

Παρουσίαση Προγράμματος

Σκοπός του προγράμματος είναι να βρεθεί το πλήθος των μπαταριών που χρειάζονται, για να προστεθούν περισσότερες ΑΠΕ στο δίκτυο. Καθώς τρέχει το πρόγραμμα, εάν συναντήσει μία από τις παρακάτω συνθήκες, τερματίζει.

1. Όλη η παραγόμενη ενέργεια από τις ΑΠΕ, αξιοποιείται.
2. Οι ΑΠΕ μαζί με τις μπαταρίες τροφοδοτούν το 100% του δικτύου.
3. Το κόστος του συστήματος αποθήκευσης, φτάσει το μέγιστο αποδεκτό από τον χρήστη.

Για δοκιμαστικούς λόγους, πάρθηκαν τρία σενάρια για κάθε μία από τις παραπάνω συνθήκες. Στον πίνακα 1 αναγράφονται τα δεδομένα που επιλέχθηκαν για κάθε σενάριο.

Πίνακας 1: Δεδομένα για κάθε σενάριο

| Περιοχή Μελέτης | Είδος Μπαταρίας | ΦΒ Εγκατάσταση | Όριο Κόστους |
|-----------------|------------------|----------------|--------------|
| Σητεία | Μολύβδου-Ανθρακα | 25 MWp | 0€ |
| Ηράκλειο | Μολύβδου-Ανθρακα | 140 MWp | 0€ |
| Χανιά | Ιόντων-Λιθίου | 90 MWp | 5 δις€ |

Η τροφοδοσία του δικτύου ολόκληρων περιοχών μόνο από ΑΠΕ και μπαταρίες, απαιτεί τεράστιες χωρητικότητες, τις οποίες οι μπαταρίες των τεχνικών φυλλαδίων δεν έχουν (και δεν χρειάζεται να έχουν, διότι δεν εξυπηρετούν αυτόν τον σκοπό). Το ίδιο, αλλά προφανώς σε μικρότερο βαθμό, ισχύει και για την αξιοποίηση όλης της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ.

Συνεπώς για τους παραπάνω λόγους, η χωρητικότητα της μοναδιαίας μπαταρίας αυξήθηκε, από την τάξη των kWh σε αυτήν των MWh. Με αυτόν τον τρόπο, η κάθε μία μπαταρία αναπαριστάται σαν ένα πακέτο χιλίων συσσωρευτών. Συνεπώς, όταν στα αποτελέσματα αναγράφονται 22 μπαταρίες, εννοούνται 22 μπαταρίες με την αυξημένη αυτή χωρητικότητα, δηλαδή 22000 μπαταρίες του αντίστοιχου τύπου, που δίνεται στο τεχνικό φυλλάδιο.

Η παραπάνω θεώρηση προσφέρει και αυξημένη ταχύτητα στο πρόγραμμα, καθώς η διαδικασία της εύρεσης του βέλτιστου πλήθους μπαταριών γίνεται με μεγαλύτερο και πιο ουσιαστικό βήμα. Βέβαια αν χρειάζεται να αλλάχθει αυτό και η μοναδιαία μπαταρία πρέπει να έχει τη χωρητικότητα που αναγράφει το τεχνικό φυλλάδιο, απλά τροποποιείται ο αριθμός που αντιπροσωπεύει τη χωρητικότητα του συσσωρευτή, στα αντίστοιχα αρχεία `lead_carbon.json` και `lithium_ion.json`. Σε αυτά τα αρχεία αναγράφονται όλα τα στοιχεία που αντιπροσωπεύουν τις μπαταρίες αυτές.

Το πρόγραμμα αρχικά ζητάει να εισαχθούν κάποιοι, αναγκαίοι για τη λειτουργία του, παράμετροι, οι οποίοι είναι:

- Η περιοχή μελέτης.
- Ο τύπος μπαταρίας.
- Το μέγεθος της ΦΒ εγκατάστασης, που θέλει να έχει περιοχή.
- Το όριο κόστους του έργου.

Αφού γίνει αυτό, εισάγονται τα δεδομένα φορτίου της επιλεχθείσας περιοχής, από το αντίστοιχο αρχείο csv. Στη συνέχεια, το πρόγραμμα κατεβάζει από την ιστοσελίδα του PV-GIS, την ετήσια παραγωγή του συγκεκριμένου μεγέθους συστήματος, για την υπό εξέταση περιοχή¹.

Κατά τη λειτουργία του, το πρόγραμμα χωρίζει το έτος σε ημέρες και για κάθε ημέρα πραγματοποιεί τις ενέργειες που αναφέρονται παρακάτω. Αρχικά αφαιρεί την ισχύ που παράγουν οι ΑΠΕ από την αντίστοιχη καμπύλη φορτίου του δικτύου. Αν η παραγόμενη ισχύς των ΑΠΕ είναι παραπάνω από αυτήν του φορτίου, τότε αυτή είναι παραπανήσια και η ημερήσια παραπανήσια ενέργεια, αποθηκεύεται στις μπαταρίες. Στη συνέχεια ξεφορτίζει τις μπαταρίες, για να εξομαλύνει την καμπύλη φορτίου, ξεκινώντας από τις μεγαλύτερες κορυφές. Αυτό το κάνει μέχρι η μπαταρία να φτάσει στο επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης που δίνει ο κατασκευαστής. Αφού το κάνει αυτό και διατηρώντας την στάθμη φόρτισης των μπαταριών, περνάει στην επόμενη μέρα, μέχρι να φτάσει στο τέλος του έτους. Όταν φτάσει στο τέλος του έτους, καταγράφει την ενέργεια που παρήγαγαν οι ΑΠΕ και δεν μπόρεσε να αποθηκευτεί, την καμπύλη φορτίου του δικτύου, η οποία έχει ελλατωθεί και το κόστος του συστήματος. Αν δεν επιτευχθεί κάποιο από τα αρχικά σενάρια, τότε αυξάνει κατά 1 το μέγεθος του συστήματος αποθήκευσης και ξαναξεκινάει την ίδια διαδικασία από την αρχή (ουσιαστικά μία nested for loop).

Στο τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Αυτά αναφέρουν το μέγεθος των ΦΒ που ζητήθηκαν και το πλήθος των μπαταριών που επέλεξε το πρόγραμμα ως βέλτιστο, καθώς και τα αντίστοιχα αρχικά κόστη τους. Επίσης αναγράφονται τα κόστη που έχουν να κάνουν με την λειτουργία, τη συντήρηση, αλλά και τυχόν επαναεπενδύσεις που χρειάζεται να γίνουν, κατά τη διάρκεια ζωής του έργου (όπως η αγορά καινούργιων μπαταριών, μετά το πέρας της ζωής των προηγούμενων). Δίνεται επίσης μία σημείωση, με το ποια συνθήκη, από αυτές που αναφέρθηκαν αρχικά, επιτεύχθηκε. Πριν τερματίσει το πρόγραμμα, εμφανίζει μία λίστα με τις παραμέτρους που μπορούν να τροποποιηθούν για να εξατομικευθεί το πρόγραμμα, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε χρήστη. Οι παράμετροι αυτοί είναι ουσιαστικά μεταβλητές που αρχικοποιούνται στο αρχείο config.py και περιλαμβάνουν:

- Το εύρος των μπαταριών που ψάχνει το πρόγραμμα.
- Τις μέρες του έτους που φαίνονται στο τελικό διάγραμμα.
- Το όριο ζωής του έργου.
- Το κόστος των φωτοβολταϊκών ανά kWp.
- Η τιμή πώλησης της ενέργειας (€/Wh).
- Το επιτόκιο αναγωγής.
- Τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης (% της αρχικής επένδυσης).

Στο σχήμα 1 καταγράφηκε το πρόγραμμα κατά τη λειτουργία του για το πρώτο σενάριο. Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται τα τελικά διαγράμματα και για τα τρία σενάρια.

¹ Αυτός ο τρόπος καθιστά εύκολη τη μελέτη οποιασδήποτε περιοχής, καθώς το πρόγραμμα χρειάζεται μόνο τη χρονοσειρά του φορτίου του δικτύου και την αντίστοιχη παραγωγή ΑΠΕ για να λειτουργήσει. Συνεπώς αν υπάρχει το φορτίο δικτύου για μια περιοχή, μπορεί εύκολα να γίνει μελέτη πάνω σε αυτήν, καθώς τα δεδομένα της παραγωγής των ΦΒ, κατεβάζονται από την ιστοσελίδα, με βάση τις συντεταγμένες της περιοχής.

```

  |-----|-----|-----|-----|-----|
  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

'How many batteries need to be installed, to handle more renewables on the grid?'
An optimization script to solve this problem.

Optimization ends when either:
(1) No more renewable energy produced, is wasted.
(2) Renewables and batteries can supply 100% of gridload.
(3) Cost limit is reached (if set).

Select examination area from the list below (1-5)
[1] Chania
[2] Rethymno
[3] Heraklio
[4] Ag.Nikolaos
[5] Moires
[6] Ierapetra
[7] Sitia
7

Choose battery type:
[1] Lead-Carbon (300,000.00€/MWh@5000cycles)
[2] Lithium-Ion (500,000.00€/MWh@6000cycles)
1

How much solar is wanted to be placed in the area (kWp)? 30000
Set cost limit (€). If none, type 0: 0

Fetching PV data from PV-GIS...
Connection Established!

% Total % Received % Xferd Average Speed Time Time Time Current
Dload Upload Total Spent Left Speed
100 403k 100 403k 0 0 291k 0 0:00:01 0:00:01 --:--:-- 291k

Saved solar data to file pv_production.csv
Loaded gridload data for the area.

```

(α') Εκκίνηση προγράμματος

```

Batteries          System Cost          Energy Wasted

1          175,147,114.18 €          14,870,820,465.75 Wh
2          316,459,221.52 €          14,797,846,630.0 Wh
3          457,771,328.86 €          3,619,904,014.01 Wh
4          599,083,436.19 €          3,259,902,210.0 Wh
5          740,395,543.53 €          2,977,695,770.0 Wh
6          881,707,650.87 €          2,853,669,745.0 Wh
7          1,023,019,758.2 €          2,733,669,745.0 Wh
8          1,164,331,865.54 €          2,613,669,745.0 Wh
9          1,305,643,972.88 €          2,493,669,745.0 Wh
10         1,446,956,080.21 €          2,373,669,745.0 Wh
11         1,588,268,187.55 €          2,253,669,745.0 Wh
12         1,729,580,294.89 €          2,133,669,745.0 Wh
13         1,870,892,402.22 €          2,013,669,745.0 Wh
14         2,012,204,509.56 €          1,893,669,745.0 Wh
15         2,153,516,616.9 €          1,773,669,745.0 Wh
16         2,294,828,724.23 €          1,653,669,745.0 Wh
17         2,436,140,831.57 €          1,533,669,745.0 Wh
18         2,577,452,938.91 €          1,413,669,745.0 Wh
19         2,718,765,046.24 €          1,293,669,745.0 Wh
20         2,860,077,153.58 €          1,173,669,745.0 Wh
21         3,001,389,260.92 €          1,053,669,745.0 Wh
22         3,142,701,368.25 €          933,669,745.0 Wh
23         3,284,013,475.59 €          813,669,745.0 Wh
24         3,425,325,582.93 €          693,669,745.0 Wh
25         3,566,637,690.26 €          573,669,745.0 Wh
26         3,707,949,797.6 €          453,669,745.0 Wh
27         3,849,261,904.94 €          333,669,745.0 Wh
28         3,990,574,012.27 €          213,669,745.0 Wh
29         4,131,886,119.61 €          93,669,745.0 Wh
30         4,273,198,226.95 €          0 Wh

*Optimization Results*
-----System lifetime is considered 25 years-----
PV: 30,000 kWp
PV Initial Cost: 30,000,000 €

Batteries: 30
Batteries Initial Cost: 2,700,000,000.0 €

Operational and Maintenance Costs: 348,985,623.12 €
Reinvesting Costs during lifetime: 1,194,212,603.83 €

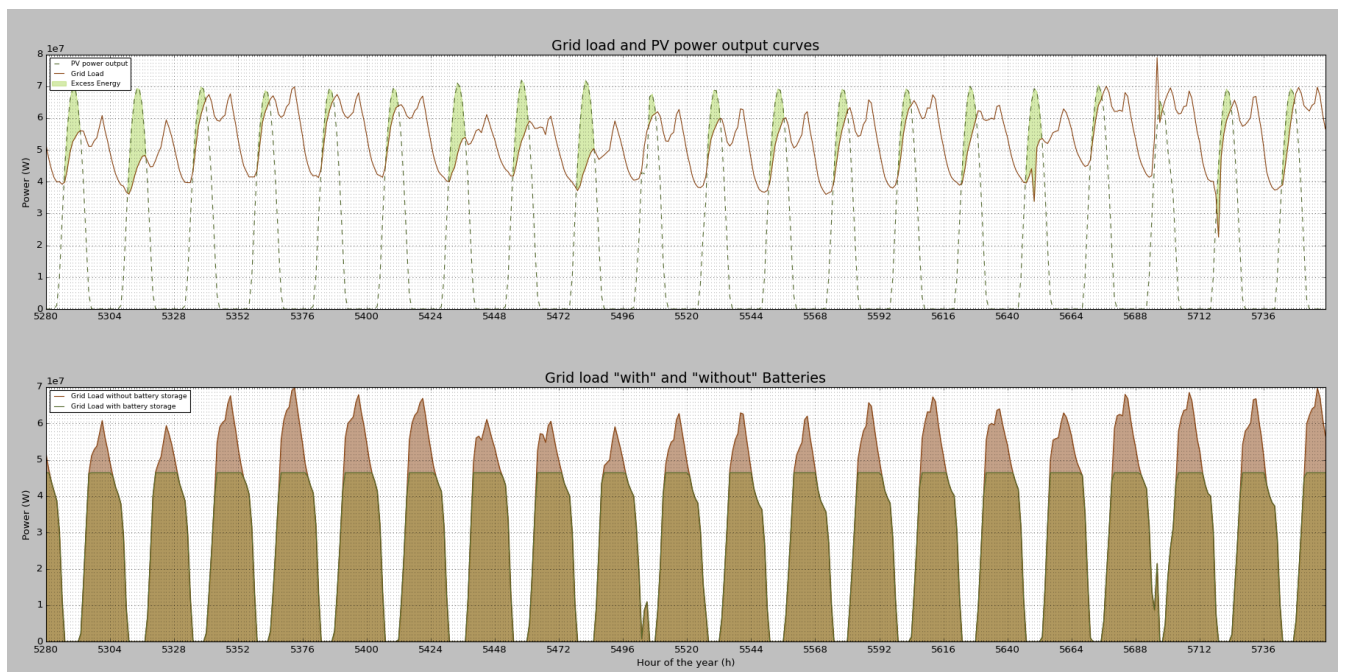
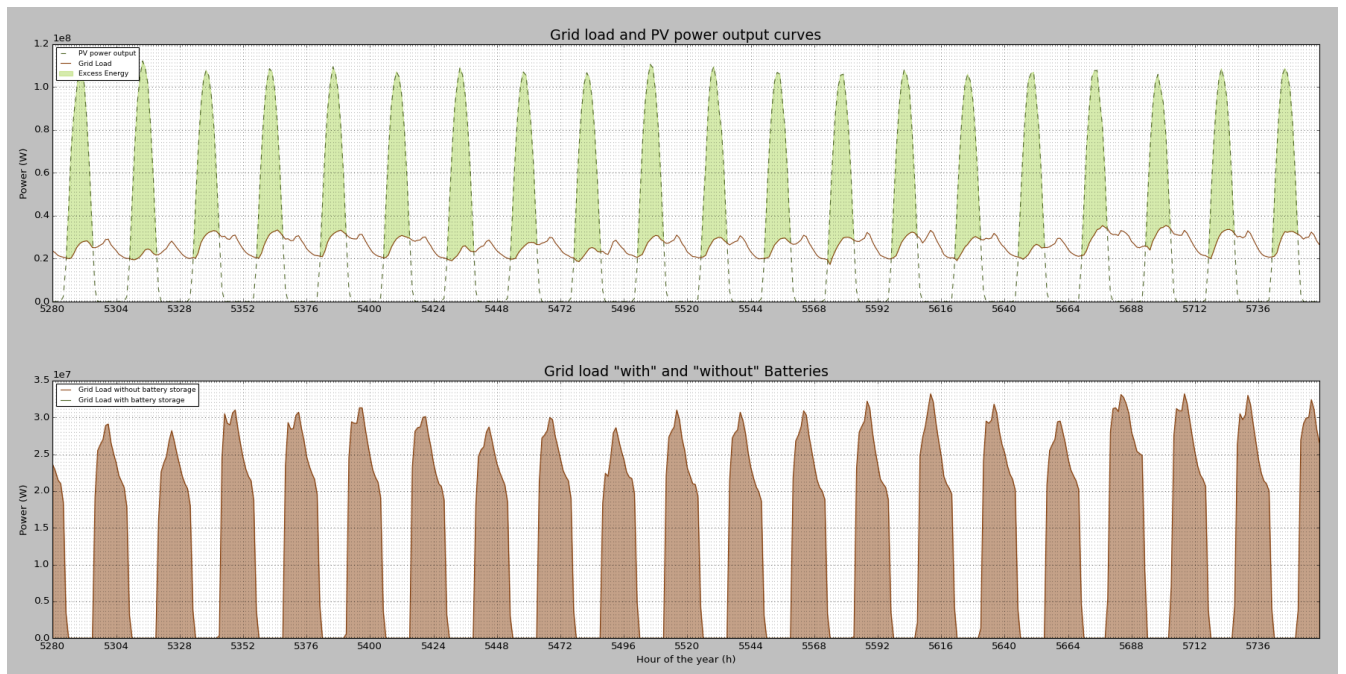
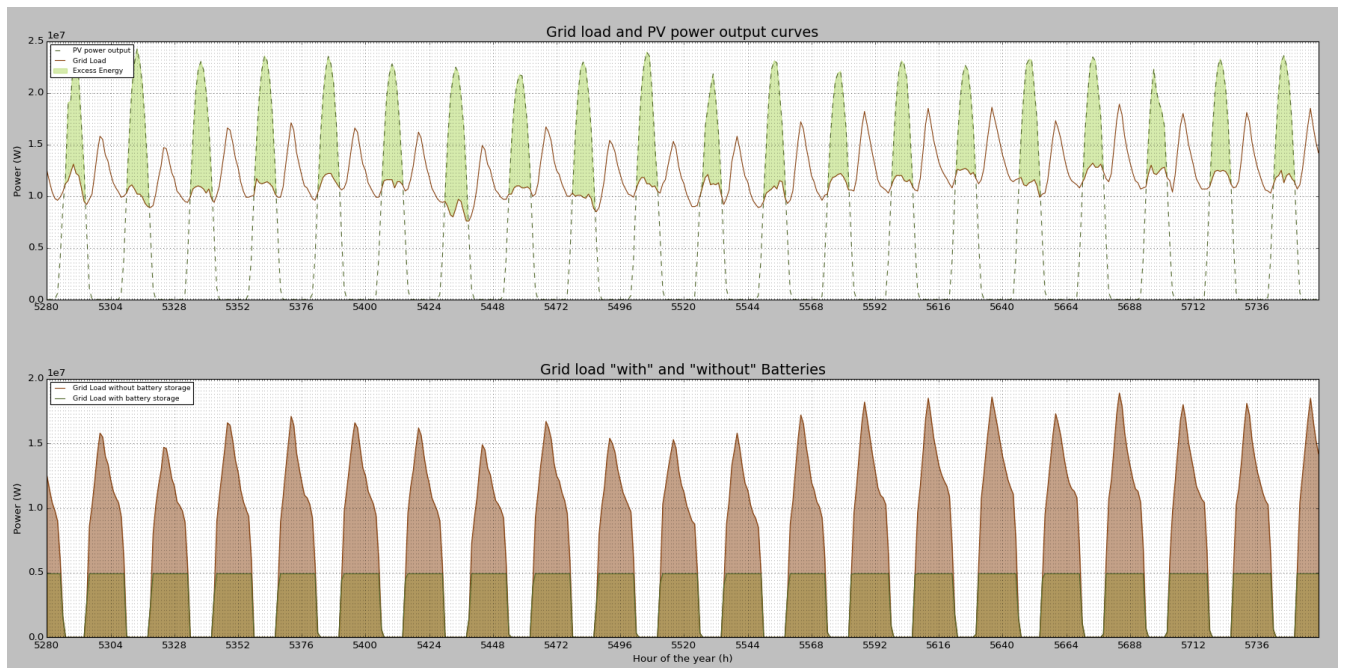
Total Cost in Present Value: 4,273,198,226.95 €
-----Notes-----
No excess energy, produced by renewables, is wasted.
-----!-----

Main modifiable parameters stored in config.py:
(1) Min and Max battery optimization search range
(2) Days of the year to be shown in the final plot
(3) Project Lifetime
(4) PV cost (€/kWp)
(5) Energy sell price (€/Wh)
(6) Discount rate
(7) Operational and Maintenance Costs (% of initial cost)
Feel free to tailor the source code to your needs!

```

(β') Εύρεση βέλτιστου πλήθους μπαταριών

Σχήμα 1: Εκτέλεση προγράμματος



Σχήμα 2: Τα τρία σενάρια