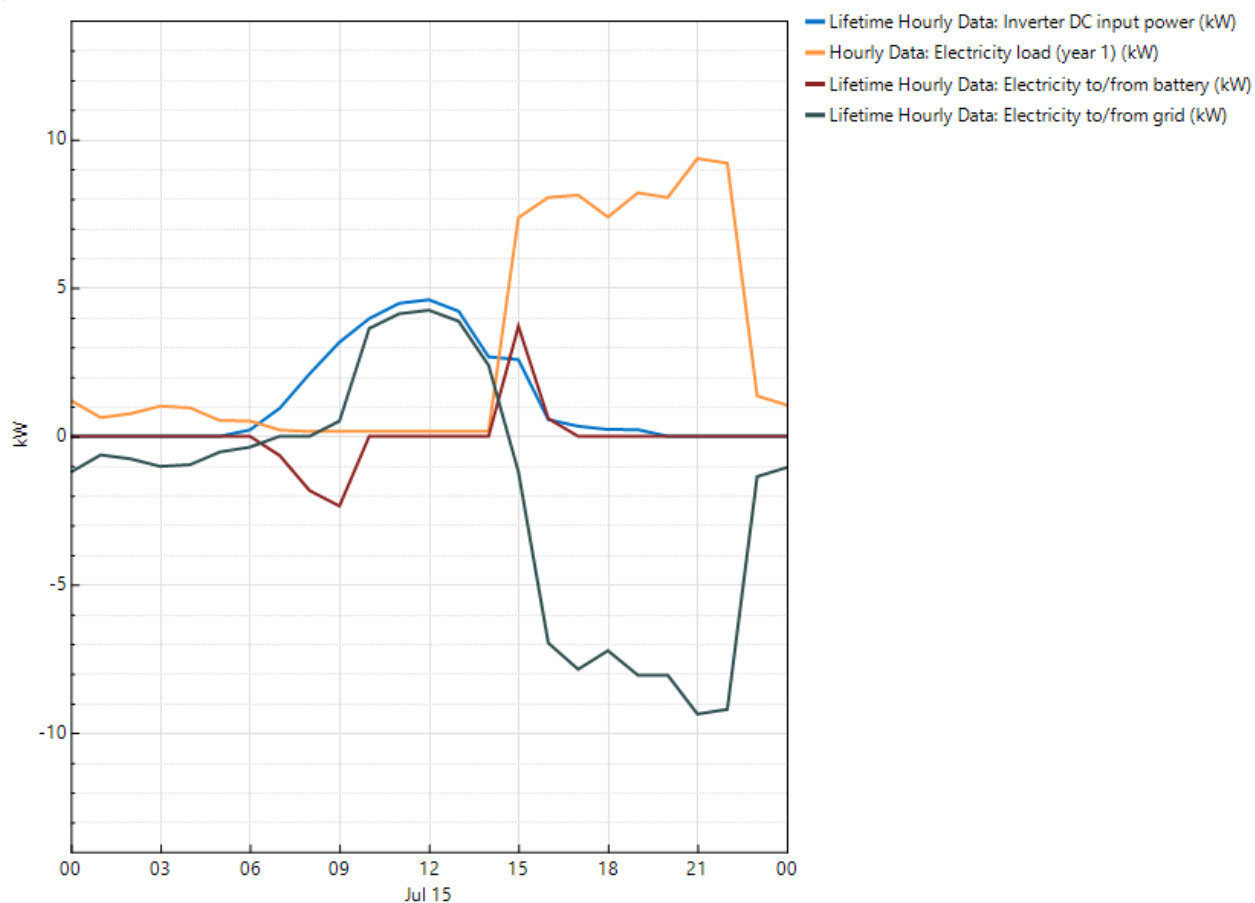


Εικόνα 3.21 Ενεργειακό προφίλ Άνοιξης, Σενάριο 5<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη

Η επόμενη περίπτωση σε αυτό το σενάριο είναι η περίπτωση του καλοκαιριού όπου επιλέχθηκε η ανάλυση του ενεργειακού προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Ιουλίου. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.22 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Ιουλίου. Αρχικά παρατηρείται πως τις πρώτες ώρες μετά τα μεσάνυχτα η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια που έχει το σπίτι εξασφαλίζεται αποκλειστικά από το δίκτυο μέχρι τις 6 π.μ. όπου αρχίζει η παραγωγή από το



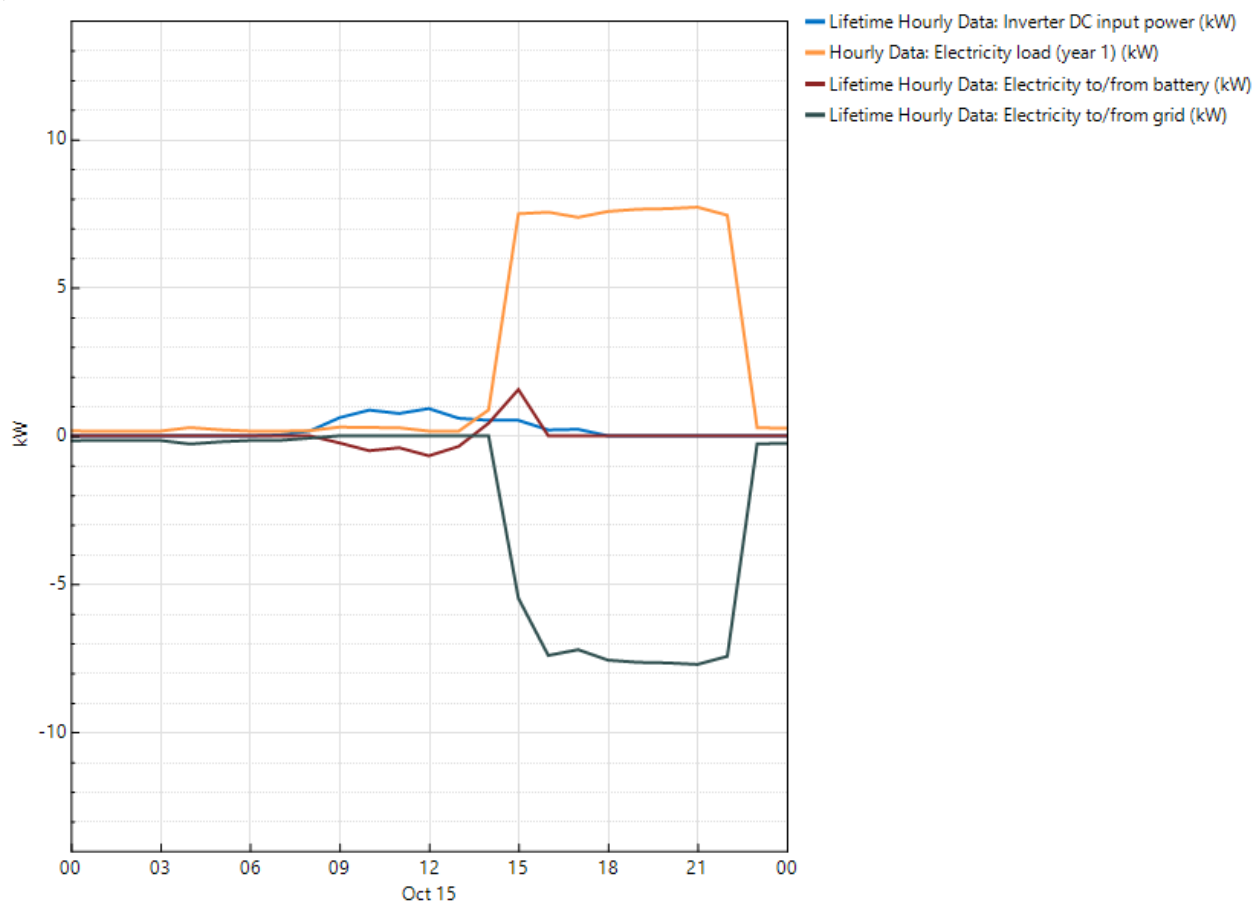
φωτοβολταϊκό σύστημα. Στις 6 π.μ. μαζί με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό αρχίζει και η φόρτιση της μπαταρίας όπου ολοκληρώνεται περίπου στις 10 π.μ.. Έπειτα αφού το φωτοβολταϊκό σύστημα έχει εξασφαλίσει την φόρτιση της μπαταρίας και καλύπτει ταυτόχρονα και το φορτίο του σπιτιού η περίσσεια ενέργεια εγχέεται στο δίκτυο. Στις 3 μ.μ. όπου το φορτίο αρχίζει να ανεβαίνει λόγω της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος το ηλεκτρικό φορτίο το καλύπτουν συνδυαστικά το φωτοβολταϊκό σύστημα η μπαταρία μέχρι να εξαντληθεί και το υπόλοιπο ποσοστό καλύπτεται από το δίκτυο. Κατά τις 8 μ.μ. που σταματάει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα και έχει εκφορτιστεί πλήρως και η μπαταρία την υπόλοιπη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος την καλύπτει αποκλειστικά το δίκτυο μέχρι τις 11 μ.μ. όπου το φορτίο επανέρχεται στα φυσιολογικά του χωρίς την επιβάρυνση της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος.



Εικόνα 3.22 Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 5<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου

Η τελευταία περίπτωση για το 5<sup>ο</sup> σενάριο είναι τα ενεργειακά δεδομένα για το φθινόπωρο και πιο συγκεκριμένα για την 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.23 παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Οκτώβρη. Αρχικά στις πρώτες ώρες μετά τα μεσάνυχτα μέχρι περίπου στις 7 π.μ. το ηλεκτρικό φορτίο εξασφαλίζεται από αποκλειστικά από το δίκτυο. Περίπου στις 7 π.μ. αρχίζει η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Παρόλα αυτά παρατηρείται πολύ χαμηλή παραγωγή συγκριτικά με τις υπόλοιπες περιπτώσεις. Αυτό οφείλεται πιθανόν σε μια συννεφιασμένη μέρα όπου

περιορίζει τον ήλιο και έτσι περιορίζεται η παραγωγή του φωτοβολταϊκού άμεσα. Επειδή η παραγωγή είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα στη συγκεκριμένη μέρα δεν περισσεύει ηλεκτρική ενέργεια καθώς φορτίζεται και η μπαταρία παράλληλα με την κάλυψη του φορτίου και έτσι δεν εγχέεται καθόλου ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο. Κατά τις 3 μ.μ. όπου αρχίζει η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος εξασφαλίζεται συνδυαστικά από το φωτοβολταϊκό σύστημα σε πολύ μικρό βαθμό, από την εκφόρτιση της μπαταρίας και κατά κύριο λόγο από το δίκτυο. Στις 11 μ.μ. όπου το φορτίο επανέρχεται στα φυσιολογικά του δείχνει πως τελείωσε η φόρτιση του φωτοβολταϊκού συστήματος και από κει και πέρα ότι ανάγκη έχει το σπίτι από ηλεκτρικό φορτίο καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο.



Εικόνα 3.23 Ενεργειακό προφίλ Φθινοπώρου, Σενάριο 5<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη

### 3.6 Σενάριο 6<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. με την χρήση μπαταριών.

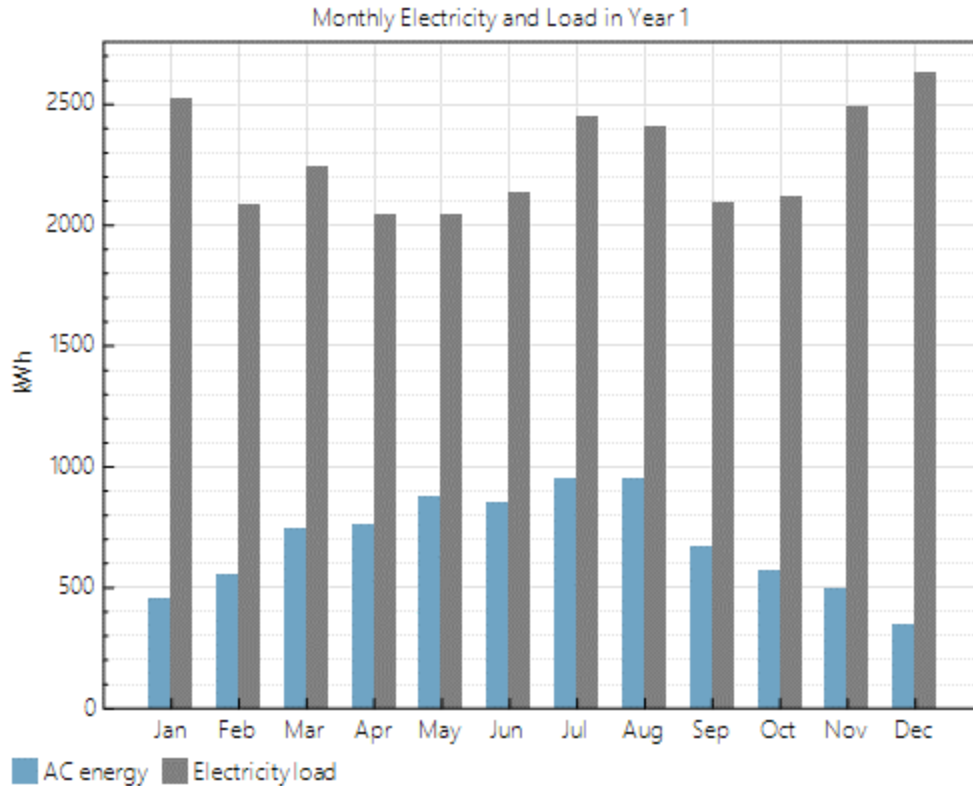
Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 6<sup>ου</sup> σεναρίου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.6 Αποτελέσματα για το 6<sup>ο</sup> σενάριο

Metric	Value
Annual energy (year 1)	8,203 kWh
DC capacity factor (year 1)	15.6%
Energy yield (year 1)	1,366 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.78
Battery roundtrip efficiency	89.11%
Battery charge energy from system	100.0%
Levelized COE (nominal)	28.48 ¢/kWh
Levelized COE (real)	13.84 ¢/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$12,598
Electricity bill with system (year 1)	\$9,654
Net savings with system (year 1)	\$2,944
Net present value	\$21,163
Simple payback period	5.6 years
Discounted payback period	10.2 years
Net capital cost	\$25,365
Equity	\$10,146
Debt	\$15,219

Στο 6<sup>ο</sup> σενάριο εφαρμόζεται το φορτίο με την σπαστή φόρτιση όπως ακριβώς ήταν στο 4<sup>ο</sup> σενάριο με την μόνη διαφορά ότι σε αυτό το σενάριο χρησιμοποιείται μπαταρία για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό ανέρχεται στις 8.203 kWh. Ο ετήσιος λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας για το νοικοκυριό χωρίς την εφαρμογή του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι στα 12.598\$. Αφού εφαρμοστεί το φωτοβολταϊκό σύστημα ο ετήσιος λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται στα 9.654\$, αυτό σημαίνει μείωση του ετήσιου λογαριασμού ηλεκτρικής ενέργειας κατά 2.944\$. Η καθαρή παρούσα αξία του συστήματος υπολογίζεται στα 21.163\$ πράγμα που καθιστά την επένδυση κερδοφόρα αλλά συγκριτικά με το σενάριο 4 όπου η μόνη διαφορά τους είναι η χρήση μπαταριών είναι λιγότερο κερδοφόρο καθώς η καθαρή παρούσα αξία στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο είναι 26.343\$. Η απλή περίοδος αποπληρωμής της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης υπολογίζεται στα 5.6 χρόνια.

Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.24 φαίνονται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και το ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού για κάθε μήνα σε περίοδο ενός χρόνου.

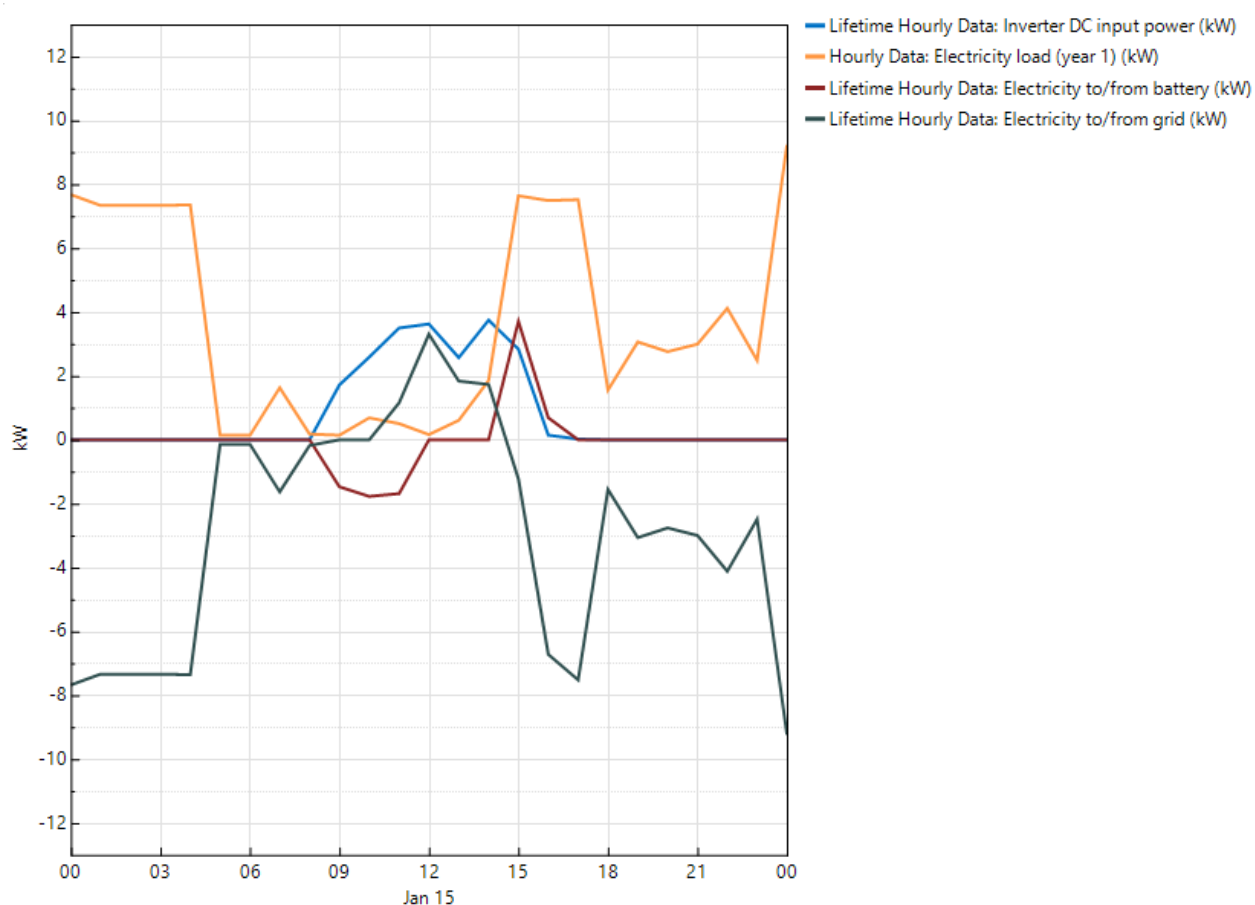


Εικόνα 3.24 Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 6°

Στο παραπάνω διάγραμμα στην εικόνα 3.24 φαίνεται πως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν είναι αρκετή ώστε να καλύψει ολόκληρο το φορτίο, καθώς με την πρόσθεση της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος το φορτίο έχει αυξηθεί κατά πολύ. Η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της αυξημένης ηλιοφάνειας και πιο συγκεκριμένα τους μήνες του Αυγούστου και του Ιουλίου. Το ηλεκτρικό φορτίο της οικείας είναι αυξημένο όλους τους μήνες του χρόνου καθώς η φόρτιση του οχήματος είναι καθημερινή όλο τον χρόνο. Οι μέγιστες τιμές του φορτίου είναι τον Δεκέμβρη και τον Ιανουάριο.

Η πρώτη περίπτωση είναι το ενεργειακό προφίλ για την εποχή του χειμώνα και πιο συγκεκριμένα τα ενεργειακά δεδομένα για την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου. Ξεκινώντας από τις πρώτες ώρες του διαγράμματος της εικόνας 3.25 μετά τα μεσάνυχτα φαίνεται πως το φορτίο είναι ανεβασμένο καθώς από τις 12 το βράδυ έχει ξεκινήσει η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος η οποία καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Η φόρτιση του οχήματος ολοκληρώνεται στις 5 τα ξημερώματα όπου και το φορτίο επανέρχεται στα φυσιολογικά του. Να σημειωθεί πως όπως και στα προηγούμενα σενάρια η αρνητική τιμή της πράσινης τιμής δείχνει πως το δίκτυο δίνει ηλεκτρική ενέργεια και όταν είναι θετική η τιμή της πράσινης γραμμής ηλεκτρική ενέργεια εγχέεται στο δίκτυο. Αντίστοιχα η αρνητική κόκκινη γραμμή αντικατοπτρίζει την φόρτιση της μπαταρίας και η θετική τιμή την εκφόρτιση της μπαταρίας. Στις 6 το πρωί φαίνεται πως το φορτίο ανεβαίνει λίγο απότομα και συνεχίζει να καλύπτεται από το δίκτυο. Κατά τις 8 το πρωί αρχίζει η παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας από το φωτοβολταϊκό. Επίσης μαζί με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αρχίζει και η φόρτιση της μπαταρίας από το σύστημα. Το φωτοβολταϊκό

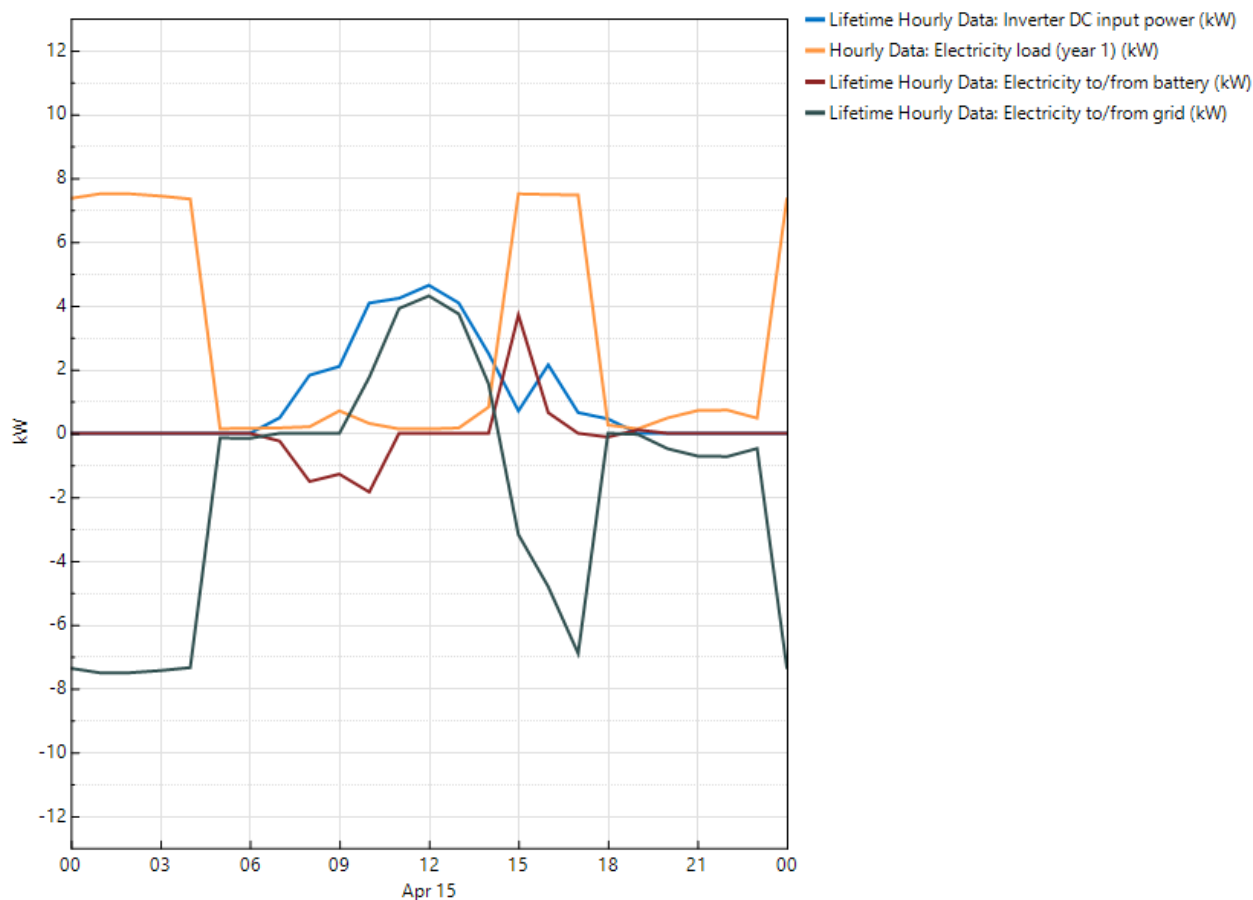
καλύπτει πλήρως το φορτίο και την φόρτιση της μπαταρίας και ότι ηλεκτρική ενέργεια περισσεύει εγχέεται στο δίκτυο και αυτό φαίνεται από την θετική τιμή της πράσινης γραμμής. Λίγο πριν τις 3 το μεσημέρι όπου και αρχίζει και επόμενη φάση της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος, το φορτίο αυξάνεται και καλύπτεται συνδυαστικά από την μπαταρία (θετική κόκκινη γραμμή) και από το δίκτυο και από το φωτοβολταϊκό σύστημα μέχρι περίπου στις 5 το απόγευμα όπου σταματάει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Λόγω ότι είναι χειμώνας και η μέρα είναι μικρότερη η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας διαρκεί λιγότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες εποχές. Έπειτα από τις 5 το απόγευμα το φορτίο καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Κατά τις 12 το βράδυ το φορτίο αυξάνεται καθώς εφαρμόζεται η επόμενη φάση της φόρτισης του οχήματος όπου την καλύπτει αποκλειστικά το δίκτυο.



Εικόνα 3.25 Ενεργειακό προφίλ Χειμώνα, Σενάριο 6°, 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου

Η επόμενη εποχή που εξετάζεται είναι η εποχή της άνοιξης και πιο συγκεκριμένα η 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.26 παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Απρίλη. Αρχικά φαίνεται πως το φορτίο από τις 12 τα μεσάνυχτα είναι ανεβασμένο καθώς έχει αρχίσει η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος η οποία μαζί με το υπόλοιπο φορτίο που υπάρχει καλύπτεται από το δίκτυο (αρνητική πράσινη γραμμή). Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα αρχίζει στις 6 το πρωί, 2 ώρες

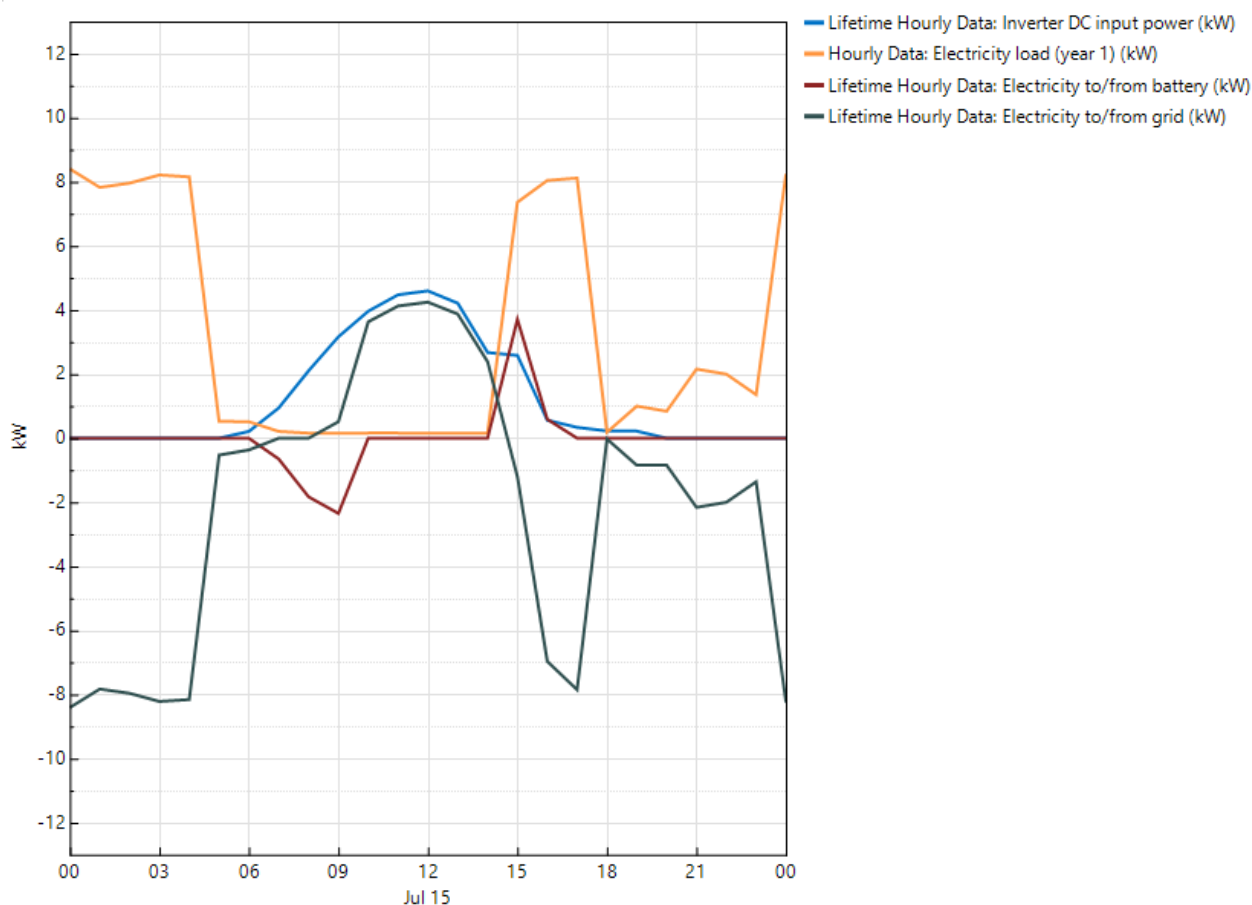
νωρίτερα συγκριτικά με την προηγούμενη περίπτωση του χειμώνα. Η μέγιστη τιμή της παραγωγής είναι στις 12 το μεσημέρι όπου και είναι η μέγιστη ηλιοφάνεια της μέρας. Μαζί με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις 6 το πρωί αρχίζει και η φόρτιση της μπαταρίας όπου διαρκεί μέχρι περίπου τις 11 το πρωί. Από τις 6 το πρωί μέχρι και τις 9 επειδή η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτει το φορτίο της οικείας και την φόρτιση της μπαταρίας δεν υπάρχει περίσσεια ενέργεια να δώσει πίσω στο δίκτυο (μηδενική τιμή πράσινης γραμμής). Από τις 9 το πρωί και μετά η παραγωγή του φωτοβολταϊκού αυξάνεται και έτσι η περίσσεια ενέργεια εγχέεται στο δίκτυο (θετική τιμή πράσινης γραμμής). Στις 3 το μεσημέρι όπου αρχίζει η φάση της φόρτισης του οχήματος το φορτίο αυξάνεται μέχρι τις 6 το απόγευμα όπου τελειώνει η φόρτιση και το φορτίο επιστρέφει στα κανονικά του επίπεδα. Τα αυξημένα επίπεδα του φορτίου καλύπτονται από δίκτυο (αρνητική πράσινη τιμή) από το φωτοβολταϊκό (μπλε γραμμή) και από την μπαταρία (θετική κόκκινη τιμή). Η παραγωγή του φωτοβολταϊκού διαρκεί μέχρι τις 7 το απόγευμα, έπειτα ότι φορτίο χρειάζεται καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το φορτίο κατά τις 12 το βράδυ αυξάνεται καθώς αρχίζει η επόμενη φάση της φόρτισης του οχήματος (12 το βράδυ μέχρι 5 το πρωί) όπου καλύπτεται από το δίκτυο.



Εικόνα 3.26 Ενεργειακό προφίλ Άνοιξης, Σενάριο 6<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη

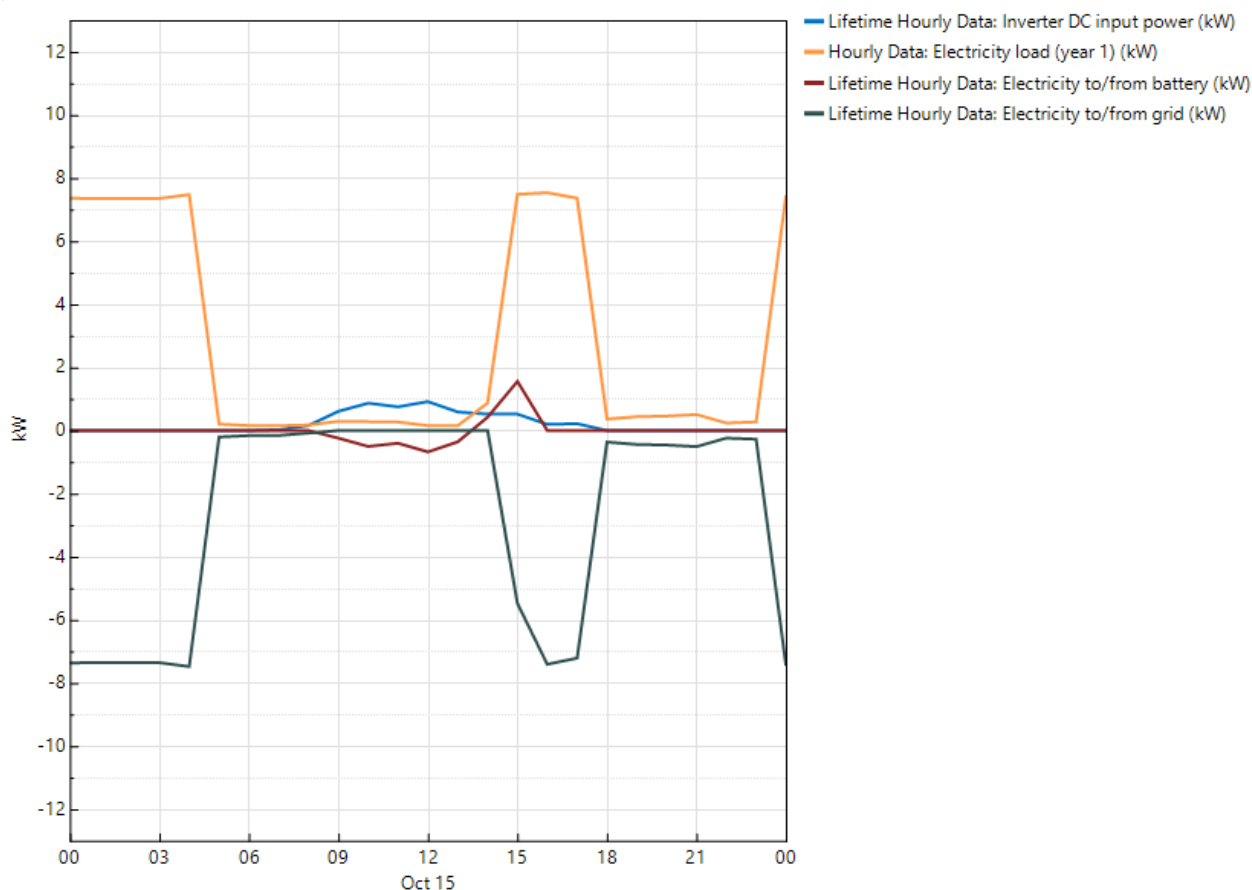
Η επόμενη περίοδος που εξετάζεται είναι η εποχή του καλοκαιριού και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.27 παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρα του Ιουλίου. Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις του σεναρίου τις

πρώτες ώρες μετά τις 12 το βράδυ το φορτίο είναι αυξημένο διότι αντικατοπτρίζει την φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος η οποία μαζί με το υπόλοιπο φορτίο του σπιτιού καλύπτονται αποκλειστικά από το δίκτυο μέχρι να αρχίσει η παραγωγή του φωτοβολταϊκού. Λίγο αργότερα από τις 5 το πρωί αρχίζει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα καθώς είναι καλοκαίρι και η μέρα είναι μεγαλύτερη σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες εποχές. Μαζί με την παραγωγή του συστήματος, κατά τις 6 το πρωί αρχίζει και η φόρτιση της μπαταρίας η οποία διαρκεί μέχρι περίπου τις 10 το πρωί. Κατά τις 9 το πρωί που έχει αυξηθεί αρκετά η παραγωγή του συστήματος υπάρχει περίσσεια ενέργεια η οποία εγχέεται στο δίκτυο (θετική πράσινη γραμμή). Η μέγιστη τιμή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου στις 12 το μεσημέρι (μπλε γραμμή). Λίγο πριν τις 3 το μεσημέρι όπου αρχίζει η πρώτη φάση φόρτισης του οχήματος το φορτίο αρχίζει να αυξάνεται και καλύπτεται από το δίκτυο (αρνητική πράσινη γραμμή), από το φωτοβολταϊκό σύστημα (μπλε γραμμή) και από την μπαταρία (θετική κόκκινη γραμμή). Στις 6 το απόγευμα τελειώνει η πρώτη φάση της φόρτισης του οχήματος και το φορτίο επιστρέφει στις φυσιολογικές του τιμές. Περίπου στις 8 το απόγευμα η παραγωγή του συστήματος σταματάει καθώς δεν υπάρχει πλέον ηλιοφάνεια. Οι υπόλοιπες ανάγκες του νοικοκυριού για φορτίο εξασφαλίζονται από το δίκτυο. Στις 12 το βράδυ φαίνεται το φορτίο να αυξάνεται ξανά καθώς είναι η επόμενη φάση της φόρτισης του οχήματος η οποία καλύπτεται και αυτή από το δίκτυο.



Εικόνα 3.27 Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 6<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου

Η επόμενη και τελευταία περίπτωση για αυτό το σενάριο είναι η εξέταση των ενεργειακών δεδομένων του Φθινοπώρου και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.28 παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Οκτώβρη. Αρχικά τις πρώτες ώρες μετά τις 12 τα μεσάνυχτα φαίνεται πως το φορτίο είναι αυξημένο. Αυτό συμβαίνει διότι στις 12 τα μεσάνυχτα αρχίζει η μία φάση της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος όπου και καλύπτεται μόνο από το δίκτυο. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα σε αυτή την περίπτωση του φθινοπώρου φαίνεται να είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα, όπου πιθανόν οφείλεται σε μία συννεφιασμένη μέρα. Παρόλα αυτά η παραγωγή του συστήματος αρχίζει περίπου στις 8 όπου μαζί της αρχίζει και η φόρτιση της μπαταρίας όπου διαρκεί μέχρι τις 1 το μεσημέρι. Επειδή η παραγωγή του συστήματος είναι σε χαμηλά επίπεδα δεν υπάρχει περίσσεια ενέργεια, οπότε δεν εγχέεται τίποτα στο δίκτυο (μηδενική τιμή πράσινης γραμμής). Στις 3 το μεσημέρι αρχίζει η φάση της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος, η οποία διαρκεί 3 ώρες μέχρι τις 6 το απόγευμα. Το αυξημένο φορτίο καλύπτεται κυρίως από το δίκτυο αλλά και σε μικρό ποσοστό από το φωτοβολταϊκό σύστημα και από την εκφόρτιση της μπαταρίας. Έπειτα κατά τις 6 το απόγευμα που ολοκληρώνεται η φόρτιση του οχήματος, το φορτίο επιστρέφει στις φυσιολογικές του τιμές και καθώς η παραγωγή έχει τελειώσει και αυτή στις 6 το απόγευμα, το υπόλοιπο φορτίο καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Στις 12 το βράδυ το φορτίο αυξάνεται ξανά καθώς αρχίζει η επόμενη φάση της φόρτισης του οχήματος η οποία διαρκεί 5 ώρες και καλύπτεται μόνο από το δίκτυο.



Εικόνα 3.28 Ενεργειακό προφίλ Φθινοπώρου, Σενάριο 6<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη



### 3.7 Σενάριο 7<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. χωρίς την χρήση μπαταριών (με εναλλαγή κιλοβατώρας)

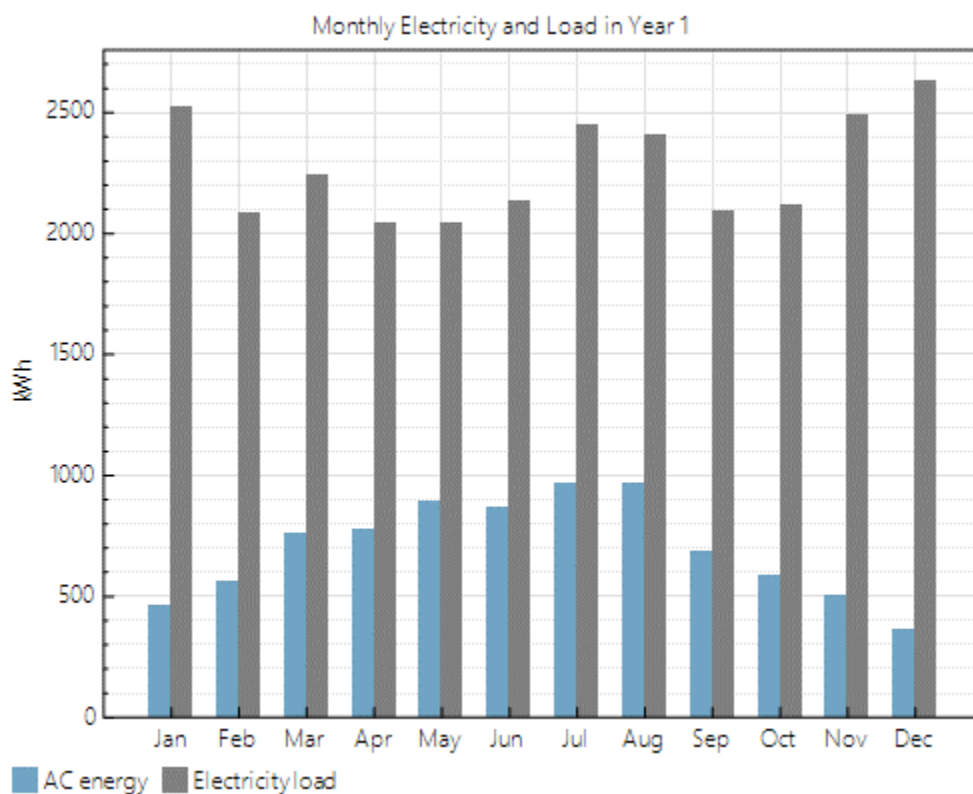
Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 7<sup>ου</sup> σεναρίου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.7 Αποτελέσματα για το 7<sup>ο</sup> σενάριο

Metric	Value
Annual energy (year 1)	8,378 kWh
DC capacity factor (year 1)	15.9%
Energy yield (year 1)	1,395 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.80
Levelized COE (nominal)	19.63 ¢/kWh
Levelized COE (real)	9.54 ¢/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$13,481
Electricity bill with system (year 1)	\$10,306
Net savings with system (year 1)	\$3,175
Net present value	\$28,512
Simple payback period	4.3 years
Discounted payback period	6.8 years
Net capital cost	\$20,348
Equity	\$8,139
Debt	\$12,209

Στο 7<sup>ο</sup> σενάριο έχει εφαρμοστεί η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος σε δύο περιόδους χωρίς την χρήση μπαταρίας για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας όπως ακριβώς στο 4<sup>ο</sup> σενάριο με την μόνη διαφορά όπου για τις ώρες από τις 3 το μεσημέρι μέχρι και 6 το απόγευμα κάθε μέρας για όλο το χρόνο η τιμή της κιλοβατώρας θα είναι 0.45\$/kWh και τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας θα είναι 0.35 \$/kWh, ενώ στα προηγούμενα σενάρια ήταν όλες τις ώρες η τιμή της κιλοβατώρας στα 0.35\$/kWh. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι στις 8.378 kWh. Ο ετήσιος λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς την εφαρμογή του συστήματος είναι στα 13.481\$ και ο λογαριασμός με την εφαρμογή του συστήματος είναι στα 10.306\$. Οπότε τα ετήσια κέρδη που έχει το νοικοκυριό στον λογαριασμό του είναι στα 3.175\$. Η Καθαρή Παρούσα Αξία υπολογίζεται στα 28.512\$ και η απλή περίοδος αποπληρωμής του συστήματος υπολογίζεται στα 4.3 χρόνια. Συγκριτικά με το σενάριο 4, στο 7<sup>ο</sup> σενάριο με την αύξηση της κιλοβατώρας το μεσημέρι για 3 ώρες υπάρχει αύξηση της Καθαρής Παρούσας Αξίας. Στο 4<sup>ο</sup> σενάριο Η ΚΠΑ ήταν 26.343\$ και με την αλλαγή της κιλοβατώρας στο 7<sup>ο</sup> σενάριο η ΚΠΑ υπολογίστηκε στα 28.512\$. Αυτό συμβαίνει καθώς στο 7<sup>ο</sup> σενάριο το κέρδος από την εφαρμογή του συστήματος είναι μεγαλύτερο από το κέρδος που είχε το 4<sup>ο</sup> σενάριο. Στο 7<sup>ο</sup> σενάριο το κέρδος που εξασφαλίζεται από την εφαρμογή του συστήματος είναι στα 3.175\$ και στο 4<sup>ο</sup> σενάριο ήταν στα 2.999\$. Συμπερασματικά στο 7<sup>ο</sup> σενάριο με την μεγαλύτερη κιλοβατώρα τις 3 ώρες το μεσημέρι εξασφαλίζεις μεγαλύτερο κέρδος και έτσι αντίστοιχα υπολογίζεται μεγαλύτερη Καθαρή Παρούσα Αξία.

Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.29 φαίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα και το ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού για κάθε μήνα σε ένα χρόνο.

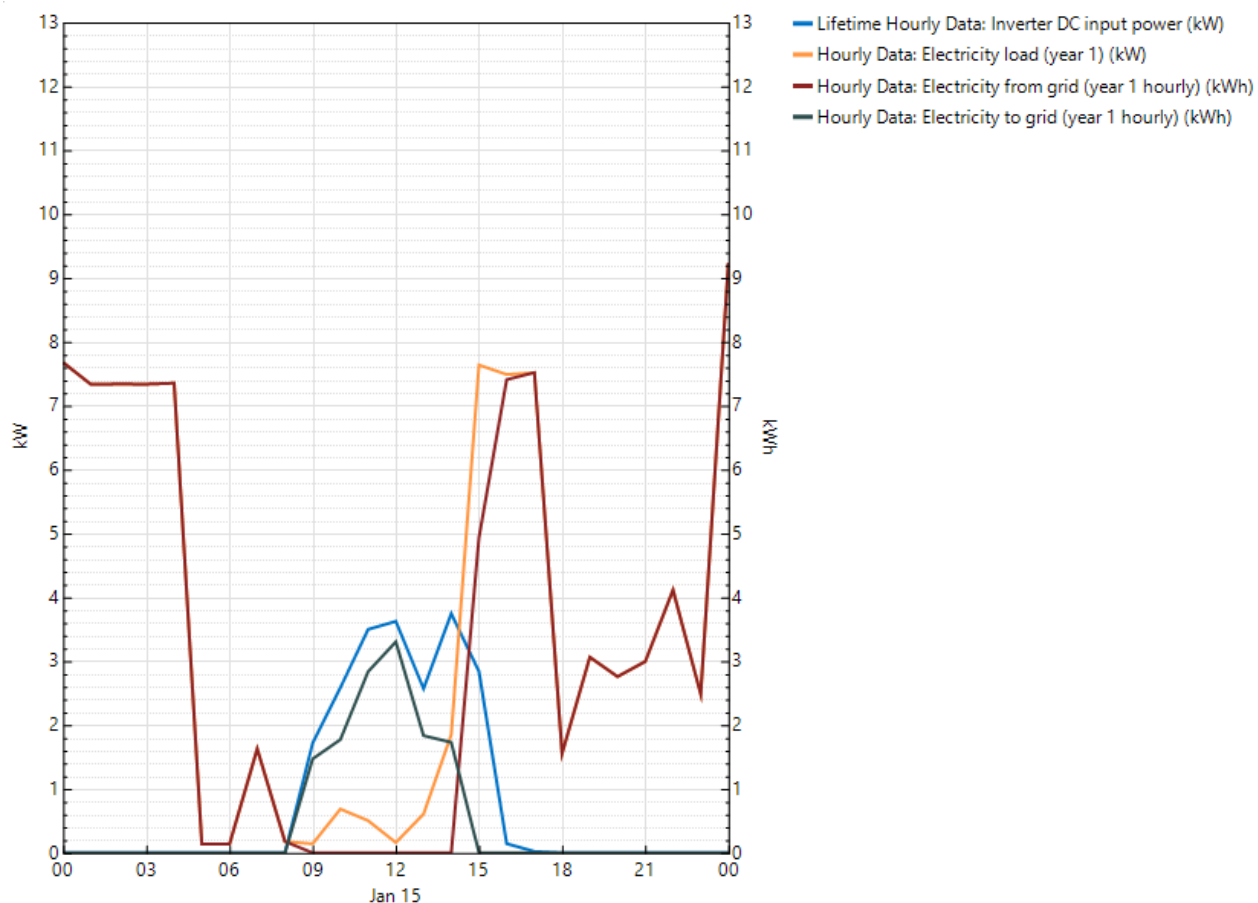


Εικόνα 3.29 Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 7<sup>ο</sup>

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται πως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν επαρκεί για να καλύψει ολόκληρο το φορτίο του σπιτιού. Μέγιστη παραγωγική περίοδος για το σύστημα είναι τους καλοκαιρινούς μήνες όπου υπάρχει πιο έντονη ηλιοφάνεια και για περισσότερες ώρες μέσα στην μέρα συγκριτικά με τους μήνες του χειμώνα. Το ηλεκτρικό φορτίο της οικείας φαίνεται να είναι σε υψηλά επίπεδα σε όλους τους μήνες του χρόνου με τον Δεκέμβρη και τον Ιανουάριο να σημειώνονται τα υψηλότερα σημεία. Αυτό συμβαίνει διότι η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος είναι καθημερινή ολόκληρο τον χρόνο και έτσι αυξάνεται το συνολικό φορτίο σε κάθε μήνα.

Η πρώτη περίπτωση του σεναρίου που εξετάζονται τα ενεργειακά δεδομένα του είναι στην εποχή του χειμώνα και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.30 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρα του Ιανουαρίου για το σενάριο 7. Αρχικά από τις πρώτες ώρες φαίνεται πως το ηλεκτρικό φορτίο είναι αυξημένο καθώς η φόρτιση του αυτοκινήτου μέσα στην μέρα είναι σπαστή σε δύο περιόδους και η μία περίοδος αρχίζει στις 12 τα μεσάνυχτα. Έτσι από τις 12 τα μεσάνυχτα μέχρι τις 5 τα ξημερώματα η αύξηση του φορτίου καλύπτεται από το δίκτυο. Από τις 6 το πρωί μέχρι τις 8 υπάρχει ακόμη μία αύξηση του φορτίου η οποία και αυτή καλύπτεται μόνο από το δίκτυο. Η παραγωγή του ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα αρχίζει στις 8 το πρωί και μεγιστοποιείται στις 2 το

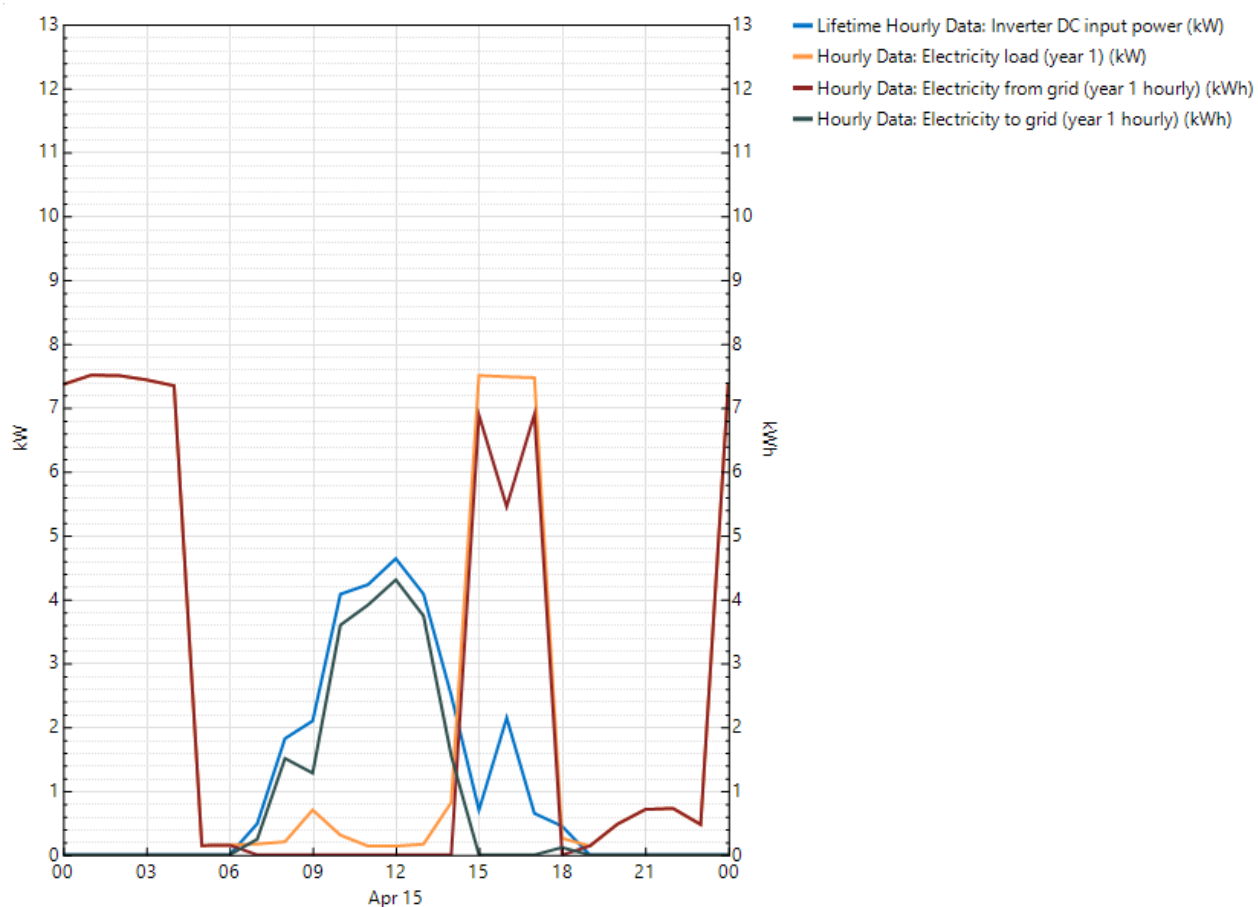
μεσημέρι. Από τις 8 το πρωί μέχρι και λίγο πριν τις 3 το μεσημέρι το φορτίο καλύπτεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα και ότι ενέργεια περισσεύει εγχέεται πίσω στο δίκτυο (πράσινη γραμμή). Στις 3 το μεσημέρι το φορτίο αυξάνεται απότομα καθώς αρχίζει η δεύτερη περίοδος φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος η οποία στην αρχή της καλύπτεται λίγο από το φωτοβολταϊκό και ύστερα εξολοκλήρου από το δίκτυο. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα σταματάει τελείως στις 5 το απόγευμα. Αφού σταματήσει η παραγωγή ύστερα ότι φορτίο προκύψει καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Στις 6 το απόγευμα το φορτίο δείχνει να ελαττώνεται και να επιστρέφει στα κανονικά του μέχρι τις 12 το βράδυ όπου αυξάνεται ξανά διότι αρχίζει η επόμενη περίοδος φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος.



Εικόνα 3.30 Ενεργειακό προφίλ Χειμώνα, Σενάριο 7<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου

Η επόμενη περίοδος που εξετάζεται στο 7<sup>ο</sup> σενάριο είναι η περίοδος της άνοιξης και πιο συγκεκριμένα η 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.31 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Απρίλη. Ξεκινώντας από τις πρώτες ώρες, στις 12 τα μεσάνυχτα φαίνεται και εδώ πως το φορτίο είναι αυξημένο, λόγω της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος και καλύπτεται πλήρως από το δίκτυο. Στις 6 το πρωί αρχίζει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα όπου κορυφώνεται στις 12 το μεσημέρι. Μέχρι τις 3 το

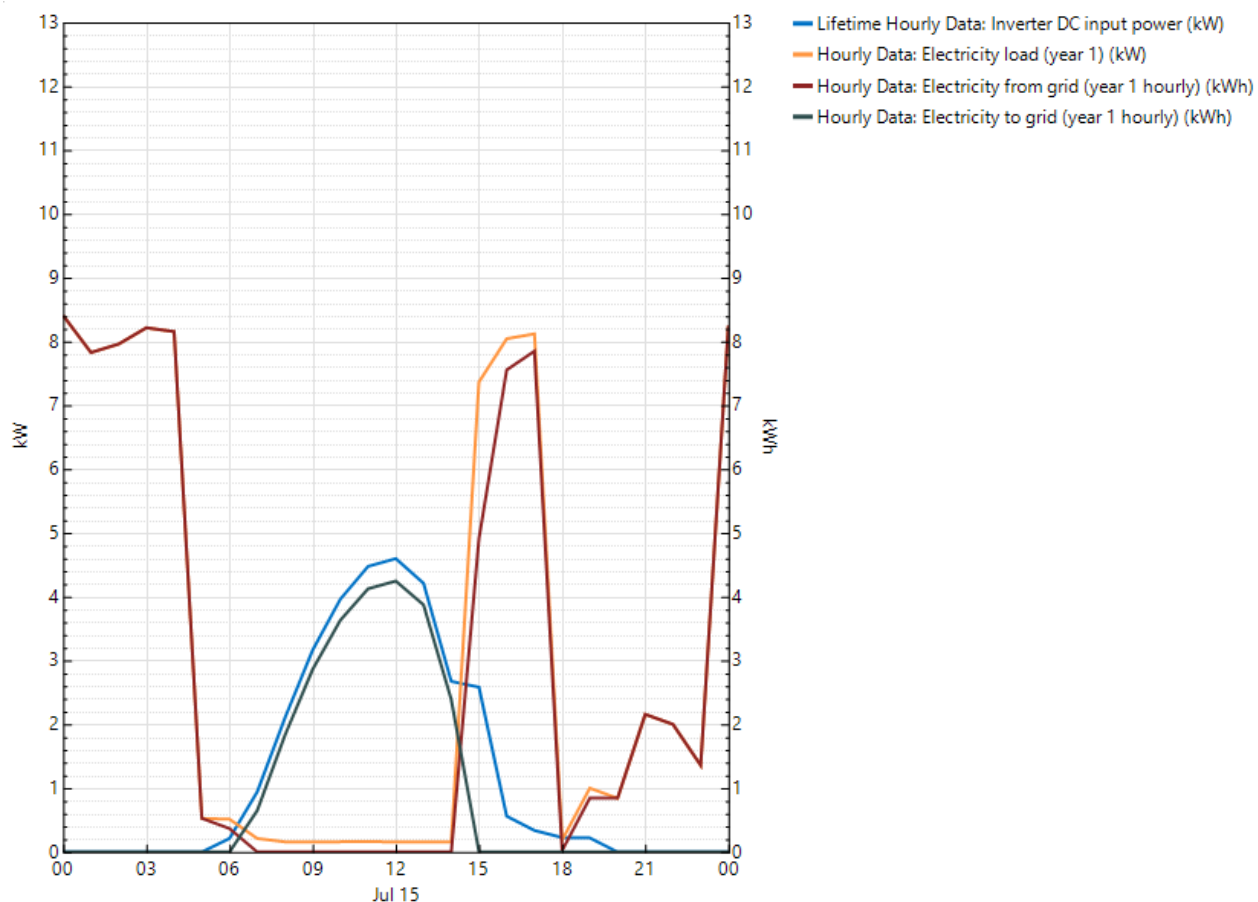
μεσημέρι η παραγωγή του συστήματος καλύπτει πλήρως της ανάγκες του φορτίου και η ενέργεια που περισσεύει επιστρέφει πίσω στο δίκτυο. Στις 3 το μεσημέρι αρχίζει η περίοδος φόρτισης του οχήματος και έτσι αυξάνεται το φορτίο. Στην αρχή το φορτίο καλύπτεται συνδυαστικά με το φωτοβολταϊκό σύστημα και από το δίκτυο. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα διαρκεί μέχρι τις 7 το απόγευμα. Από τις 7 το απόγευμα και μετά το φορτίο καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το δίκτυο μετά τις 6 το απόγευμα αφού τελειώσει η περίοδος φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος επιστρέφει στις κανονικές του τιμές μέχρι τις 12 το βράδυ όπου ανεβαίνει ξανά καθώς αρχίζει η επόμενη περίοδος φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος η οποία καλύπτεται από το δίκτυο.



Εικόνα 3.31 Ενεργειακό προφίλ Άνοιξης, Σενάριο 7<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη

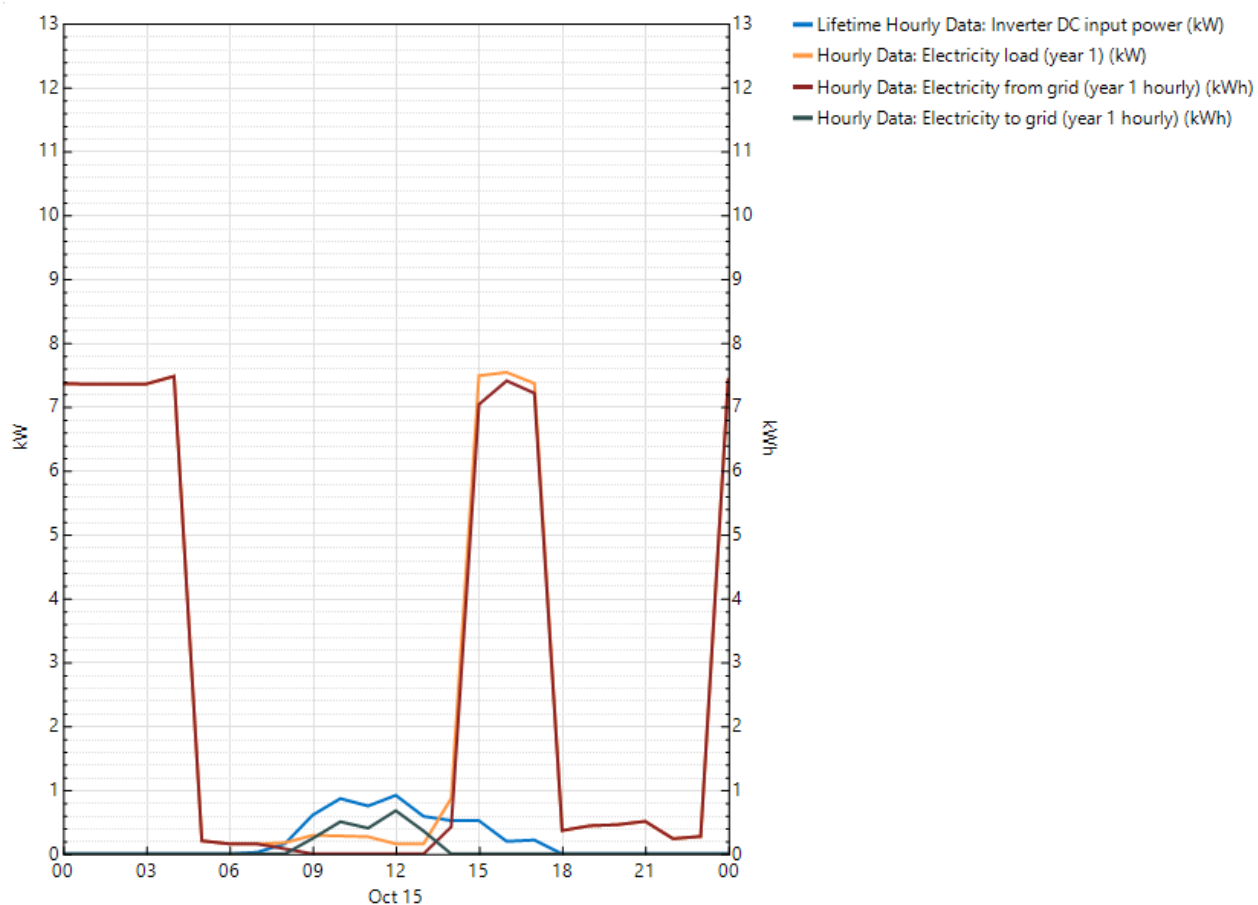
Η επόμενη περίοδος που εξετάζονται τα ενεργειακά δεδομένα είναι η εποχή του καλοκαιριού και πιο συγκεκριμένα η 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.32 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Ιουλίου. Από τις πρώτες ώρες φαίνεται πως το φορτίο είναι αυξημένο καθώς από τις 12 το βράδυ αρχίζει η περίοδος φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος η οποία καλύπτεται πλήρως από το δίκτυο. Περίπου στις 5 το πρωί αρχίζει σιγά σιγά η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα όπου έχει μέγιστη τιμή στις 12

το μεσημέρι. Από την στιγμή που αρχίζει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος μέχρι τις 3 το μεσημέρι το φορτίο καλύπτεται μόνο από το σύστημα και η περίσσεια ενέργεια επιστρέφει πίσω στο δίκτυο. Στις 3 το μεσημέρι αρχίζει η επόμενη περίοδος της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος όπου καλύπτεται συνδυαστικά με το φωτοβολταϊκό σύστημα και το δίκτυο. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκό σύστημα σταματάει περίπου στις 8 το βράδυ, οπότε συμβάλει σε ολόκληρη την περίοδο φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος (3 το μεσημέρι με 6 το απόγευμα). Παρατηρείται πως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος διαρκεί πολύ περισσότερο με τις υπόλοιπες εποχές και αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη μέρα και την έντονη ηλιοφάνεια που επικρατεί τους καλοκαιρινούς μήνες συγκριτικά με τις υπόλοιπες εποχές. Αφού σταματήσει τελείως η παραγωγή του συστήματος στις 8 το απόγευμα, μετά το υπόλοιπο φορτίο καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το φορτίο μετά τις 6 το απόγευμα μειώνεται στα φυσιολογικά του μέχρι τις 12 το βράδυ όπου αυξάνεται ξανά καθώς αρχίζει η επόμενη περίοδος της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος η οποία καλύπτεται μόνο από το δίκτυο.



Εικόνα 3.32 Ενεργειακό προφίλ Καλοκαιριού, Σενάριο 7<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου

Η τελευταία περίοδος του 7<sup>ου</sup> σεναρίου που εξετάζεται είναι η εποχή του φθινοπώρου και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.33 φαίνεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Οκτώβρη. Στις πρώτες ώρες φαίνεται το φορτίο να είναι αυξημένο όπου οφείλεται στη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος και καλύπτεται από το δίκτυο. Στις 5 τα ξημερώματα τελειώνει η φόρτιση του οχήματος και το φορτίο επιστρέφει πίσω στα φυσιολογικά του. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα αρχίζει λίγο μετά τις 6 το πρωί και παραμένει γενικά χαμηλή σε όλη την διάρκεια της ημέρας. Η χαμηλή παραγωγή του συστήματος οφείλεται ενδεχομένως σε χαμηλή ηλιοφάνεια από συννεφιασμένη μέρα. Παρόλα αυτά από τις 8 το πρωί μέχρι και τις 2 το μεσημέρι η παραγωγή είναι αρκετή ώστε να καλύψει τις ανάγκες του φορτίου και η λίγη ενέργεια που περισσεύει επιστρέφει πίσω στο δίκτυο. Στις 3 το μεσημέρι το φορτίο αυξάνεται καθώς αρχίζει η περίοδος φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος η οποία καλύπτεται σε ένα μικρό ποσοστό από το φωτοβολταϊκό σύστημα και από το δίκτυο. Στις 6 το απόγευμα τελειώνει τελείως η παραγωγή του συστήματος και την ίδια ώρα τελειώνει και η περίοδος φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος και το φορτίο επιστρέφει στις φυσιολογικές του τιμές. Το φορτίο μετά τις 6 το απόγευμα έχει πιο χαμηλές τιμές μέχρι τις 12 το βράδυ όπου αυξάνεται ξανά διότι αρχίζει η επόμενη περίοδος φόρτισης το ηλεκτρικού οχήματος όπου καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο.



Εικόνα 3.33 Ενεργειακό προφίλ Φθινοπώρου, Σενάριο 7<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη

### 3.8 Σενάριο 8<sup>ο</sup> Φορτίο σπιτιού με την προσθήκη σπαστής φόρτισης του Η.Ο. και με την χρήση μπαταριών

Τα αποτελέσματα από την προσομοίωση του 8<sup>ου</sup> σεναρίου φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

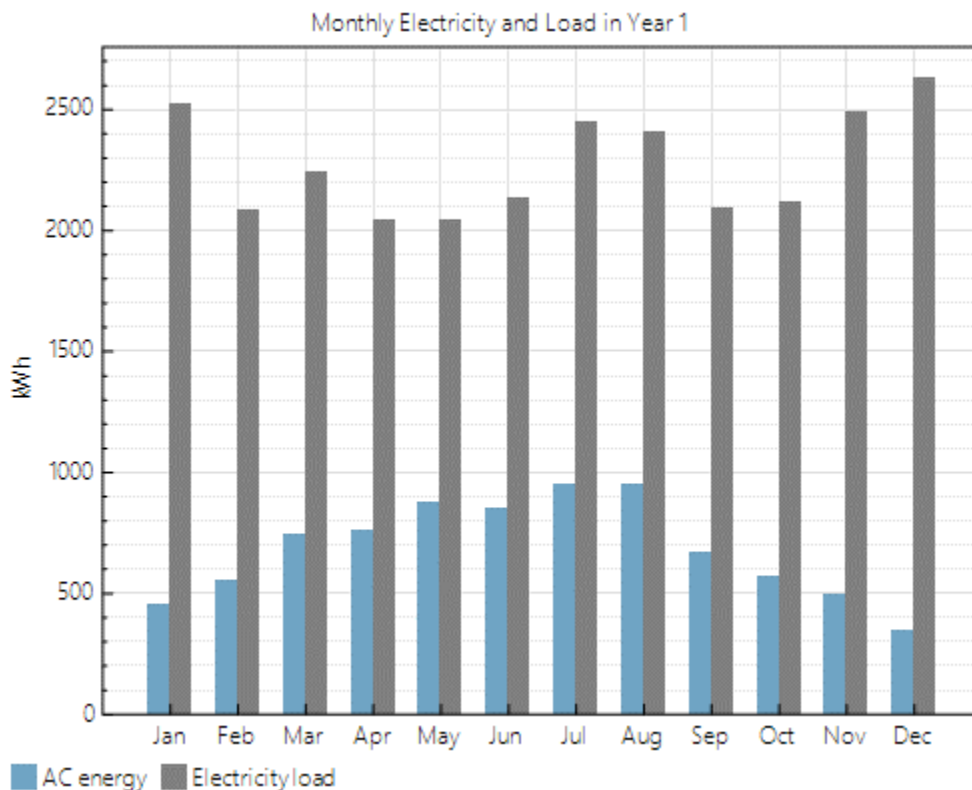
Πίνακας 3.8 Αποτελέσματα για το 8<sup>ο</sup> σενάριο

Metric	Value
Annual energy (year 1)	8,203 kWh
DC capacity factor (year 1)	15.6%
Energy yield (year 1)	1,366 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.78
Battery roundtrip efficiency	89.11%
Battery charge energy from system	100.0%
Levelized COE (nominal)	28.48 ¢/kWh
Levelized COE (real)	13.84 ¢/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$13,481
Electricity bill with system (year 1)	\$10,228
Net savings with system (year 1)	\$3,253
Net present value	\$24,702
Simple payback period	5.1 years
Discounted payback period	9.0 years
Net capital cost	\$25,365
Equity	\$10,146
Debt	\$15,219

Στον παραπάνω πίνακα αναφέρονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 8<sup>ου</sup> σεναρίου όπου η διαφορά με το προηγούμενο του σεναρίου είναι η προσθήκη μπαταρίας για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως και στο προηγούμενο σεναρίου η ιδιαιτερότητα του σεναρίου είναι στη χρέωση της κιλοβατώρας καθώς η τιμή αγοράς της για τις ώρες 3 το μεσημέρι με 6 το απόγευμα είναι στα 0.45\$/kWh και όλες τις υπόλοιπες ώρες η τιμή της κιλοβατώρας είναι στα 0.35\$/kWh. Επίσης το σεναρίου αυτό είναι πανομοιότυπο με το 6<sup>ο</sup> σεναρίου όπου και τα δύο σεναρία έχουν σπαστή ώρα φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος και χρήση μπαταριών με την μόνη διαφορά στην τιμή αγορά της κιλοβατώρας όπως προαναφέρθηκε. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι στις 8.203kWh. Ο ετήσιος λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας πριν την εφαρμογή του συστήματος βρισκόταν στα 13.481\$ και με την εφαρμογή του φωτοβολταϊκού συστήματος ο ετήσιος λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στα 10.228\$. Η εφαρμογή του φωτοβολταϊκού συστήματος έχει ως αποτέλεσμα το ετήσιο κέρδος για το νοικοκυριό στον λογαριασμό ηλεκτρικής ενέργειας 3.253\$. Η Καθαρή Παρούσα Αξία υπολογίζεται στα 24.702\$ και η απλή περίοδος αποπληρωμής του συστήματος υπολογίζεται στα 5.1 χρόνια. Η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι αυξημένη συγκριτικά με το σεναρίου 6 για τον ίδιο λόγο που προαναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφαλαίο. Ο λόγος

είναι πως στο σενάριο 8 έχουμε αυξημένη τιμή στην αγορά της κιλοβατώρας για 3 ώρες το μεσημέρι αλλά τα χρήματα που εξασφαλίζει η εφαρμογή του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι περισσότερα από αυτά του σεναρίου 6 ( 3.253\$ για το σενάριο 8 και 2.944 για το σενάριο 6). Αυτό σημαίνει μεγαλύτερο κέρδος με το σενάριο 8 και έτσι υπολογίζεται μεγαλύτερη Καθαρή Παρούσα Αξία (24.702 για το σενάριο 8 και 21.163\$ για το σενάριο 6).

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα και το ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού για κάθε μήνα σε περίοδο ενός χρόνου.

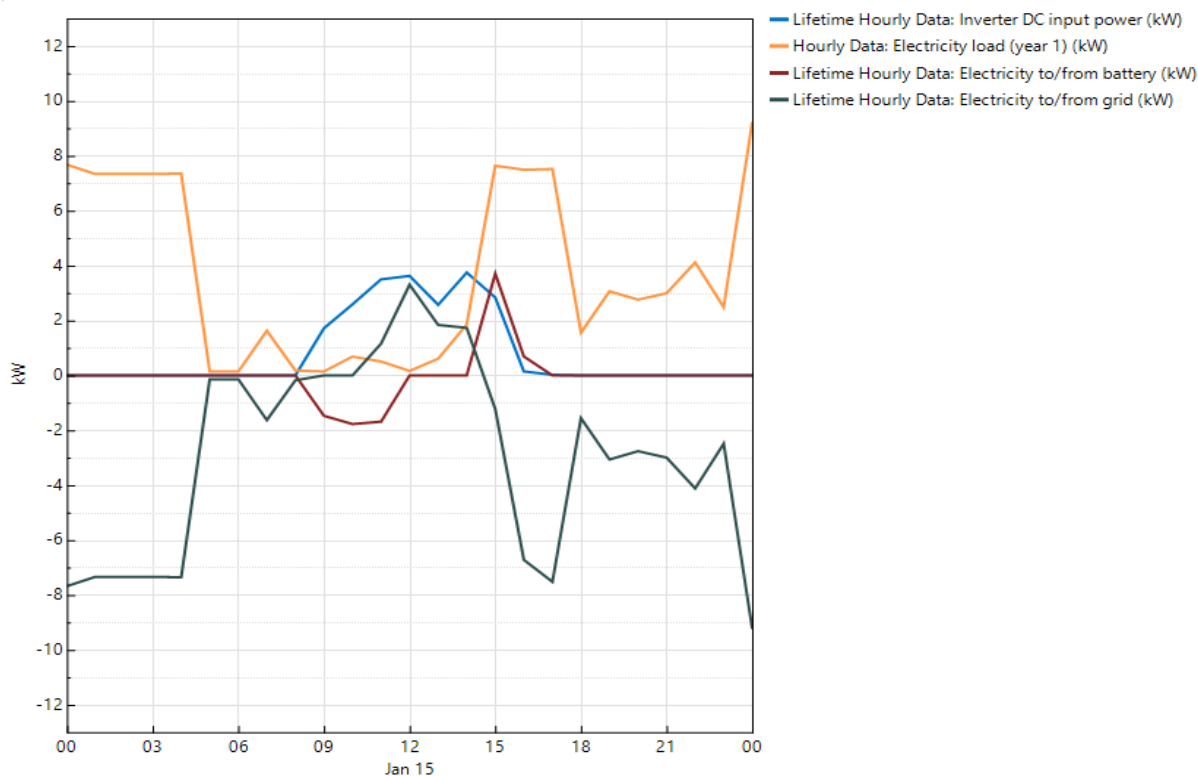


Εικόνα 3.34 Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικό φορτίο οικείας, Σενάριο 8°

Στο παραπάνω διάγραμμα στην εικόνα 3.34 φαίνεται η μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα και το ηλεκτρικό φορτίο της οικείας. Φαίνεται πως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι αρκετή για να καλύψει ολόκληρο το ηλεκτρικό φορτίο του σπιτιού. Σε όλα τα σενάρια που έχει γίνει προσθήκη, στο ηλεκτρικό φορτίο, η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος η παραγωγή δεν είναι δυνατόν να ξεπερνάει το ηλεκτρικό φορτίο με τα ίδια δεδομένα του συστήματος που είχε πριν την προσθήκη της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος. Παρόλα αυτά η μέγιστη παραγωγή παρατηρείται να είναι τους καλοκαιρινούς μήνες και πιο συγκεκριμένα τον Ιούλιο και τον Αύγουστο όπου η ημέρα διαρκεί περισσότερο και η ηλιοφάνεια είναι στα μέγιστα επίπεδα. Το ηλεκτρικό φορτίο παρατηρείται πως είναι υψηλό κάθε μήνα καθώς η φόρτιση του οχήματος είναι καθημερινή για όλο τον χρόνο. Οι μέγιστες τιμές του ηλεκτρικού φορτίου είναι τον Δεκέμβρη και τον Ιανουάριο.

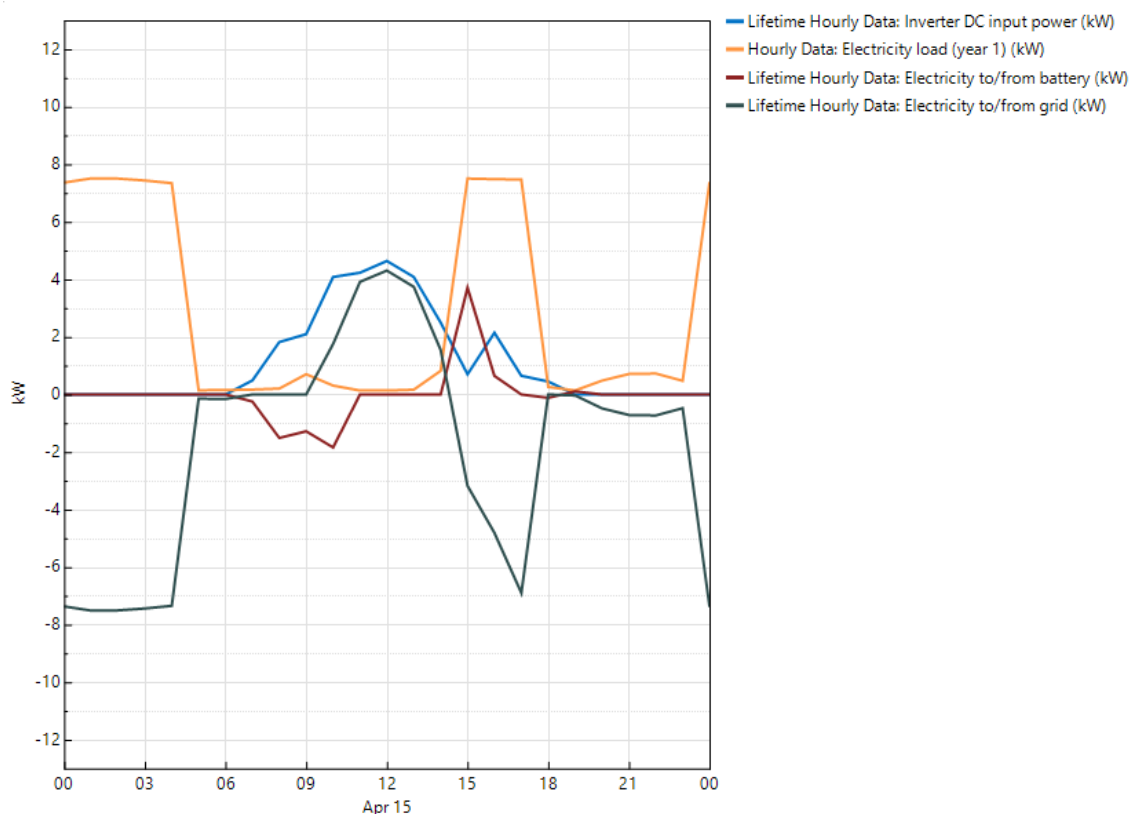


Η πρώτη περίπτωση που εξετάστηκε σε αυτό το σενάριο είναι για την εποχή του χειμώνα και πιο συγκεκριμένα για την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Ιανουαρίου. Ξεκινώντας από τις πρώτες ώρες του διαγράμματος παρατηρείται πως το φορτίο είναι αυξημένο καθώς η πρώτη περίοδος φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος είναι από τις 12 τα μεσάνυχτα μέχρι και τις 5 τα ξημερώματα. Η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος από τις 12 μέχρι τις 5 καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Έπειτα το ηλεκτρικό φορτίο επιστρέφει στα φυσιολογικά του και συνεχίζει να καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο μέχρι τις 8 το πρωί. Στις 8 το πρωί ξεκινάει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα και φτάνει να έχει τις μέγιστες τιμές της στις 12 το μεσημέρι και στις 2 το μεσημέρι. Μαζί με την παραγωγή στις 8 το πρωί αρχίζει και η φόρτιση της μπαταρίας από το φωτοβολταϊκό σύστημα και διαρκεί μέχρι τις 12 το μεσημέρι. Στο διάστημα από τις 8 το πρωί μέχρι περίπου τις 10 το πρωί το φωτοβολταϊκό σύστημα καλύπτει την μπαταρία και το φορτίο του σπιτιού και δεν υπάρχει περίσσεια ενέργειας για να επιστρέψει πίσω στο δίκτυο. Λίγο μετά τις 10 όπου η παραγωγή του συστήματος αυξάνεται η περίσσεια ενέργεια εγχέεται στο δίκτυο (θετική πράσινη γραμμή). Στις 3 το μεσημέρι το ηλεκτρικό φορτίο αυξάνεται καθώς αρχίζει για 3 ώρες η επόμενη περίοδος για την φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος όπου καλύπτεται συνδυαστικά από το σύστημα από την μπαταρία και από το δίκτυο. Μετά τις 6 το απόγευμα όπου τελειώνει η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος το ηλεκτρικό φορτίο μειώνεται στα φυσιολογικά του και καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο καθώς η παραγωγή του συστήματος σταματάει λίγο μετά τις 4 το απόγευμα. Το φορτίο αυξάνεται ξανά στις 12 τα μεσάνυχτα καθώς αρχίζει και η επόμενη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος η οποία καλύπτεται μόνο από το δίκτυο.



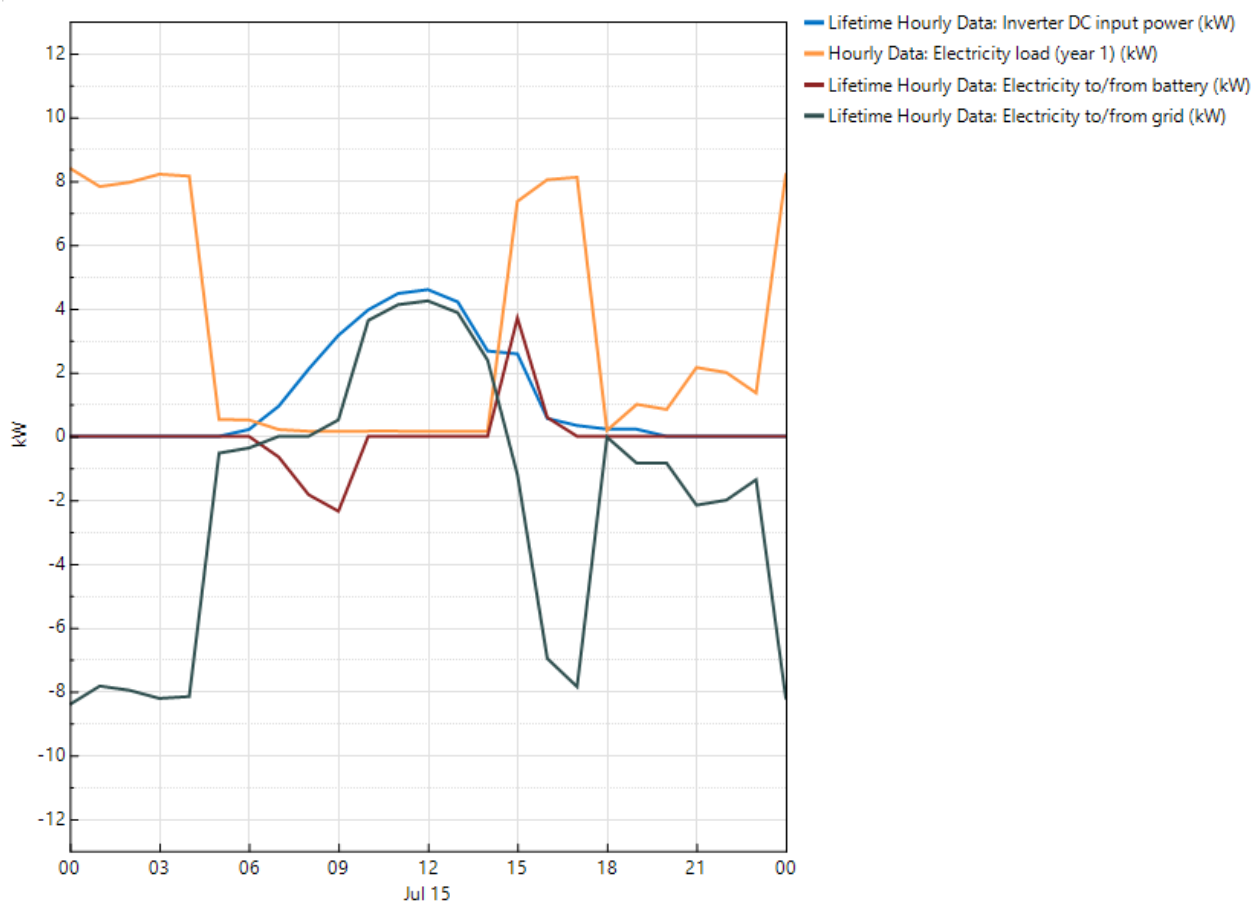
Εικόνα 3.35 Ενεργειακό προφίλ Χειμώνα, Σενάριο 8<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Ιανουαρίου

Η επόμενη περίοδος που εξετάζεται στο σενάριο είναι η εποχή της άνοιξης και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.36 παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Απρίλη. Αρχικά από τις πρώτες ώρες του διαγράμματος φαίνεται η αυξημένη τιμή του ηλεκτρικού φορτίου καθώς 12 τα μεσάνυχτα με 5 το πρωί είναι η διάρκεια της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος όπου φαίνεται ότι καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο (αρνητική τιμή πράσινης γραμμής). Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του φωτοβολταϊκού συστήματος αρχίζει στις 6 το πρωί και κορυφώνεται στις 12 το μεσημέρι. Στις 6 το πρωί μαζί με την παραγωγή αρχίζει και η φόρτιση της μπαταρίας (αρνητική κόκκινη γραμμή) η οποία διαρκεί μέχρι τις 11 το μεσημέρι. Από τις 6 το πρωί μέχρι και τις 9 το πρωί η παραγωγή του συστήματος καλύπτει την φόρτιση της μπαταρίας και το φορτίο του σπιτιού αλλά δεν περισσεύει ώστε να επιστρέψει πίσω στο δίκτυο. Στις 9 το πρωί και μετά αυξάνεται η παραγωγή του συστήματος και έτσι η περίσσεια ενέργεια εγχέεται στο δίκτυο (θετική πράσινη γραμμή). Λίγο πριν τις 3 το μεσημέρι το φορτίο αρχίζει να αυξάνεται καθώς στις 3 το μεσημέρι είναι η επόμενη περίοδος της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος. Την ίδια ώρα μαζί με την αύξηση του φορτίου αρχίζει η μπαταρία την εκφόρτιση της η οποία διαρκεί μέχρι περίπου τις 5 το απόγευμα. Η αυξημένη τιμή του φορτίου λόγω της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος καλύπτεται συνδυαστικά από φωτοβολταϊκό σύστημα από την μπαταρία και σε μεγαλύτερο ποσοστό από το δίκτυο. Στις 7 το απόγευμα όπου σταματάει εντελώς η παραγωγή του συστήματος όλο το φορτίο καλύπτεται μόνο από το δίκτυο. Το φορτίο μετά τις 6 το απόγευμα όπου τελειώνει η φόρτιση επιστρέφει στις κανονικές του τιμές μέχρι την επόμενη φόρτιση του οχήματος στις 12 τα μεσάνυχτα όπου και αυτή καλύπτεται από το δίκτυο.



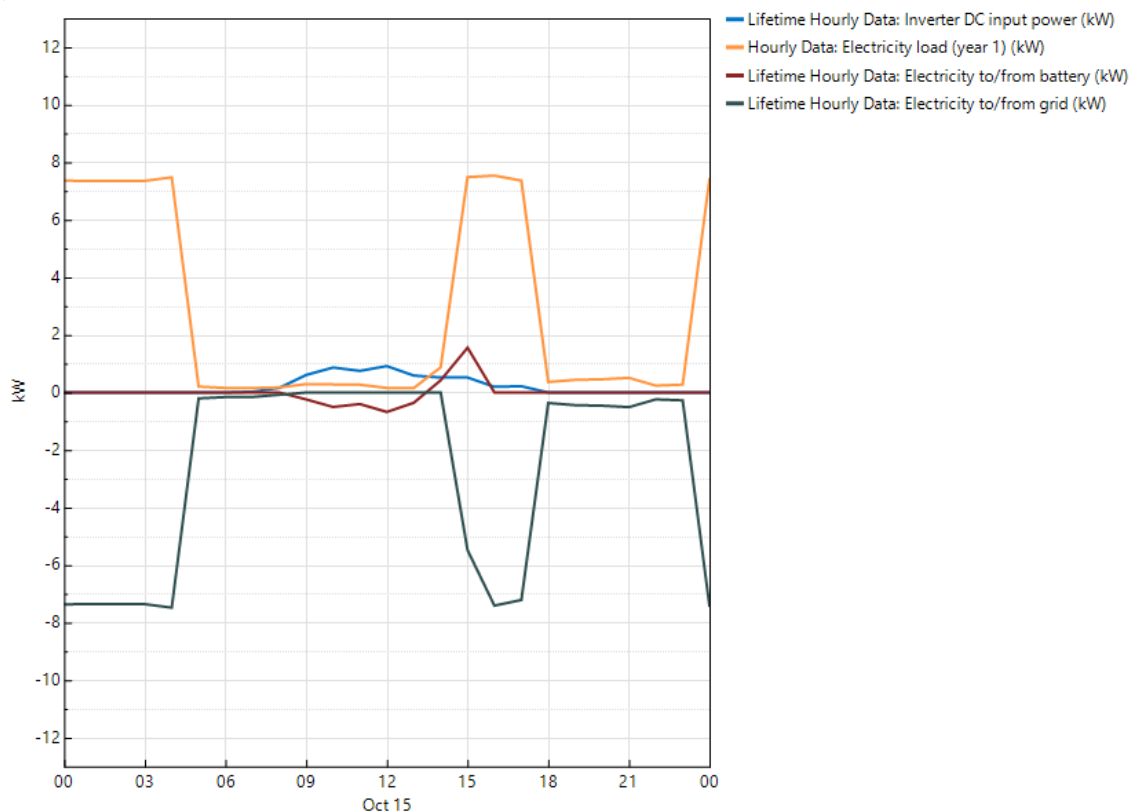
Εικόνα 3.36 Ενεργειακό προφίλ Άνοιξης, Σενάριο 8<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Απρίλη

Η επόμενη περίπτωση που εξετάστηκε στο 8<sup>ο</sup> σενάριο είναι για η εποχή του καλοκαιριού και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.37 παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας του Ιουλίου. Ξεκινώντας από τις πρώτες ώρες του διαγράμματος φαίνεται πως το φορτίο είναι αυξημένος λόγω της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος και καλύπτεται πλήρως από το δίκτυο. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα αρχίζει περίπου στις 5 το πρωί και κορυφώνεται στις 12 το μεσημέρι. Συγκριτικά με τις άλλες εποχές το καλοκαίρι η παραγωγή έχει την μεγαλύτερη διάρκεια λόγω της μέρας όπου διαρκεί περισσότερο και της έντονης ηλιοφάνειας που επικρατεί. Στις 6 το πρωί μαζί με την αύξηση της παραγωγής αρχίζει και η φόρτιση της μπαταρίας όπου και διαρκεί μέχρι τις 10 το πρωί. Μέχρι τις 9 το πρωί όπου το σύστημα καλύπτει το φορτίο του σπιτιού και την φόρτιση της μπαταρίας δεν υπάρχει περισσότερη ενέργεια για να επιστρέψει στο δίκτυο. Από τις 9 και μετά όπου αυξάνεται περισσότερο η παραγωγή ότι περίσσεια ενέργεια υπάρχει εγχέεται στο δίκτυο (θετική πράσινη γραμμή). Στις 3 το μεσημέρι αρχίζει η περίοδος φόρτισης του οχήματος και έτσι αυξάνεται το φορτίο το οποίο καλύπτεται συνδυαστικά από το φωτοβολταϊκό σύστημα από την μπαταρία και κατά κύριο λόγο από το δίκτυο. Η εκφόρτιση της μπαταρία διαρκεί από τις 2 το μεσημέρι όπου αρχίζει να αυξάνεται το φορτίο μέχρι τις 4 το απόγευμα. Η παραγωγή του φωτοβολταϊκού συστήματος τελειώνει τελείως στις 8 το απόγευμα και ύστερα το υπόλοιπο φορτίο καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο.



Εικόνα 3.37 Ενεργειακό προφίλ. Καλοκαίρι, Σενάριο 8<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Ιουλίου

Η τελευταία περίπτωση που εξετάστηκε στο 8<sup>ο</sup> σενάριο είναι η εποχή του Φθινοπώρου και πιο συγκεκριμένα την 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη. Στο παρακάτω διάγραμμα στην εικόνα 3.38 παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ της 15<sup>ης</sup> μέρας τους Οκτώβρη. Ξεκινώντας από τις πρώτες ώρες του διαγράμματος φαίνεται πως το φορτίο είναι αυξημένο και καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Αυτή η αύξηση του φορτίου παρατηρείται σε όλα τα σενάρια όπου η φόρτιση τους είναι σπαστή καθώς η πρώτη περίοδος φόρτισης είναι 12 τα μεσάνυχτα με 5 τα ξημερώματα. Από τις 5 το πρωί και μέχρι τις 7 το πρωί το φορτίο του σπιτιού καλύπτεται μόνο από το δίκτυο. Στις 7 το πρωί ξεκινάει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Παρατηρείται πως η παραγωγή του συστήματος παραμένει σταθερά χαμηλή όπου πιθανών οφείλεται σε μία συνεφιασμένη μέρα. Από τις 7 που αρχίζει η παραγωγή μέχρι τις 3 το μεσημέρι το σύστημα καλύπτει το φορτίο του σπιτιού καθώς και φορτίζει ως ένα ποσοστό την μπαταρία, αλλά δεν υπάρχει καθ' όλη την διάρκεια της ημέρα περίσσεια ενέργεια για να επιστρέψει στο δίκτυο. Επίσης η φόρτιση της μπαταρίας εκτός ότι είναι σε πιο χαμηλά επίπεδα συγκριτικά με τις προηγούμενες περιπτώσεις, διαρκεί και περισσότερο από τις προηγούμενες περιπτώσεις όπου αρχίζει από τις 8 το πρωί μέχρι περίπου τις 1 και μισή το μεσημέρι. Στις 3 το μεσημέρι το φορτίο αυξάνεται καθώς αρχίζει η επόμενη περίοδος της φόρτισης της μπαταρίας όπου καλύπτεται σε μικρό ποσοστό από το σύστημα και από την μπαταρία και σε μεγαλύτερο ποσοστό από το δίκτυο. Στις 6 το απόγευμα τελειώνει τελείως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Επίσης στις 6 και μετά το φορτίο επιστρέφει σε πιο χαμηλά επίπεδα μέχρι τις 12 τα μεσάνυχτα όπου θα αρχίσει ξανά η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος όπου και καλύπτεται αποκλειστικά από το δίκτυο.



Εικόνα 3.38 Ενεργειακό προφίλ Φθινοπώρου, Σενάριο 8<sup>ο</sup>, 15<sup>η</sup> μέρα του Οκτώβρη

---

### 3.9 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά στα δύο πρώτα σενάρια όπου έγινε η ανάλυση ευαισθησίας όπου συγκρίθηκε η μεταβολή της τιμής της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net present value) αλλάζοντας την αξία αγοράς της κιλοβατώρας από 0.30\$/kWh μέχρι και 0.60\$/kWh, παρατηρήθηκε πως η τιμή της ΚΠΑ αυξανόταν αναλογικά με την τιμή της κιλοβατώρας. Αυτό συμβαίνει διότι καθώς αυξάνεται η τιμή της κιλοβατώρας, αυξάνεται και αντίστοιχα ο λογαριασμός ηλεκτρικής ενέργειας της οικείας πριν και μετά την εφαρμογή της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Παρόλα αυτά παρατηρείται πως το κέρδος αφού εφαρμοστεί το σύστημα φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι μεγαλύτερο κάθε φορά που αυξάνεται η κιλοβατώρα. Αυτή η αύξηση του κέρδους έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της Καθαρής Παρούσας Αξίας και την μείωση αντίστοιχα της απλής περιόδου αποπληρωμής της εγκατάστασης.

Όσον αφορά τα επόμενα σενάρια όπου προστέθηκε η καθημερινή φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος παρατηρήθηκε πως στα σενάρια όπου η φόρτιση είναι χωρισμένη σε δύο περιόδους είναι περισσότερο κερδοφόρα από τα σενάρια όπου η φόρτιση είναι συνεχόμενη. Επίσης στα αντίστοιχα σενάρια όπου έχει προστεθεί και μπαταρία για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρήθηκε πως στα σενάρια με την χωρισμένη φόρτιση είναι περισσότερο κερδοφόρα.

Στα δύο τελευταία σενάρια επιλέχθηκαν τα δύο σενάρια με την χωρισμένη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος και προστέθηκε για τρεις ώρες το μεσημέρι διαφορετική τιμή στην αγορά της κιλοβατώρας στα 0.45\$/kWh. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα στα σενάρια με την αυξημένη τιμή κιλοβατώρας (7<sup>ο</sup> και 8<sup>ο</sup> σενάριο), να αυξηθεί η Καθαρή Παρούσα Αξία. Αυτό συμβαίνει καθώς το κέρδος μετά την εφαρμογή του συστήματος είναι περισσότερο και έτσι αυξάνεται και η τιμή της Καθαρής Παρούσας Αξίας. Ανάμεσα στα δύο τελευταία σενάρια το 7<sup>ο</sup> σενάριο όπου δεν έχει μπαταρία για αποθήκευση ενέργειας είναι πιο κερδοφόρο από αυτό με το 8<sup>ο</sup> σενάριο όπου υπάρχει μπαταρία για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. [https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU\\_2.4.9.pdf](https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU_2.4.9.pdf)
2. <https://ypen.gov.gr/energeia/ape/technologies/iliaki-fotovoltaika/>
3. Gilbert M. Masters, “Συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας”, Εκδόσεις Πεδίο Α.Ε. Αθήνα 2016
4. <https://www.mp-energy.gr/category/285/sunlight.html>
5. <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/ktiria-smke/>
6. [https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82%20%CE%9A%CE%A3%CE%9C%CE%9A%CE%95\\_FINAL\\_low%20res%20single%20page.pdf](https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82%20%CE%9A%CE%A3%CE%9C%CE%9A%CE%95_FINAL_low%20res%20single%20page.pdf)
7. <https://www.mp-energy.gr/%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B7-%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%83/net-metering.html>
8. <https://www.oleng.eu/net-metering/#%CE%A4%CE%B9%20%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9%20%CE%B7%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE>
9. Stern, N. (2006) Stern Review on the Economics of Climate Change
10. <https://www.eea.europa.eu/el/themes/transport/intro>
11. <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-428634382019-fek-2040b-462019>
12. <https://www.eea.europa.eu/el/articles/ilektrika-ochimata-mia-eksypni-epilogi>
13. <https://www.iea.org/commentaries/electric-cars-fend-off-supply-challenges-to-more-than-double-global-sales>
14. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/electrical-recharging-5-2021/el/#B9>
15. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/electrical-recharging-5-2021/el/#table01>
16. <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf>
17. <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf>