



Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

“Μακροχρόνια μελέτη ενεργειακής συμπεριφοράς αιολικού πάρκου στη νήσο Κρήτη και διερεύνηση των προβλημάτων απορρόφησης της συνολικής αιολικής παραγωγής από το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο”



Επιβλέπων καθηγητής: Ζαφειράκης Δημήτριος

Τσαλαπώρτας Δημήτριος Α.Μ.: 38904

Ρουμπάνος Απόστολος Α.Μ.: 38394

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	2
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	3
1.1 Σύντομη περιγραφή Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων	3
1.2 Διεΐσδυση ΑΠΕ	3
Κεφάλαιο 2 Αποθήκευση Ενέργειας.....	10
2.1 Γενικά	10
2.2 Διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης	14
Κεφάλαιο 3 Η Κρήτη	17
3.1 Γενική περιγραφή της Κρήτης	17
3.2 Γενικά χαρακτηριστικά Ηλεκτρικού Δικτύου Κρήτης	19
3.3 Γενική περιγραφή θερμικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη	20
3.4 Μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Κρήτη	22
3.5 Ζήτηση φορτίου Κρήτης	25
3.6 Μελλοντικά Σχέδια Κρήτης	26
Κεφάλαιο 4 Αιολικό Πάρκο	28
4.1 Περιγραφή του Αιολικού Πάρκου	28
4.2 Περιγραφή του SCADA	29
Κεφάλαιο 5 Διαγράμματα	31
5.1 Απορρίψεις μηχανών Ιουλίου-Δεκεμβρίου 3ετίας	32
5.2 Απορρίψεις Φεβρουαρίου-Ιουνίου ανά τα χρόνια	68
5.3 Μέση τιμή απορρίψεων ανά τα χρόνια	70
5.4 Μέση ταχύτητα ανέμου ανά τα χρόνια	71
5.5 Αθροιστική κατανομή πιθανότητας για την ταχύτητα ανέμου.....	72
5.6 Ποσοστό απορρίψεων ανά ταχύτητα ανέμου	73
5.7 Απορρίψεις Αυγούστου-Μαρτίου για καθημερινές-Σαββατοκύριακα ανά τα χρόνια	79
5.8 Απορρίψεις Ιουλίου-Δεκεμβρίου της ημέρας χωρισμένη ανά 6 ώρες	83
Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα	91
Βιβλιογραφία	92

Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία εξετάζει την συμπεριφορά ενός αιολικού πάρκου στη νήσο Κρήτη, δηλαδή το πως αυτό συνεργάζεται με το Ηλεκτρικό Δίκτυο της Κρήτης.

Για το σκοπό αυτό έχουμε ως δεδομένα πραγματικές τιμές για την χρονική περίοδο 2010-2016, τα οποία λήφθηκαν μέσω του προγράμματος SCADA. Τα δεδομένα μας είναι η πραγματικά και θεωρητικά παραγόμενη ισχύς των μηχανών, η ταχύτητα του ανέμου και τέλος η θερμοκρασία και η πίεση του. Με την επεξεργασία αυτών των δεδομένων δημιουργήθηκαν τα εξής διαγράμματα:

- Οι απορρίψεις ανά μήνα
- Οι απορρίψεις ανά ημέρα και δεκάλεπτο στην περίοδο του μήνα
- Η ημέρα χωρισμένη ανά 6 ώρες
- Οι απορρίψεις τα Σαββατοκύριακα και καθημερινές
- Μέση ταχύτητα ανέμου ανά τα χρόνια
- Αθροιστική κατανομή πιθανότητας για την ταχύτητα ανέμου
- Ποσοστό απορρίψεων ανά ταχύτητα ανέμου

Μέσω αυτών των διαγραμμάτων και των αποτελεσμάτων τους μπορούμε να κατανοήσουμε την συμπεριφορά του αιολικού πάρκου σε συνδυασμό με το συγκεκριμένο ηλεκτρικό δίκτυο. Επίσης μπαίνουν οι βάσεις για την συνέχιση αυτής της μελέτης για την διερεύνηση της περίπτωσης τοποθέτησης μιας αποθηκευτικής μονάδας, κάτι το οποίο θα μπορούσε να είναι κερδοφόρο για το πάρκο.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Σύντομη περιγραφή Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων

Τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ), σύμφωνα με τον ΑΔΜΗΕ, είναι τα νησιά της Ελληνικής επικράτειας που δεν συνδέονται με το σύστημα και το δίκτυο διανομής της ηπειρωτικής περιοχής. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα νησιά της Ελλάδας γίνεται κυρίως μέσω Αυτόνομων ή Τοπικών Σταθμών οι οποίοι χρησιμοποιούν ως καύσιμο το πετρέλαιο αλλά και από σταθμούς ΑΠΕ κυρίως αιολικούς και φωτοβολαϊκούς. Τα τεχνικά και τεχνολογικά προβλήματα όπως και οι οικονομικές δυσκολίες δεν έχουν καταστήσει μέχρι σήμερα δυνατό τη διασύνδεση των νησιών με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό σύστημα.

Οι γεωγραφικές ιδιαιτερότητες των ελληνικών νησιών έχουν ως αποτέλεσμα την ύπαρξη πολλών διαφορών σε σχέση με τα Διασυνδεδεμένα Ηλεκτρικά Δίκτυα αλλά και με άλλα Νησιωτικά Συστήματα παγκοσμίως. Συνεπώς παρουσιάζονται προβλήματα στο τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και στην επαρκή και αξιόπιστη ηλεκτροδότηση των κατοίκων των νησιών.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που παρουσιάζουν τα συστήματα ΜΔΝ είναι ότι η ενέργεια που απαιτείται πρέπει να παράγεται επιτόπου χωρίς να μπορεί να εξυπηρετηθεί από ένα σταθμό παραγωγής που βρίσκεται μακριά γεωγραφικά από το σημείο ζήτησης όπως αυτό συμβαίνει στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα. Το πρόβλημα γίνεται ακόμα πιο σοβαρό λαμβάνοντας υπόψη τις εξαναγκασμένες βλάβες και τις συντηρήσεις του εξοπλισμού του συστήματος. Ένα επιπλέον σημαντικό χαρακτηριστικό που παρουσιάζουν τα ελληνικά νησιά είναι η άνιση κατανομή της ζήτησης στις εποχές του έτους. Παρατηρείται λοιπόν μια ραγδαία αύξηση του πληθυσμού μεταξύ χειμερινών και καλοκαιρινών μηνών κυρίως λόγω του τουρισμού συνεπώς και αύξηση της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια, σε επίπεδα που δεν είναι δυνατόν πάντα να καλυφθούν.

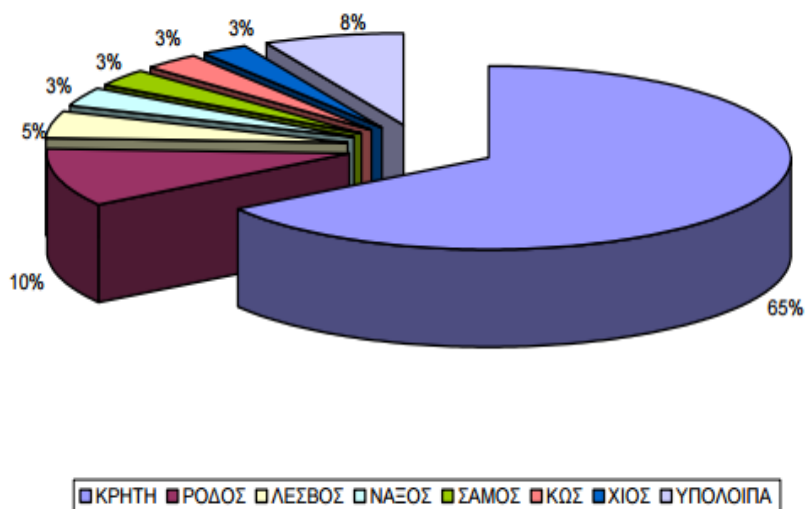
1.2 Διείσδυση ΑΠΕ

Μέχρι πρότινος η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα ΜΔΝ εξαρτιόταν από ορυκτά καύσιμα κάτι που τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει καθώς παρατηρείται ένα αυξημένο επενδυτικό ενδιαφέρον για τις ΑΠΕ κυρίως για δύο λόγους. Το κόστος των ορυκτών καυσίμων επιβαρύνει οικονομικά τους κατοίκους των εν λόγω νησιών αλλά και τους καταναλωτές της επικράτειας και ο ρυπογόνος χαρακτήρας τους δεν συμβαδίζει με τα Ευρωπαϊκά και Διεθνή πρότυπα προστασίας του περιβάλλοντος.

Στα παρακάτω Σχήματα 1.1 και 1.2 παρουσιάζεται η αύξηση της εγκατεστημένη ισχύος των αιολικών πάρκων σε MW τα έτη 2010 και 2016 αντίστοιχα.

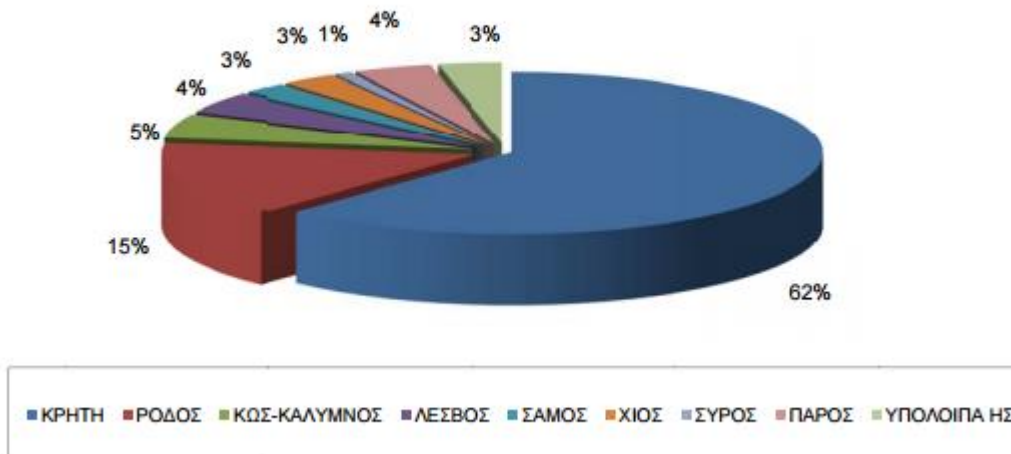
- Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών πάρκων στο νησιωτικό δίκτυο τα έτη 2010 και 2016.

76 Αιολικά Πάρκα (Α/Π) Συνολικής Ισχύος 254,46 MW



Σχήμα 1.1 Ισχύς Α/Π 2010

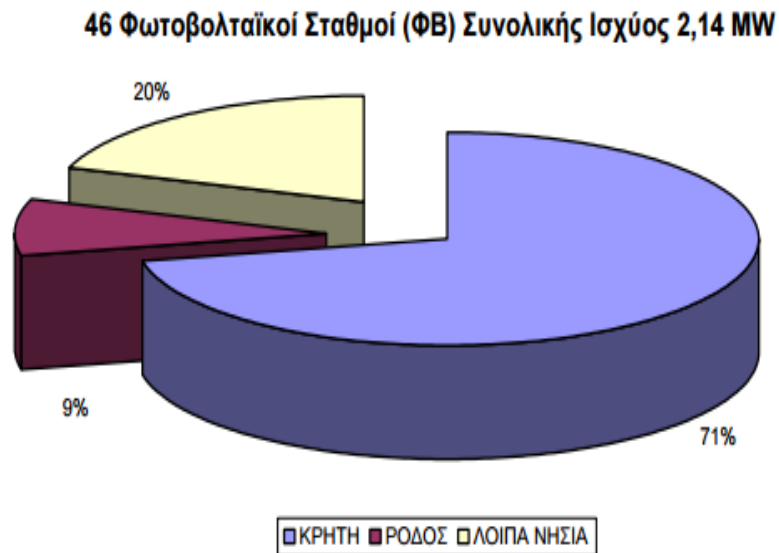
98 Αιολικά Πάρκα (Α/Π) Συνολικής Ισχύος 322,69 MW



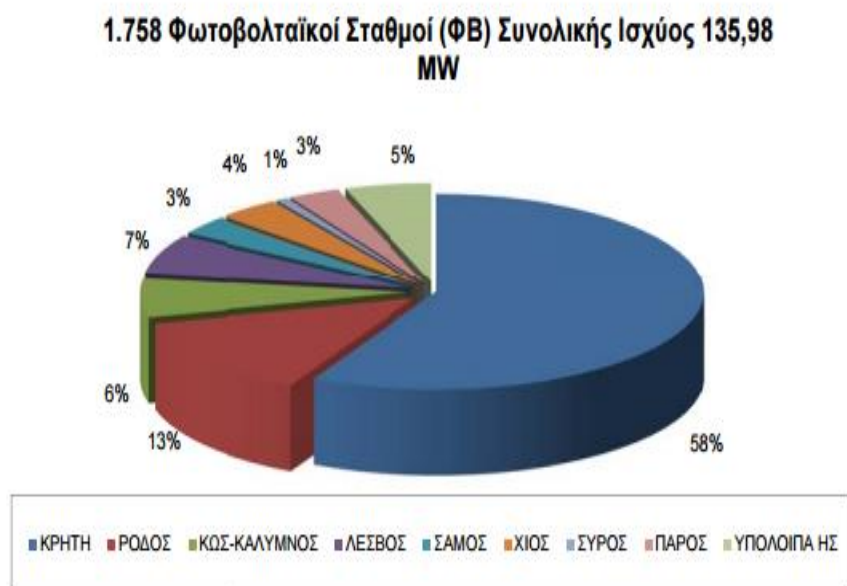
Σχήμα 1.2 Ισχύς Α/Π 2016

Στα Σχήματα 1.3 και 1.4 παρουσιάζεται η αύξηση της εγκατεστημένη ισχύος των φωτοβολταϊκών πάρκων σε MW τα έτη 2010 και 2016 αντίστοιχα.

- Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών πάρκων στο νησιωτικό δίκτυο τα έτη 2010 και 2016.



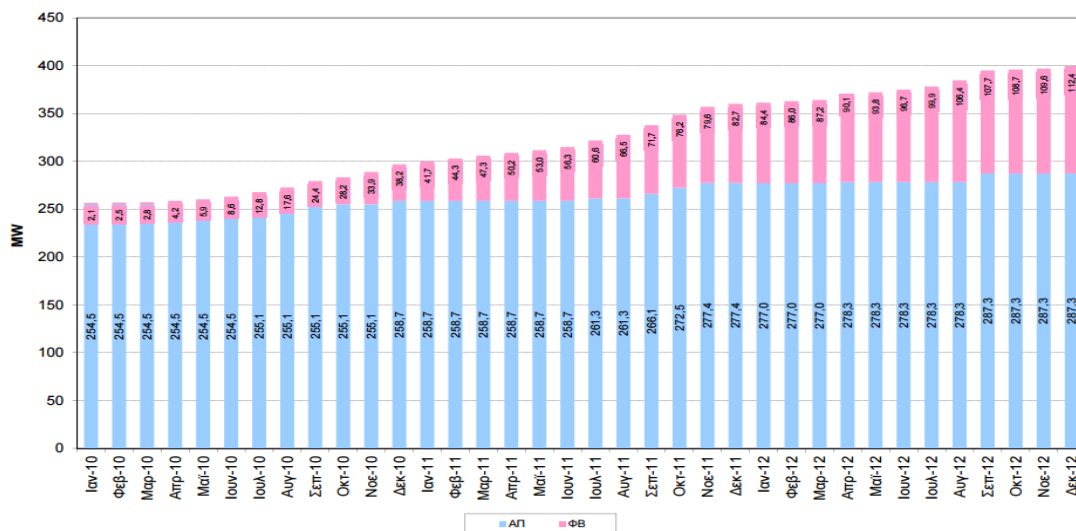
Σχήμα 1.3 Ισχύς ΦΒ 2010



Σχήμα 1.4 Ισχύς ΦΒ 2016

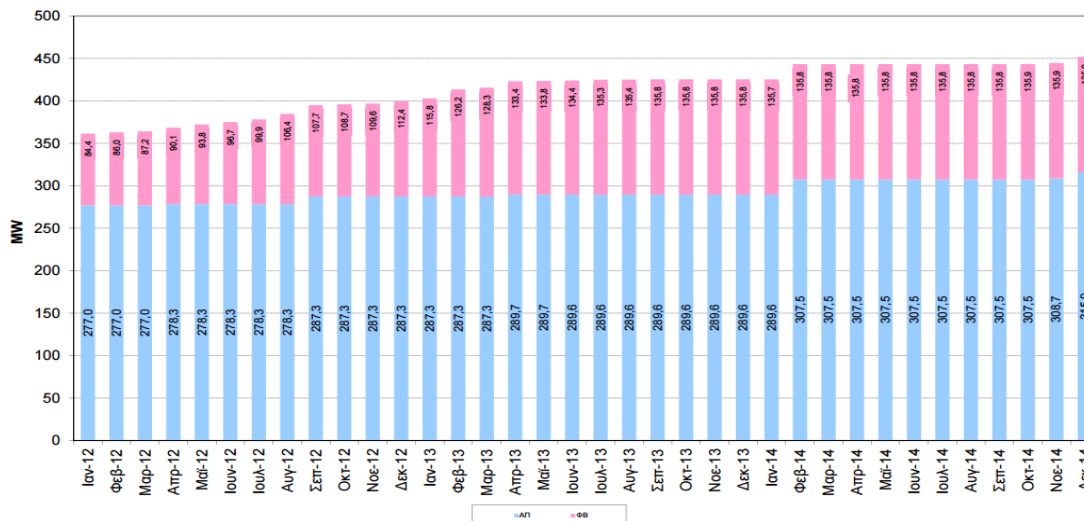
Στους παρακάτω τρεις Πίνακες(1.1, 1.2, 1.3) παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων ανά τρία έτη.

- Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων στο νησιωτικό δίκτυο τα έτη 2010 με 2012.



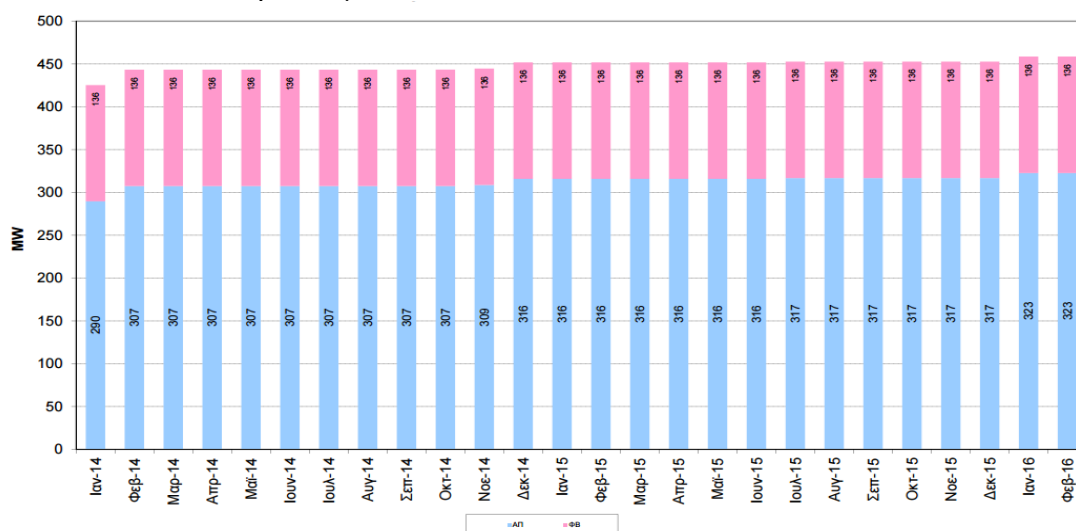
Πίνακας 1.1

➤ Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων στο νησιωτικό δίκτυο τα έτη 2012 με 2014.



Πίνακας 1.2

- Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων στο νησιωτικό δίκτυο τα έτη 2014 με 2016.



Πίνακας 1.3

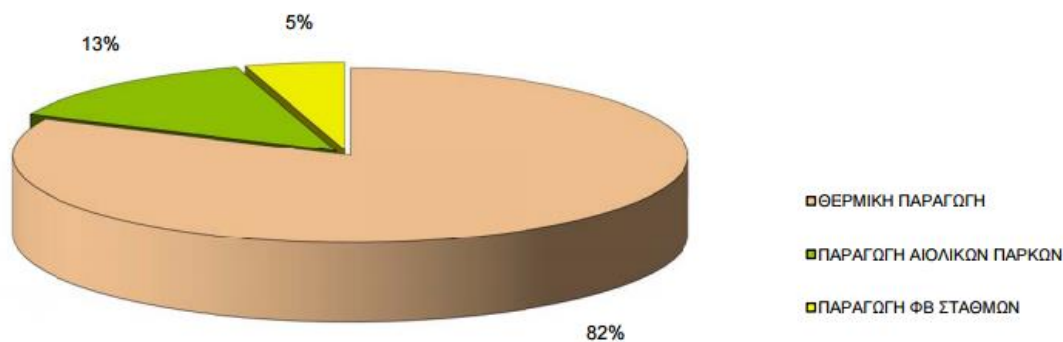
Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω Πίνακες παρατηρείται πως το μεγαλύτερο επενδυτικό ενδιαφέρον εγκατάστασης ΑΠΕ παρουσιάστηκε τα έτη 2011 με 2014, ενώ από το 2014 μέχρι και σήμερα παρουσιάζεται μια σταθερότητα.

Στο παρακάτω Πίνακα 1.4 απεικονίζονται συγκεντρωτικά για κάθε μήνα του 2015 η εγκατεστημένη ισχύς σε MW και η ηλεκτροπαραγωγή σε MWh για κάθε κατηγορία ΑΠΕ ξεχωριστά αλλά και συνολικά.

ΜΗΝΑΣ	ΑΙΟΛΙΚΑ		ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ*		ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ		ΣΥΝΟΛΟ	
	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MWh)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MWh)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MWh)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MWh)
Ιανουάριος	315,90	68.344,89	135,92	11.187,29	0,30	0,00	452,12	79.532,18
Φεβρουάριος	315,90	69.299,74	135,92	11.381,29	0,30	0,00	452,12	80.681,03
Μάρτιος	315,90	59.282,79	135,92	15.855,32	0,30	0,00	452,12	75.138,11
Απρίλιος	315,90	55.913,50	135,92	22.581,52	0,30	46,53	452,12	78.541,55
Μάιος	315,90	47.720,76	135,92	25.765,76	0,30	31,13	452,12	73.517,65
Ιούνιος	315,90	63.583,32	135,92	25.563,76	0,30	53,56	452,12	89.200,64
Ιούλιος	316,74	82.299,23	135,98	28.934,18	0,30	53,24	453,02	111.286,65
Αύγουστος	316,74	69.696,70	135,98	25.745,14	0,30	45,45	453,02	95.487,29
Σεπτέμβριος	316,74	51.004,65	135,98	21.286,99	0,30	39,00	453,02	72.330,64
Οκτώβριος	316,74	63.130,75	135,98	17.371,79	0,30	33,20	453,02	80.535,74
Νοέμβριος	316,74	59.857,37	135,98	16.253,78	0,30	41,01	453,02	76.152,16
Δεκέμβριος	316,74	74.722,08	135,98	12.797,55	0,30	41,71	453,02	87.561,34
Σύνολο	316,74	764.855,78	135,98	234.724,37	0,30	384,83	453,02	999.964,98

Πίνακας 1.4

Λόγω των περιορισμών διείσδυσης που επιβάλλουν οι συμβατικές μονάδες παραγωγής, η συνεισφορά των ΑΠΕ στα νησιωτικά συστήματα κινείται σε χαμηλά επίπεδα παρά το υψηλό αιολικό και ηλιακό δυναμικό που επικρατεί στο Αιγαίο. Συνεπώς όσο αυξάνεται η εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ θα αυξάνεται και το ποσοστό των απορρίψεων ενέργειας.



Σχήμα 1.5

Στο Σχήμα 1.5 απεικονίζεται το ποσοστό κάλυψης της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και Θερμικές μονάδες στα ΜΔΝ για το μήνα Ιούλιο 2015. Παρατηρείται λοιπόν ότι το 82% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής καλύπτεται από Θερμικές μονάδες ενώ από σταθμούς ΑΠΕ μόλις το 18% (13% Α/Π και 5% ΦΒ). Πιο συγκεκριμένα στο Πίνακα 1.5 φαίνεται για τον ίδιο μήνα η ηλεκτροπαραγωγή από θερμικές μονάδες και από μονάδες ΑΠΕ ανά σύστημα ΜΔΝ.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ 2014 (MW)	ΜΕΓΙΣΤΗ* ΕΤΗΣΙΑ ΔΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ 2014 (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (MWh)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ (MWh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΚΡΗΤΗ	819,25	601,70	232.411,98	70.729,96	23,33%
ΡΟΔΟΣ	232,61	198,50	87.278,07	14.837,87	14,53%
ΛΕΣΒΟΣ	92,50	63,69	22.939,61	4.846,97	17,44%
ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ	120,05	95,30	42.052,55	5.354,50	11,29%
ΛΗΜΝΟΣ	21,58	14,00	5.335,02	767,60	12,58%
ΜΗΛΟΣ	20,60	12,00	4.222,15	1.097,12	20,63%
ΠΑΡΟΣ	73,72	70,00	22.405,63	4.696,30	17,33%
ΧΙΟΣ	69,93	43,30	15.532,74	2.753,62	15,06%
ΣΥΡΟΣ	39,70	20,60	8.268,51	725,21	8,06%
ΣΑΜΟΣ	47,75	29,95	10.247,25	3.457,02	25,23%
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	17,90	11,30	4.235,76	529,57	11,11%
ΜΥΚΟΝΟΣ	49,84	42,00	16.682,30	518,57	3,01%
ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ**	147,79		34.427,11	972,33	2,75%
ΣΥΝΟΛΟ	1.753,24		506.038,68	111.286,65	18,03%

Πίνακας 1.5

Παρατηρείται πως το ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή είναι γενικά χαμηλό σε σχέση με το ποσοστό κάλυψης των θερμικών μονάδων. Η μεγαλύτερη διείσδυση συμβαίνει στα νησιά της Κρήτης, Λέσβου, Μήλου, Πάρου και Σάμου. Στα υπόλοιπα νησιωτικά συστήματα το ποσοστό διείσδυσης είναι αρκετά χαμηλό.

Οι περιορισμοί που αναφέρονται παραπάνω συμβαίνουν κυρίως διότι τα συστήματα ΑΠΕ έχουν μη ελεγχόμενη παραγωγή καθώς εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες οι οποίες μπορούν να προβλεφθούν σε ικανοποιητικό βαθμό όμως δεν συμβαδίζουν πάντα με τη ζήτηση. Για το λόγο αυτό οι διαχειριστές των συστημάτων καλούνται να τηρούν υψηλή στρεφόμενη εφεδρεία στις ελεγχόμενες μονάδες έτσι ώστε να μπορεί να

καλυφθεί ενδεχόμενη απώλεια του μεγαλύτερου μέρους ή του συνόλου της εκάστοτε παραγωγής ΑΠΕ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ένταξη συμβατικών μονάδων ικανότητας επαρκούς για τη κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους της ζήτησης φορτίου. Με δεδομένη την ικανότητα των προς ένταξη συμβατικών μονάδων κάθε χρονική στιγμή, η συμβατική παραγωγή δεν μπορεί να είναι μικρότερη από το άθροισμα των τεχνικών ελαχίστων των μονάδων αυτών. Συνεπώς, η διείσδυση της μη ελεγχόμενης ΑΠΕ παραγωγής περιορίζεται κάθε ώρα και είναι το πολύ ίση με τη διαφορά της ωριαίας συνολικής ζήτησης από την ελάχιστη συμβατική παραγωγή. Ο περιορισμός αυτός είναι γνωστός ως "Περιορισμός Τεχνικού Ελαχίστου". Επιπλέον, επειδή ο ρυθμός ανάληψης φορτίου των συμβατικών μονάδων, σε περίπτωση απώλειας μη ελεγχόμενης παραγωγής, είναι περιορισμένος, εισάγεται ένας ακόμη περιορισμός για την αποδεκτή διείσδυση μη ελεγχόμενης παραγωγής ΑΠΕ, γνωστός ως "Δυναμικός Περιορισμός". Ο δυναμικός περιορισμός σήμερα υπολογίζεται ως ποσοστό (συνήθως 30-35%) επί του εκάστοτε φορτίου του συστήματος. Συνολικά, η μέγιστη μη ελεγχόμενη παραγωγή ΑΠΕ (κατά βάση αιολική) που μπορεί να εγχέεται κάθε χρονική στιγμή στο σύστημα καθορίζεται από τον αυστηρότερο από τα δύο παραπάνω περιορισμούς (τεχνικού ελαχίστου και δυναμικό) και μεταφράζεται σε εντολή περιορισμού της παραγόμενης ισχύος (set-point), η οποία επιμερίζεται στα Α/Π του νησιού αναλογικά προς την εγκατεστημένη ισχύ τους. Οι παραπάνω περιορισμοί δεν αφορούν την εγκατεστημένη ισχύ των σταθμών ΑΠΕ, αλλά την αποδιδόμενη από αυτούς ισχύ κατά τη λειτουργία και η τιμή τους δεν είναι δεδομένη, αλλά εξαρτάται από την εκάστοτε λειτουργική κατάσταση του συστήματος (κυρίως από το φορτίο). Οι περιορισμοί διείσδυσης (set-point) της μη ελεγχόμενης παραγωγής ΑΠΕ εφαρμόζονται στην πράξη μόνο στα αιολικά πάρκα, των οποίων η παραγόμενη ισχύς περιορίζεται όσο απαιτείται. Επιπρόσθετα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι, σε επίπεδο νησιού, η πλεονάζουσα αιολική παράγωγή (πχ κατά τη διάρκεια της νύχτας όπου μπορεί να έχουμε ισχυρούς ανέμους ενώ η ζήτηση είναι περιορισμένη) απορρίπτεται, αφού δεν είναι δυνατόν να αποθηκευτεί σε μεγάλα ποσά, αλλά ούτε και να μεταφερθεί σε μέρη με υψηλότερη ζήτηση, στην περίπτωση νησιού που δεν είναι διασυνδεδεμένο με τον ηπειρωτικό χώρο ή με άλλο νησιωτικό συγκρότημα. Σε ό,τι αφορά τη Φ/Β παραγωγή, δεν επιβάλλεται κανένας λειτουργικός περιορισμός στην ισχύ εξόδου των Φ/Β σταθμών, η οποία πρακτικώς θεωρείται ενσωματωμένη στο φορτίο του δικτύου, λόγω του μικρού μεγέθους των σταθμών αυτών, της υψηλής διασποράς τους στο δίκτυο διανομής των νησιών και της συγκριτικά μικρότερης μεταβλητότητας της ισχύος εξόδου τους. Συνεπώς οι τεχνικές προϋποθέσεις για την επίτευξη υψηλών διεισδύσεων ΑΠΕ αποτελούν αντικείμενο έρευνας, καθώς δεν υπάρχει ακόμη σημαντική εμπειρία λειτουργίας πραγματικών συστημάτων υπό τέτοιες συνθήκες, ενώ επίσης η τεχνολογία των μονάδων παραγωγής από ορισμένες κατηγορίες ΑΠΕ, καθώς και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, βρίσκεται επίσης σε φάση ανάπτυξης. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι τα συστήματα αποθήκευσης μπορούν να βελτιώσουν την ασφάλεια και αξιοπιστία των νησιωτικών συστημάτων καλύπτοντας τη ζήτηση με οικονομικό τρόπο και επιτυγχάνοντας μεγάλη διείσδυση των ΑΠΕ. Αυτά μπορούν να αναπτυχθούν σαν αποκεντρωμένες μονάδες στο δίκτυο μικρής σχετικά ισχύος ή σαν κεντρικές μονάδες μεγαλύτερης ισχύος χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες τεχνολογίες και λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν υπάρχει μια μοναδική τεχνολογία που να μπορεί να καλύψει όλες τις ανάγκες των δικτύων.

Κεφάλαιο 2

Αποθήκευση Ενέργειας

2.1 Γενικά

Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, είτε είναι διασυνδεδεμένο είτε όχι, θα πρέπει να ικανοποιείται το ισοζύγιο ισχύος δηλαδή η ισχύς που απορροφάται από τους καταναλωτές θα πρέπει να είναι ίση με αυτή που παράγεται από τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας.

Βάση κυρίως ιστορικών στοιχείων του ΣΗΕ είναι σχετικά προβλέψιμη η χρονική διακύμανση του φορτίου έτσι ώστε να προσαρμόζεται σε αυτή η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Σε περιόδους χαμηλού φορτίου οι μεγάλοι θερμικοί σταθμοί δεν μπορούν να μειώσουν την παραγωγή τους κάτω από ένα τεχνικό ελάχιστο όριο οπότε τις χρονικές αυτές περιόδους φαίνεται να περισσεύει ισχύς στο δίκτυο. Η μη ελεγχόμενη παραγωγή των ΑΠΕ προσθέτει μία παραπάνω πολυπλοκότητα:

- Τα αιολικά πάρκα λόγω της έντονης μεταβλητότητας του ανέμου παρουσιάζουν διακύμανση στη παραγωγή αλλά και αδυναμία πρόβλεψης αυτής συνεπώς προκαλούν τεχνικά προβλήματα στη διαχείριση ενός ηλεκτρικού δικτύου.
- Η παραγόμενη ενέργεια των μικρών υδροηλεκτρικών εξαρτάται από τη φυσική παροχή του ποταμού η οποία είναι μεγάλη κατά τις πλημμύρες και μικρή κατά τις ξηρές περιόδους.
- Τέλος η ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται στα φωτοβολταϊκά έργα μηδενίζεται τη νύχτα, ενώ την ημέρα εξαρτάται από τον καιρό.

Κατά συνέπεια, όλες αυτές οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας έχουν το μειονέκτημα της χρονικής αναντιστοιχίας της παραγωγής, η οποία δεν επιδέχεται ανθρώπινο έλεγχο, με τη ζήτηση. Δημιουργείται, επομένως, η ανάγκη της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για μικρά έως μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ακόμα και πριν την έντονη ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο ηλεκτρικό δίκτυο υπήρχε η ανάγκη της αποθήκευσης αφού οι θερμικές μονάδες δεν είναι ευέλικτες και κατά περιόδους η ενέργεια που παράγουν είναι μεγαλύτερη της ζήτησης.

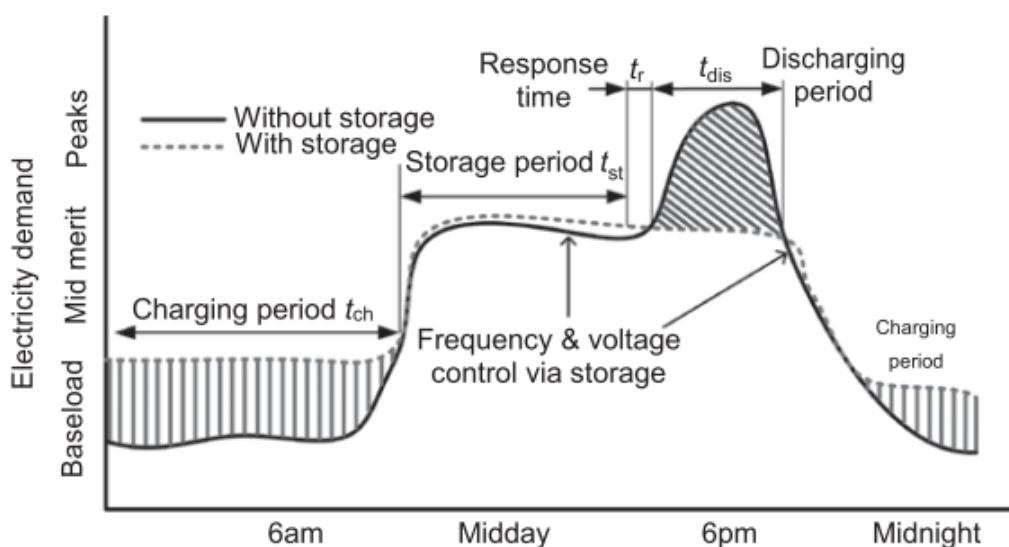
Στην προσπάθεια λοιπόν του διαχειριστή ενός ηλεκτρικού δικτύου να εντάξει στο σύστημα παραγωγής τις ΑΠΕ δημιουργούνται δύο προβλήματα. Αρχικά στις περιόδους χαμηλού φορτίου γίνεται προσπάθεια για την καλύτερη δυνατή ενσωμάτωση στο δίκτυο της παραγωγής από τις ΑΠΕ και επιπλέον αναζητώντας διαθεσιμότητα μεγάλης ισχύος και ενέργειας μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα σε περιόδους υψηλού φορτίου και ιδιαίτερα στις αιχμές.

Το γεγονός ότι η αιολική κυρίως ενέργεια έχει μεταβλητή παραγωγή κάποιες στιγμές η συμμετοχή της στο ηλεκτρικό δίκτυο πλησιάζει κάποια όρια πέρα από τα οποία προκαλούνται προβλήματα συνεπώς η ανάγκη αποθήκευσης μέρους της ενέργειας γίνεται ακόμα πιο επιτακτική. Πλέον υπάρχουν περιοχές που έχουν φτάσει αυτό το όριο και έτσι η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας μπορεί να γίνει μόνο αν συνδυαστεί με αποθήκευση. Το δίκτυο που τροφοδοτείται στα νησιά, ακόμα και του μεγέθους της Κρήτης, είναι μικρότερο οπότε το πρόβλημα της διαχείρισης της ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ γίνεται ακόμα πιο έντονο.

Συμπερασματικά, όταν μία από τις μονάδες που εμπλέκονται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παράγει ισχύ με έντονη μεταβλητότητα, όπως είναι η περίπτωση

ενός αιολικού πάρκου, υπάρχει αβεβαιότητα ως προς τη διαθεσιμότητα ενέργειας σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή για την κάλυψη της ζήτησης και ένας τρόπος αντιμετώπισης αυτής της αβεβαιότητας και ως εκ τούτου εξασφάλισης της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές είναι μέσω της εγκατάστασης ενός συστήματος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (Σχήμα 2.1) που επιτρέπει την προσαρμογή του ακανόνιστου χαρακτήρα της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες στη ζήτηση.

Στο Σχήμα 2.1 απεικονίζεται η λειτουργία μιας συμβατικής μονάδας με σύστημα αποθήκευσης ενέργειας και απουσίας αυτού. Επίσης φαίνεται το πώς η αποθήκευση της ενέργειας μπορεί να λειτουργήσει για να εξομαλύνει την παραγωγή ισχύος των συμβατικών μονάδων παραγωγής. Η διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί στην ισχύ του φορτίου στη διάρκεια της ημέρας, η οποία ταυτίζεται με την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ των συμβατικών μονάδων στην περίπτωση απουσίας της αποθήκευσης ενέργειας. Αντίθετα, η συνεχής γραμμή αντιστοιχεί στην παραγωγή των συμβατικών μονάδων, όταν στη λειτουργία του συστήματος ενσωματώνονται διατάξεις αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Παρατηρούμε ότι με τη χρήση μεθόδων αποθήκευσης, το εύρος λειτουργίας των συμβατικών μονάδων περιορίζεται σημαντικά, οδηγώντας στην οικονομικότερη λειτουργία τους. Αυτό επιτυγχάνεται με την αποθήκευση της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας τις ώρες που έχουμε χαμηλή ζήτηση και αποδίδοντας την ενέργεια αυτή στις ώρες αιχμής, προσφέροντας έτσι στις συμβατικές μονάδες υψηλότερο βαθμό απόδοσης.



Σχήμα 2.1

Τα πλεονεκτήματα της ενεργειακής αποθήκευσης είναι τα ακόλουθα:

- Μείωση των λειτουργικών εξόδων και του κεφαλαίου εγκατάστασης νέων συμβατικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

- Αύξηση της παραγωγής από ΑΠΕ
- Βελτιστοποίηση της χρήσης του υπάρχοντος δικτύου μεταφοράς και διανομής και ελαχιστοποίηση των εξόδων για την ενίσχυσή του
- Λειτουργία σε αυτόνομες εφαρμογές, όπως ως συσκευές αδιάλειπτης παροχής ισχύος (UPS)
- Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον
- Βελτίωση της ευελιξίας και της αξιοπιστίας του συστήματος, με την εξασφάλιση εφεδρείας ηλεκτρικής ισχύος.

Το σύνολο των εφαρμογών των αποθηκευτικών διατάξεων σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας συνοψίζεται παρακάτω:

- Load Leveling: Είναι η αποθήκευση φθηνής πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται από τις μονάδες βάσης κατά τις περιόδους εκτός αιχμής και η χρησιμοποίησή της σε περιόδους αιχμής φορτίου, αντί της χρήσης των ακριβών μονάδων. Η εφαρμογή αυτή αφορά το στάδιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Transmission Voltage Regulation: Είναι η διατήρηση της τιμής της τάσης μέσα σε συγκεκριμένα προκαθορισμένα όρια διακύμανσης, τόσο κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στα σημεία του φορτίου. Αφορά το στάδιο μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Power Quality Improvement: Διακρίνεται σε μικρής διάρκειας βελτίωση ποιότητας ισχύος η οποία σχετίζεται με την εξομάλυνση απότομων βυθίσεων και αιχμών τάσης, για χρονικό διάστημα από μερικά δευτερόλεπτα μέχρι μερικά λεπτά για απαιτήσεις ισχύος $< 1\text{MW}$, και σε μεγάλης διάρκειας βελτίωση ποιότητας η οποία σχετίζεται με ότι και η προηγούμενη, αλλά για απαιτήσεις ισχύος $> 1\text{MW}$ για χρονική διάρκεια 1 - 2 ώρες.
- Spinning Reserve: Ονομάζεται και στρεφόμενη εφεδρεία. Είναι η διατήρηση μέρους της παραγωγής ισχύος από τις μονάδες και η παροχή της σε έκτακτες χρονικές στιγμές (π.χ. λόγω βλάβης μιας γεννήτριας), προκειμένου να συνεχιστεί η αδιάλειπτη παροχή ισχύος στους πελάτες μιας ηλεκτρικής εταιρίας. Η εφαρμογή αυτή απαιτεί αποθήκευση ισχύος της τάξης των 10 - 100 MW για χρονικό διάστημα < 30 λεπτών.
- Black - start: Είναι η ικανότητα ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να τεθεί σε λειτουργία μετά από την πλήρη αποκοπή του από το δίκτυο λόγω κάποιου σφάλματος. Μερικές μονάδες παραγωγής (όπως για παράδειγμα οι

πυρηνικές μονάδες) απαιτούν μια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας για να επανεκκινηθούν μετά από ένα σφάλμα. Η απαιτούμενη αυτή ενέργεια για την επανεκκίνηση της θα δίνεται πλέον από την αποθηκευμένη.

- **Transmission & Distribution System Stability:** Αφορά τη διατήρηση της ευστάθειας του συστήματος μεταφοράς και διανομής και την αποτροπή της κατάρρευσης του. Για την εφαρμογή αυτή απαιτείται ισχύς >100MW για χρονική διάρκεια μερικών δευτερολέπτων.
- **Frequency Control:** Είναι ο έλεγχος για τη διατήρηση της συχνότητας στην ονομαστική της τιμή.
- **Generation Capacity Deferral:** Είναι η αναβολή της αύξησης της συνολικά εγκατεστημένης ισχύος των μονάδων παραγωγής, με την τροφοδότηση της αιχμής του φορτίου από διατάξεις αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Η εφαρμογή αυτή απαιτεί 10 – 100 MW για 2 - 4 ώρες.
- **Transmission & Distribution Facility Deferral:** Είναι η αναβολή της εγκατάστασης νέων γραμμών μεταφοράς και διανομής, τροφοδοτώντας την αιχμή φορτίου μέσω μη υπερφορτωμένων γραμμών από αποθηκευτικές διατάξεις ηλεκτρικής ενέργειας.
- **Renewable Energy Management:** Χρήση αποθηκευμένης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές για κάλυψη της ζήτησης.
- Απόσβεση ταλαντώσεων στις σύγχρονες γεννήτριες μετά από σφάλμα.
- Εξομάλυνση της μεταβλητότητας της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος από τα αιολικά πάρκα.

2.2 Διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης

Σε αυτή την παράγραφο δίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των διάφορων διατάξεων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

Σφόνδυλοι

Οι στρεφόμενες μάζες ή σφόνδυλοι (flywheels), αναμένεται να έχουν εφαρμογές παροχής ισχύος και ενέργειας για μικρά χρονικά διαστήματα και κυρίως για την παροχή εφεδρείας και όχι τόσο για την παροχή ενέργειας. Η ενέργεια που αποθηκεύεται με την περιστροφή μίας στρεφόμενης μάζας σε υψηλή ταχύτητα, μπορεί να μετατραπεί ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια με τη σύνδεση της μάζας σε μια γεννήτρια. Η κινητική ενέργεια μιας μάζας που περιστρέφεται είναι ανάλογη της ροπής αδράνειας και του τετραγώνου της γωνιακής ταχύτητάς του:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

όπου: E_k = κινητική ενέργεια, I = ροπή αδράνειας μάζας στροφέα και ω = γωνιακή ταχύτητα του στροφέα.

Τα τελευταία χρόνια, στο σχεδιασμό των στρεφόμενων μαζών η έμφαση έχει μετατοπιστεί από το σχεδιασμό της γεωμετρίας της μάζας στην προσπάθεια να επιτευχθούν υψηλές περιστροφικές ταχύτητες. Ταχύτητες μέχρι 40.000 rpm έχουν ήδη επιτευχθεί, ενώ μέχρι 60.000 rpm προβλέπονται για τις μελλοντικές γενιές. Ο χρόνος εκφόρτισης αυτών των διατάξεων κυμαίνεται μεταξύ λίγων sec και μέχρι 15-30 min, βοηθώντας, περισσότερο από τις μπαταρίες, σε εφαρμογές ισχύος παρά ενέργειας. Αντίθετα από τις μπαταρίες, τα συστήματα στρεφόμενων μαζών δεν είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία και η απόδοσή τους μπορεί να φτάσει ως και 80-90% χωρίς ιδιαίτερη πτώση της με το χρόνο ζωής τους, ο οποίος φτάνει τα 15-20 χρόνια (για χρήση σε υψηλές ταχύτητες). Πλεονεκτούν στο ότι απαιτούν μικρό κόστος συντήρησης και εγκατάστασης.

Αντλησιοταμίευση

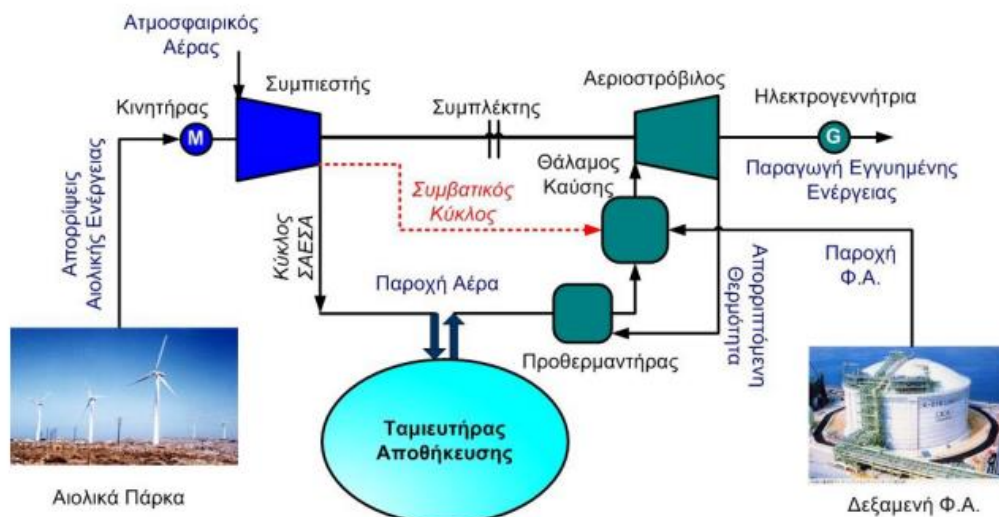
Σε ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης, το πλεόνασμα ενέργειας που εμφανίζεται σε περιόδους χαμηλής ζήτησης ή αυξημένης παραγωγής (π.χ. από υπάρχοντα αιολικά ή φωτοβολταϊκά πάρκα) χρησιμοποιείται μέσω άντλησης για την ανύψωση νερού από ένα ταμιευτήρα που βρίσκεται σε ένα χαμηλό επίπεδο σε έναν άλλο που βρίσκεται σε υψηλότερη στάθμη. Σύμφωνα με αυτό, κατά την διάρκεια των ωρών αιχμής ή σε περιόδους άπνοιας, το νερό απελευθερώνεται από τον άνω ταμιευτήρα και οι υδροστρόβιλοι με τις γεννήτριες της εγκατάστασης, παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, εκμεταλλευόμενοι την δυναμική ενέργεια του νερού μέσω της υψομετρικής διαφοράς των δύο ταμιευτήρων. Έτσι, το σύστημα αυτό είναι ικανό να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του συστήματος χρησιμοποιώντας την ενέργεια που προηγουμένως έχει αποθηκευτεί. Τα συστήματα αντλησιοταμίευσης αναλαμβάνουν την τροφοδότηση του φορτίου μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα εξαιτίας της γρήγορης απόκρισης των υδροστροβίλων και συνδυάζονται εύκολα με τις υπόλοιπες μονάδες ΑΠΕ παρέχοντας έτσι εγγυημένη ισχύ στο δίκτυο. Η τυπική απόδοση ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης κυμαίνεται μεταξύ 65% και 77% και η χρονική περίοδος λειτουργίας τους κυμαίνεται από 20 μέχρι 50 χρόνια, ανάλογα με το μέγεθος της

εγκατάστασης. Απαιτούν μικρή συντήρηση και φύλαξη, το κόστος παραγόμενης ενέργειας δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις ενώ συνδυάζονται συχνά με άλλες διευθετήσεις όπως άρδευση, ύδρευση, ρύθμιση της πλημμύρας και συνοδεύονται με έργα υποδομής που βοηθούν στην αξιοποίηση απομακρυσμένων περιοχών.

Το κύριο μειονέκτημα αυτής της εγκατάστασης είναι η έλλειψη κατάλληλων τοποθεσιών (απαιτούνται μεγάλες υψομετρικές διαφορές σε μικρή γεωγραφική έκταση) και το υψηλό κόστος κεφαλαίου, που οφείλεται κυρίως στην κατασκευή των δύο ταμιευτήρων με μια κατάλληλη υψομετρική διαφορά. Εξαιτίας αυτού, ένα ποτάμι θα μπορούσε να λειτουργήσει ως κάτω ταμιευτήρας για να μειωθεί το κόστος του έργου. Ένα άλλο μειονέκτημα αποτελούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατασκευή του φράγματος του έργου.

Συστήματα συμπιεσμένου αέρα

Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι ότι αέρας μπορεί να συμπιεστεί στα 800 ως 1600psi σε ειδικές γεωλογικές δομές και αφού αποσυμπιεστεί, μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό κινώντας έναν αεριοστρόβιλο. Συμπίεση του αέρα μπορεί να γίνει π.χ. κατά τη διάρκεια κοιλάδων φορτίου και αποσυμπιέσει κατά τη διάρκεια των αιχμών του φορτίου. Λόγω της ειδικής γεωλογικής δομής που απαιτείται υπόστρωμα ορυκτού άλατος, μόνο δύο τέτοιες εγκαταστάσεις υπάρχουν παγκοσμίως, η μία στο McIntosh, Alabama της Η.Π.Α (110MW) και η άλλη στη Γερμανία στο Huntorf (290MW). Η αρχή λειτουργίας του συστήματος παρουσιάζεται σε γενικές γραμμές στο Σχήμα 2.2. Πρόσφατη είναι και η προσπάθεια μείωσης της απαιτούμενης ισχύος και της πιο ευέλικτης εφαρμογής τέτοιων διατάξεων με τη μορφή Transportable-CAES ή micro-CAES για την εκμετάλλευση αιολικής παραγωγής, ενώ νέες εγκαταστάσεις αυτής της μορφής εγκαθίστανται στις Η.Π.Α.



Σχήμα 2.2

Κυψέλες Καυσίμου

Σε ό,τι αφορά τις κυψέλες καυσίμου, ως καύσιμο χρησιμοποιείται το υδρογόνο, το οποίο μαζί με το οξυγόνο παράγει ταυτόχρονα ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα, ενώ έχει ως απόβλητο το νερό. Με τις κυψέλες καυσίμου παρατηρείται απευθείας μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική με την ηλεκτροχημική γεννήτρια, καρδιά της οποίας είναι η κυψέλη καυσίμου. Η όλη διαδικασία μπορεί να φτάσει σε πολύ υψηλούς βαθμούς απόδοσης μιας και δεν υπάρχει περιορισμός από το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι κυψέλων καυσίμου που χρησιμοποιούνται και μπορούν να καλύψουν ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Οι κυψέλες καυσίμου αποτελούνται γενικά από δύο ηλεκτρόδια που περιβάλλονται από έναν ηλεκτρολύτη. Το οξυγόνο περνά από το ένα ηλεκτρόδιο και το υδρογόνο από το άλλο, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια, θερμότητα και αποβάλλοντας νερό. Σε γενικές γραμμές, μία κυψέλη καυσίμου λειτουργεί σαν μπαταρία. Παρόλ' αυτά, μια κυψέλη καυσίμου δεν απαιτεί επαναφόρτιση. Όσο ένα καύσιμο παρέχεται στην κυψέλη, ηλεκτρική ενέργεια παράγεται. Οι περιορισμοί και στο σύστημα αυτό έγκειται στο μέγεθος της δεξαμενής καυσίμου. Η ενέργεια που παράγει μία κυψέλη καυσίμου εξαρτάται από τον τύπο της κυψέλης, την θερμοκρασία λειτουργίας και τους καταλύτες που χρησιμοποιούνται για την βελτίωση της απόδοσης της χημικής αντίδρασης. Τα στάδια της παραγωγής και της αποθήκευσης είναι διαφοροποιημένα.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της τεχνολογίας αυτής είναι η χαμηλή συνολική απόδοση, η οποία εκτιμάται γύρω στο 30-40% για έναν πλήρη κύκλο. Οι απώλειες εντοπίζονται στην ηλεκτρόλυση του νερού για παραγωγή υδρογόνου, στην φάση της αποθήκευσης και στην παραγωγή μέσω της κυψέλης καυσίμου.

Είναι πιθανόν ότι οι κυψέλες καυσίμου θα συμβάλλουν ουσιαστικά στην ενεργειακή κάλυψη των αναγκών στο τέλος της δεκαετίας του 2020.

Μπαταρίες-συσσωρευτές

Οι μπαταρίες αποτελούν γενικά το πιο δημοφιλές μέσο αποθήκευσης. Τα στοιχεία αυτού του συστήματος αποθήκευσης είναι η συστοιχία των συσσωρευτών, το σύστημα μετατροπής ενέργειας και το σύστημα ελέγχου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο την λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος είναι το βάθος εκφόρτισης, η θερμοκρασία λειτουργίας, ο αριθμός των στοιχείων εν σειρά και ο έλεγχος της φόρτισης-εκφόρτισης. Η αποθήκευση με το σύστημα αυτό θεωρείται μια ώριμη μέθοδος αποθήκευσης και ενδείκνυται για αποθήκευση μικρών ποσοτήτων ενέργειας καθώς αποτελούν απλό σύστημα αποθήκευσης. Κοστίζουν όμως ακριβά για μεγάλα μεγέθη καθώς απαιτούν συντήρηση και ηλεκτρονικά μέσα για την ανόρθωση, τη μετατροπή συχνότητων και την σταθεροποίηση τάσης και συχνότητας, για κατανάλωση εναλλασσόμενου ρεύματος.

Μπαταρίες ροής

Οι μπαταρίες ροής αποτελούν μια σχετικά νέα τεχνολογία. Η ενέργεια αποθηκεύεται και απελευθερώνεται μέσω μιας χημικής αντίδρασης. Τα στάδια φόρτισης και εκφόρτισης συνιστούν την μετατροπή από ηλεκτρική σε χημική ενέργεια και αντίστροφα. Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτού του συστήματος αποθήκευσης είναι ότι η χωρητικότητα αποθήκευσης εξαρτάται αποκλειστικά από την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων ηλεκτρολυτών ενώ η ισχύς καθορίζεται από την ενεργό περιοχή της στοίβας του στοιχείου (cell stack).

Το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες ροής αποτελείται από έναν αριθμό ηλεκτροχημικών στοιχείων, καθένα από τα οποία έχει 2 διαχωριστικά (1 για κάθε ηλεκτρολύτη), τα οποία διαχωρίζονται από μία μεμβράνη. Οι δύο ηλεκτρολύτες αντλούνται από τις δεξαμενές μέσω της στοίβας του στοιχείου και της μεμβράνης. Διερχόμενος μέσα από την μεμβράνη, ο ένας ηλεκτρολύτης οξειδώνεται και ο άλλος ανάγεται, παράγοντας ρεύμα διαθέσιμο στο εξωτερικό κύκλωμα. Οι χρησιμοποιούμενες αντλίες, απαραίτητες για την κυκλοφορία των ηλεκτρολυτών, συμβάλλουν στην διατήρηση της θερμοκρασίας του συστήματος στο επιθυμητό επίπεδο.

Η ικανότητα αποθήκευσης αυτού του συστήματος εξαρτάται όπως προαναφέρθηκε από την χωρητικότητα των δεξαμενών των ηλεκτρολυτών. Προφανώς, αυξάνοντας την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων ηλεκτρολυτών, το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγάλης κλίμακας συστήματα αποθήκευσης, συγκρίσιμα με τα συστήματα αντλησιοταμίευσης και πεπιεσμένου αέρα.

Κεφάλαιο 3

Η Κρήτη

3.1 Γενική περιγραφή της Κρήτης

Η Κρήτη γεωγραφικά είναι το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας το οποίο βρίσκεται στο νότιο άκρο του Αιγαίου πελάγους, εδράζει περίπου 160 χλμ νότια της ελληνικής ηπειρωτικής χώρας και καλύπτει μία περιοχή 8.336 km². Πρωτεύουσα καθώς και μεγαλύτερη πόλη της είναι το Ηράκλειο. Γενικά η Κρήτη χωρίζεται σε τέσσερις νομούς: Ηρακλείου, Χανίων, Λασιθίου και Ρεθύμνου. Ο πληθυσμός της είναι 623.065 άνθρωποι. Έχει μήκος 260 χλμ. και ποικίλλει στο πλάτος με ένα μέγιστο 60 χλμ. (από το ακρωτήριο Δίον έως το ακρωτήριο Λίθινο), σε ένα ελάχιστο 12 χλμ. στον ισθμό Ιεράπετρας στην ανατολική Κρήτη. Η ακτογραμμή της παρουσιάζει βαθύ γεωγραφικό διαμελισμό, ο οποίος παρουσιάζει στην Κρήτη πάνω από 1.000 χλμ. ακτών.

Το νησί είναι εξαιρετικά ορεινό με τρεις κύριες οροσειρές, τα Λευκά Όρη (2454 μ.), την Ίδη (Ψηλορείτης) (2454 μ.) και τη Δίκτη(Λασιθιώτικα Όρη) (2148 μ.) που το διασχίζουν κατά σειρά από τη δύση ως την ανατολή. Επιπλέον ορεινοί όγκοι είναι αυτοί της Θρυπτής (1476 μ) στα ανατολικά και τα Αστερούσια Όρη (1231 μ.) στα νότια. Σ'

αυτά τα βουνά οφείλεται η ύπαρξη εύφορων οροπεδίων, όπως ο Ομαλός στα Λευκά Όρη, η Νίδα στην Ίδη και το Λασιθί, και το Καθαρό στη Δίκητη.

Η Κρήτη ανήκει στη μεσογειακή κλιματολογική ζώνη που προσδίδει τον κύριο κλιματικό χαρακτήρα της, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως εύκρατος. Η ατμόσφαιρα μπορεί να είναι αρκετά υγρή, ανάλογα με την εγγύτητα στη θάλασσα. Ο χειμώνας είναι αρκετά ήπιος και υγρός, με αρκετές βροχοπτώσεις, ως επί το πλείστο, στα δυτικά τμήματα του νησιού. Η χιονόπτωση είναι σπάνια στις πεδινές εκτάσεις, αλλά αρκετά συχνή στις ορεινές. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται στο πλαίσιο των 25-30 βαθμών Κελσίου, οπωσδήποτε χαμηλότερο από εκείνο στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Στις παρακάτω Εικόνες 4.1 και 4.2 απεικονίζεται η γεωγραφική κατανομή της Κρήτης και η καλλικρατική της δομή αντίστοιχα.



Εικόνα 4.1



Εικόνα 4.2

Η πληθυσμιακή κατανομή της Κρήτης ανά νομό παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 4.1 .

Νομοί	Πληθυσμός
Ηρακλείου	305.995
Λασιθίου	75.690
Ρεθύμνου	85.160
Χανίων	156.220

Πίνακας 4.1

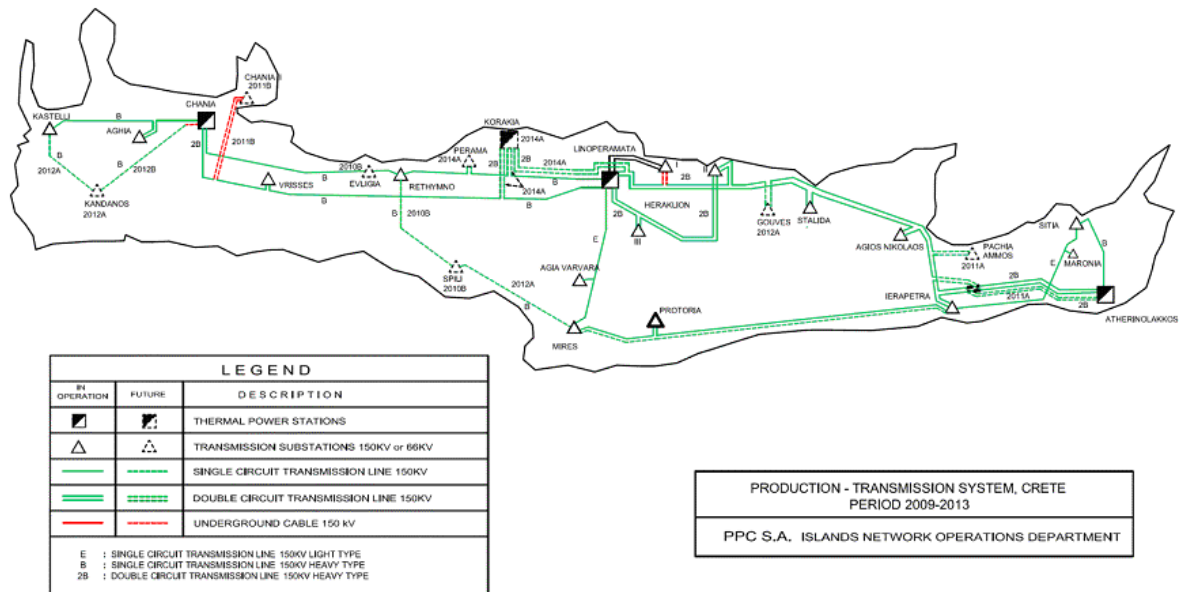
3.2 Γενικά χαρακτηριστικά Ηλεκτρικού Δικτύου Κρήτης

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού, παρουσιάζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία το καθιστούν μοναδικό στην Ελλάδα ενώ ταυτόχρονα έχει όλα τα τεχνικά γνωρίσματα ενός αυτόνομου νησιωτικού συστήματος με τα μειονεκτήματα που αυτό συνεπάγεται.

Το Σ.Η.Ε. της Κρήτης παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Περιλαμβάνει τρεις Σταθμούς Παραγωγής. Τον σταθμό στα Λινοπεράματα Ηρακλείου, που είναι και ο μεγαλύτερος, τον σταθμό στον Αθρινολάκο Λασιθίου, που είναι ο πιο καινούργιος, και τον σταθμό στην Ξυλοκαμάρα Χανίων. Οι τρεις αυτοί σταθμοί παραγωγής καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί καθώς παράγουν συνήθως το 60-80% της ζήτησης φορτίου.
- Διαθέτει συνολικά 27 εγκατεστημένες συμβατικές μονάδες τις περισσότερες από τις οποίες στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.
- Δίκτυα γραμμών μεταφοράς Υψηλής Τάσης (150 kV και 66 kV) και Μέσης Τάσης (20 kV).
- 17 Υποσταθμούς Υψηλής Τάσης.
- Κέντρο κατανομής Φορτίου (στον Υποσταθμό Ηράκλειο II) που χρησιμοποιεί σύστημα τηλεμετρήσεων SCADA
- Δύο μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς της τάξεως των 300 kW στον Αλμυρό Λασιθίου και την Αγυιά Ρεθύμνου.
- Αιολικά Πάρκα τα οποία έχουν σημαντική παραγωγή ισχύος.
- Μεγάλο αριθμό Φ/Β Πάρκων που έχουν σημαντική παραγωγή ισχύος.

Στη Εικόνα 4.3 βλέπουμε ένα συνοπτικό χάρτη του Ηλεκτρικού Συστήματος της Κρήτης όπου είναι σημειωμένα και τα βασικά του στοιχεία όπως αναφέραμε και παραπάνω.



Εικόνα 4.3

3.3 Γενική περιγραφή θερμικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η Κρήτη διαθέτει τρεις θερμικούς σταθμούς παραγωγής στα Λινοπεράματα Ηρακλείου, στην Ξυλοκαμάρα Χανίων και στον Αθερινόλακο Λασιθίου.

Σταθμός Λινοπεραμάτων Ηρακλείου

Ο σταθμός Λινοπεραμάτων Ηρακλείου είναι ο παλαιότερος σταθμός στη Κρήτη ο οποίος μέχρι πριν τη δημιουργία του σταθμού στον Αθερινόλακο Λασιθίου κάλυπτε το μεγαλύτερο ποσοστό της ζήτησης φορτίου. Ο σταθμός αυτός διαθέτει συνολικά, έξι αμοστροβλικές μονάδες, τέσσερις Μονάδες Εσωτερικής Καύσης Diesel και πέντε αεροστροβλικές μονάδες. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στον υπάρχον Σταθμό Παραγωγής είναι περίπου 265MW.

Σταθμός Αθερινόλακου Λασιθίου

Ο σταθμός αυτός είναι ο πιο καινούργιος της Κρήτης η παρουσία του οποίου έχει βελτιώσει πολύ την ικανότητα κάλυψης της ζήτησης στο σύστημα της Κρήτης. Διαθέτει συνολικά δύο Μ.Ε.Κ. Diesel και δύο αμοστροβλικές μονάδες. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού είναι περίπου 190 MW.

Σταθμός Ξυλοκαμάρας Χανίων

Είναι ο δεύτερος χρονολογικά σταθμός που κατασκευάστηκε στη Κρήτη και καλύπτει κυρίως τη ζήτηση στο νομό Χανίων. Διαθέτει έξι αεροστροβλικές μονάδες και από μία μονάδα συνδυασμένου κύκλου η οποία αποτελείται από δύο αεροστροβλικές μονάδες και μία ατμοηλεκτρική. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού είναι περίπου 348 MW. Το γεγονός ότι αποτελείται μόνο από αεροστρόβιλους και τη μονάδα συνδυασμένου κύκλου τον κάνει το πιο ακριβό σταθμό παραγωγής κυρίως λόγω του πολύ ακριβότερου καυσίμου που χρησιμοποιούν αυτές οι μονάδες.

Μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τις θερμικές μονάδες της Κρήτης παρουσιάζεται στο παρακάτω Πίνακα 4.2 .

ΜΟΝΑΔΑ	Θέση εργοστασίου	Ονομαστική ισχύς (ΜVA)	Τεχνικό ελάχιστο (MW)	Μέγιστη Ισχύς (MW)
ATM 1 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	7.8	3.9	6.2
ATM 2 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	18.75	7	15
ATM 3 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	18.75	7	15
ATM 4 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	31.25	15	25
ATM 5 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	31.25	16	25
ATM 6 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	31.25	16	25
DIESEL 1 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	15.3	3	11.8
DIESEL 2 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	15.3	3	11.8
DIESEL 3 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	15.3	3	11.8
DIESEL 4 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	15.3	3	11.8
AEP 1 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	19.1	3	15
AEP 2 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	19.1	7	41
AEP 3 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	19.1	3	13
AEP 4 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	19.1	5	27.5
AEP 5 ΛΙΝ	Λινοπεράματα	19.1	5	27.5
AEP 6 Σ.Κ	Λινοπεράματα	97.5	17	61.5
AEP 7 Σ.Κ	Λινοπεράματα	97.5	17	61.5
AEP 1 ΧΑΝΙΑ	Ξυλοκαμάρα	21.3	3	14

ΑΕΡ 4 ΧΑΝΙΑ	Ευλοκαμάρα	26.75	3	18.8
ΑΕΡ 5 ΧΑΝΙΑ	Ευλοκαμάρα	39.8	5	28
ΑΕΡ 11 ΧΑΝ	Ευλοκαμάρα	79	6	58
ΑΕΡ 12 ΧΑΝ	Ευλοκαμάρα	79	6	58
ΑΕΡ 13 ΧΑΝ	Ευλοκαμάρα	79	5	28
DIESEL1 ΑΘΕΡ	Αθερινόλακος	16	22.5	43.4
DIESEL2 ΑΘΕΡ	Αθερινόλακος	16	22.5	43.4
ΑΤΜ1 ΑΘΕΡ	Αθερινόλακος	21	25	50
ΑΤΜ2 ΑΘΕΡ	Αθερινόλακος	21	25	50

Πίνακας 4.2

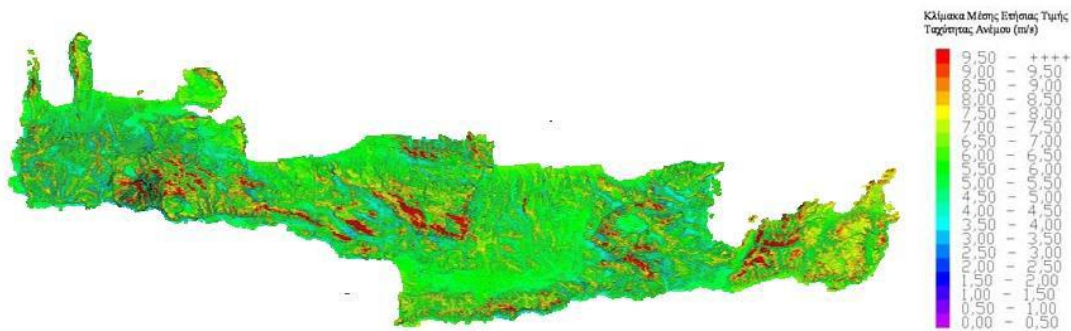
3.4 Μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Κρήτη.

Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενα κεφάλαια η Κρήτη είναι ένα νησί με πλούσιο αιολικό και ηλιακό δυναμικό πράγμα που ελκύει την επένδυση στις Α.Π.Ε. Οι εγκατεστημένες Α.Π.Ε. στη Κρήτη αποτελούνται από αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα, μικρά υδροηλεκτρικά και μονάδες βιομάζας.

Αιολικά Πάρκα

Η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων το 2015 στο νησί αντιστοιχεί σε 202.36 MW. Ο νομός Λασιθίου διαθέτει 24 αιολικά πάρκα με εγκατεστημένη ισχύ 108.35 MW. Ακολουθεί ο νομός Ηρακλείου με επτά αιολικά πάρκα και εγκατεστημένη ισχύ 42.77 MW. Έπεται ο νομός Χανίων με έξι αιολικά πάρκα και 29.04 MW εγκατεστημένης ισχύς. Τέλος ο νομός Ρεθύμνου διαθέτει τέσσερα αιολικά πάρκα με εγκατεστημένη ισχύ 22.20 MW. Η ετήσια παραγωγή από Α/Π το έτος 2014 ήταν ίση με 409.397 MWh.

Παρατηρούμε πως ο νομός Λασιθίου διαθέτει πάνω από το 50% της εγκατεστημένης ισχύς της Κρήτης σε αιολικά πάρκα. Αυτό συμβαίνει για το λόγο ότι ο νομός Λασιθίου παρουσιάζει το καλύτερο αιολικό δυναμικό. Παρακάτω στην Εικόνα 4.4 απεικονίζεται ένας ανεμολογικός χάρτης της Κρήτης όπως αυτός αναπτύχθηκε από το εργαστήριο αιολικής ενέργειας και σύνθεσης ενεργειακών συστημάτων του Τ.Ε.Ι. Κρήτης.



Εικόνα 4.4

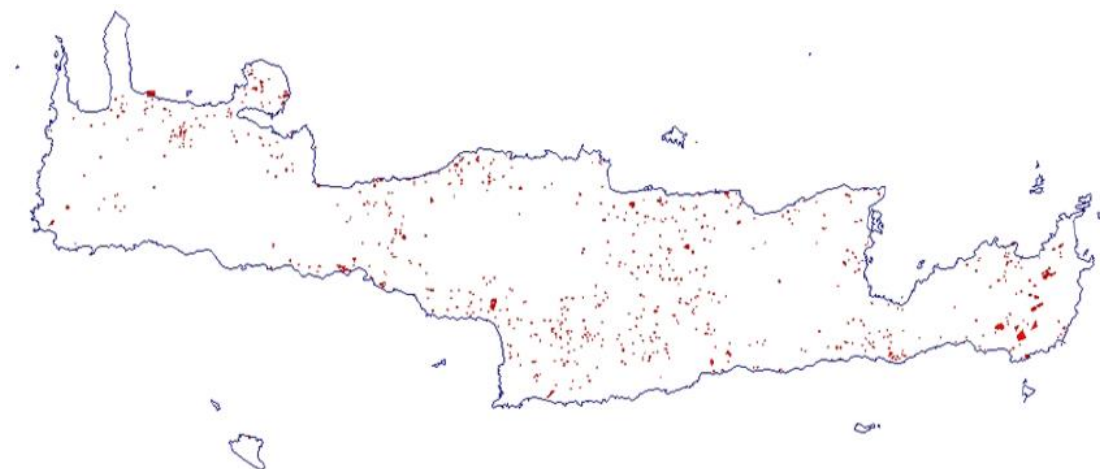
Φωτοβολταϊκά συστήματα

Η Κρήτη παρουσιάζοντας ένα πολύ πλούσιο ηλιακό δυναμικό έχει προσελκύσει την επένδυση σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς η οποία έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Ο μεγάλος αριθμός φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων που έχει αδειοδοτηθεί με τον παρών θεσμικό πλαίσιο πρόκειται να αλλάξει σημαντικά το ενεργειακό κατεστημένο του νησιού καθώς αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο στο τομέα της ηλεκτροπαραγωγής της Κρήτης με σημαντικό ποσοστό διείσδυσης και σημαντικά μεγάλο αριθμό αποφυγής ρύπων. Στο Πίνακα 4.3 παρουσιάζεται η αδειοδοτημένη ισχύς για φωτοβολταϊκά συστήματα ανά Περιφερειακή ενότητα.

Περιφερειακή Ενότητα	Αριθμός Αδειοδοτημένων Φ/Β	Ισχύς Αδειοδοτημένων Φ/Β (MW)
Ηράκλειο	501	35,91
Χανιά	200	14,75
Λασιθι	262	19,9
Ρέθυμνο	241	18,26
Σύνολο	1.204	88,82

Πίνακας 4.3

Στην παρακάτω Εικόνα 4.5 παρουσιάζεται η γεωγραφική τοποθέτηση φωτοβολταϊκών σταθμών στη Κρήτη.



Εικόνα 4.5

Μικρά Υδροηλεκτρικά

Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια είναι ικανά για μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αρκεί να υπάρχει αρκετά καλή ροή νερού είτε από ποτάμι είτε από κάποια τεχνητή λίμνη. Στην Κρήτη επειδή δεν υπάρχουν μεγάλα ποτάμια όμως υπάρχουν μερικά που με τεχνητές λίμνες μπορούν να έχουν κάποια έστω και μικρή παραγωγή για να συμβάλλουν στην ανακούφιση της ζήτησης.

Στον Νομό Χανίων, στις περιοχές της Αγυιάς και Αλμυρού, βρίσκονται εγκατεστημένοι οι δύο Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (Μ.ΥΗ.Σ), της Κρήτης. Ο πρώτος Μ.ΥΗ.Σ. είναι ένας από τους παλαιότερους υδροηλεκτρικούς σταθμούς της χώρας καθώς ξεκίνησε να λειτουργεί το 1929. Ο Μ.ΥΗ.Σ. Αγυιάς, κατά την έναρξη λειτουργίας του, διέθετε τρεις μονάδες των 0,30 MW. Η λειτουργία του όμως έλαβε τέλος στις 23 Μαΐου 2009, όπου και ολοκληρώθηκε η παραχώρηση του Μ.ΥΗ.Σ. Αγυιάς και των εκτάσεων του, στη Νομαρχία Χανίων με σκοπό την πλήρη περιβαλλοντική αναβάθμιση της ευρύτερης περιοχής.

Επομένως αυτή τη στιγμή ο μοναδικός Μ.ΥΗ.Σ. που βρίσκεται σε λειτουργία είναι στη περιοχή του Αλμυρού, στο δήμο Γεωργιούπολης. Ο εν' λόγω Σταθμός Παραγωγής αποτέλεσε το δεύτερο έργο εκμετάλλευσης υδροηλεκτρικής ενέργειας στο νησί καθώς ξεκίνησε να λειτουργεί από το 1954. Ο Μ.ΥΗ.Σ Αλμυρού αξιοποιεί μέρος από τις απορροές των Λευκών Ορέων, οι οποίες συγκεντρώνονται στη λίμνη του Αλμυρού. Διαθέτει μία μονάδα των 0,30 MW της οποίας η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας μπορεί να φτάσει και τις 1,25 GWh. Αξίζει να σημειωθεί πως τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη του υδροηλεκτρικού έργου είναι ιδιαίτερα σημαντικά καθώς στην περιοχή του φράγματος έχει δημιουργηθεί υδροβιότοπος, ενώ η λειτουργία του Μ.ΥΗ.Σ. συμβάλλει στην αποφυγή εκπομπής ρύπων CO₂ κατά 1.250 τόνους ετησίως.

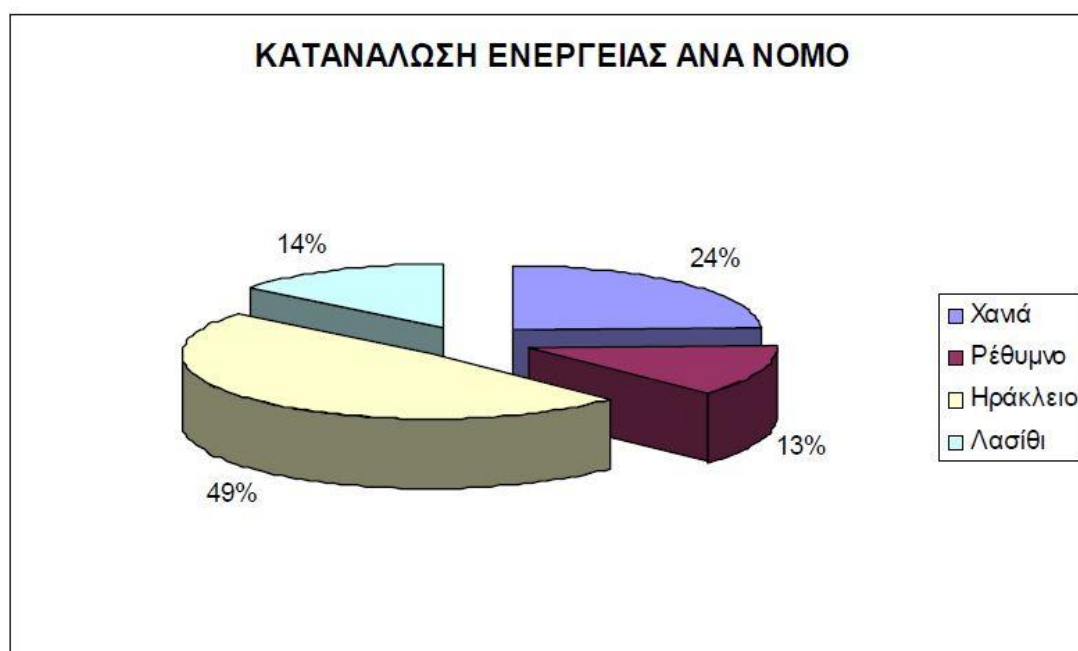
Μονάδες Παραγωγής Βιομάζας

Η Κρήτη διαθέτει δύο μονάδες παραγωγής ενέργειας από βιοαέριο συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 0.4MW που βρίσκονται στους δύο βιολογικούς καθαρισμούς της Δημόσιας Επιχείρησης Υδρευσης-Αποχεύσεως(Δ.Ε.Υ.Α.) των Χανίων και του Ηρακλείου αντίστοιχα.Οι μονάδες αυτές συνεισφέρουν σημαντικά στη κάλυψη των εσωτερικών καταναλώσεων των βιολογικών καθαρισμών.

3.5 Ζήτηση φορτίου Κρήτης

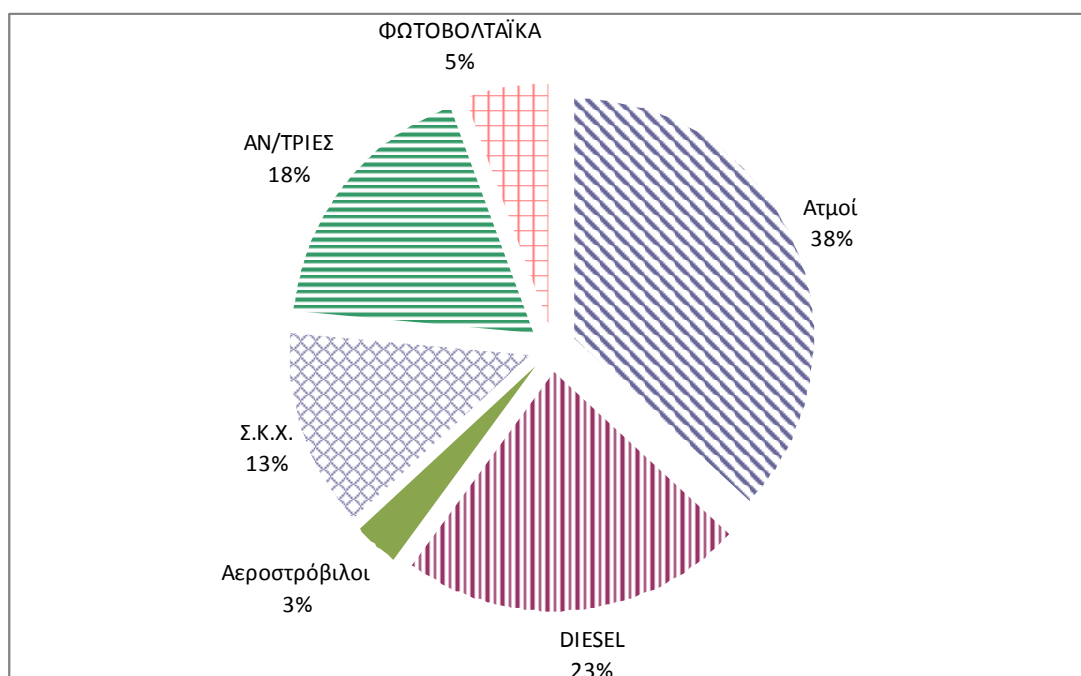
Τα τελευταία χρόνια στο νησί της Κρήτης παρατηρείται μία απότομη αύξηση της ζήτησης η οποία σχετίζεται με την αύξηση του πληθυσμού. Η απότομη αυτή αύξηση δεν παρατηρείται μόνο με την πάροδο των χρόνων αλλά και κατά τη διάρκεια ενός έτους αφού τους καλοκαιρινούς μήνες και κυρίως τον Αύγουστο έχουμε πολύ υψηλά φορτία καθώς υπάρχει μεγάλη εισροή τουριστών στο νησί. Με βάση τα στοιχεία της Δ.Ε.Η. η συνολική παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας του Σ.Η.Ε. της Κρήτης μεταξύ των ετών 1998 και 2008 αυξήθηκε κατά 84%. Επιπλέον στοιχεία της Δ.Ε.Η. παρουσιάζουν τη ζήτηση το έτος 1975 , 280 GWh ενώ το 2009 , 3 TWh.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, κάθε νομός έχει και διαφορετικό πληθυσμό οπότε έχει και διαφορετική ζήτηση φορτίου. Όπως είναι λοιπόν φυσικό (λόγω μεγέθους και πληθυσμού), το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης ενέργειας στην Κρήτη αφορά το νομό Ηρακλείου όπου και καταναλώνεται σχεδόν η μισή ενέργεια που παράγεται στο νησί. Ακολουθεί ο νομός Χανίων, όπου και η κατανάλωση φτάνει στο 25% του συνόλου, ενώ με σχεδόν ίδια ποσοστά 13 και 14 % αντίστοιχα, ακολουθούν οι νομοί Ρεθύμνης και Λασιθίου όπως φαίνεται και καλύτερα στο Σχήμα 4.1 .



Σχήμα 4.1

Αυτή την ζήτηση του φορτίου δεν την ικανοποιούν όλες οι μονάδες παραγωγής εξίσου δηλαδή δεν μοιράζονται οι MWh που χρειάζονται για να ικανοποιήσουν την ζήτηση εξίσου σε όλες τις μονάδες. Υπάρχει ένας τρόπος (unit commitment) ο οποίος υπολογίζει σε κάθε ώρα ποιες μονάδες θα καλύψουν την ζήτηση και πόσα MW θα παράγουν. Ουσιαστικά ο διαχειριστής του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας έχει μία πρόβλεψη για το φορτίο για κάθε ώρα, και σε συνεννόηση με το προσωπικό του κάθε σταθμού, καθορίζει ποιες μονάδες θα λειτουργήσουν και πόσο θα παράγει η κάθε μία. Με βάση αυτά τα στοιχεία βγαίνει ένας μέσος όρος στο πόσο συμμετέχει κάθε είδος μονάδας στην κάλυψη του φορτίου αυτού όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.2. Στον Σχήμα βλέπουμε ότι και οι Α.Π.Ε. και κυρίως τα αιολικά πάρκα συμβάλλουν έντονα στην κάλυψη του φορτίου και στην ανακούφιση των μονάδων παραγωγής με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος και να μην υπάρχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον ίδιο βαθμό με πριν την εισχώρηση των Α.Π.Ε.



Σχήμα 4.2

3.6 Μελλοντικά Σχέδια Κρήτης

Το Σ.Η.Ε. της Κρήτης είναι το μεγαλύτερο αυτόνομο σύστημα στην Ελλάδα. Σύμφωνα με τον ΑΔΜΗΕ για την διασύνδεση της Κρήτης εξετάζονται τα τρία παρακάτω σενάρια.

Σενάριο 1

Προβλέπει τη διασύνδεση της Κρήτης με την Πελοπόννησο με ένα διπολικό σύνδεσμο DC ($2 \times 350 \text{ MW} = 700 \text{ MW}$) από τη θέση «Κορακιά», έως τη Μονεμβασιά και θα συνεχίζει μέχρι το μελλοντικό Κέντρο Υπερυψηλής Τάσης της Μεγαλόπολης.

Σενάριο 2

Προβλέπει τη διασύνδεση της Κρήτης με ΚΥΤ της Δυτικής Αττικής με έναν διπολικό σύνδεσμο ($2 \times 500 = 1000 \text{ MW}$). Θα ξεκινάει από τη θέση «Κορακιά» και θα φτάνει με υποβρύχια καλώδια μήκους 380 km στην Αττική, όπου θα συνδέεται με κατάλληλα υπόγεια καλώδια ή εναέριες Γραμμές Μεταφοράς με ΚΥΤ της Αττικής. Εναλλακτικά μπορεί η διασύνδεση να γίνει με δύο μονοπολικούς συνδέσμους ($2 \times 500 = 1000 \text{ MW}$)

Σενάριο 3

Διαφοροποιείται από το σενάριο 2 μόνο ως προς το μέγεθος των δύο μονοπολικών συνδέσμων DC, οι οποίοι κατά το Σενάριο αυτό προβλέπεται να είναι ικανότητας $2 \times 1000 \text{ MW} = 2000 \text{ MW}$

Η διασύνδεσή του με το Ηπειρωτικό Σύστημα είναι τεχνικά πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθεί λόγω της μεγάλης απόστασης που υπάρχει από την ηπειρωτική χώρα. Η διασύνδεση με καλώδιο A.C. (εναλλασσόμενου ρεύματος) είναι τεχνικώς ανέφικτη όχι μόνο λόγω της απόστασης αλλά κυρίως λόγω του μεγάλου βάθους που μεσολαβεί μέχρι τα Αντικύθηρα. Έτσι σαν εφικτή αλλά δύσκολα εφαρμόσιμη λύση μπορεί να θεωρηθεί η μεταφορά μέσω καλωδίου H.V.D.C. (συνεχούς ρεύματος), η οποία όμως απαιτεί καλώδιο μήκους 160 χιλιομέτρων. Η διασύνδεση όμως αυτή γίνεται ακόμα πιο δυσχερής λόγω του σχετικά ασθενούς δικτύου της Νότιας Πελοποννήσου.

Κεφάλαιο 4

Αιολικό Πάρκο

4.1 Περιγραφή του αιολικού πάρκου

Το αιολικό πάρκο αποτελείται από 6 ανεμογεννήτριες Vestas-V52 με ονομαστική ισχύ 850kW .Η κατασκευάστρια εταιρία εδρεύει στην Δανία έχοντας βέβαια μεγάλη επέκταση ανα τον κόσμο.

Το αιολικό πάρκο βρίσκεται περίπου 30 χιλιόμετρα έξω από το Ηράκλειο.

Το υψος των ανεμογεννητριών είναι περίπου 70 m και η διάμετρος του ρότορα είναι 52 m.Η ανεμογεννήτρια ξεκινάει την λειτουργία της στα 3 m/s και σταματάει όταν ο αέρας ξεπεράσει τα 25 m/s.Τέλος τα πτερύγια έχουν σύστημα Pitch control.

Παρακάτω απεικονίζεται μία πλήρης περιγραφή της μηχανής όπως αυτή αναγράφεται στο site της εταιρίας

General data

- Manufacturer: Vestas (Denmark)
- Model: V52/850
- Rated power: 850 kW
- Rotor diameter: 52 m
- No more available
- Wind class: IEC I/II
- Offshore model: no
- Swept area: 2,124 m²
- Power density: 2.5 m²/kW
- Number of blades: 3
- Power control: Pitch
- Commissioning: 2000

Weights

- Nacelle: 22 tons
- Tower: 77 - 111 tons
- Rotor + hub: 10 tons
- Total: 109 - 143 tons

Rotor

- Minimum rotor speed: 14 rd/min
- Maximum rotor speed: 31,4 rd/min
- Cut-in wind speed: 3 m/s
- Rated wind speed: 14 m/s
- Cut-off wind speed: 25 m/s
- Manufacturer: Vestas

Gearbox

- Gearbox: yes
- Stages: 3
- Gear ratio: 1:62
- Manufacturer: Hansen

Generator

- Type: ASYNC
- Number: 1
- Maximum speed: 1947 rounds/minute
- Voltage: 690 V
- Manufacturer: Weier, ABB

Tower

- Minimum hub height: 65 m
- Maximum hub height: 86 m
- Manufacturer: Vestas

4.2 Περιγραφή του SCADA

Τα δεδομένα μας προήλθαν από το πρόγραμμα-σύστημα SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) της Vestas.

Το SCADA (Supervision Control And Data Acquisition), ή απλούστερα σύστημα ελέγχου – εποπτείας και μεταφοράς δεδομένων λειτουργίας από απόσταση, είναι ένα βιομηχανικό σύστημα μέτρησης και έλεγχου που αποτελείται από έναν κεντρικό διακομιστή ή έναν κύριο σταθμό, μια κύρια τελική μονάδα ή MTU , ένα ή περισσότερα στοιχεία συλλογής τομέων και μονάδες ελέγχου ή remotes (συνήθως αποκαλούμενοι ως σταθμοί απομακρυσμένης λειτουργίας, ή RTU) και μια συλλογή του λογισμικού προτύπων ή/και συνήθειας που χρησιμοποιήθηκε στο όργανο ελέγχου και τον έλεγχο για τον εντοπισμό και καταγραφή στοιχείων σε μακρινή απόσταση.

Τα σύγχρονα συστήματα SCADA εκθέτουν τα κυρίως ανοιχτού βρόγχου (open-loop) χαρακτηριστικά ελέγχου και χρησιμοποιούν τις κυρίως υπεραστικές επικοινωνίες, αν και μερικά στοιχεία του συστήματος ελέγχου κλειστών βρόγχων ή/και των σύντομων επικοινωνιών απόστασης μπορούν επίσης να είναι στην τοποθεσία της εγκατάστασης.

Συστήματα παρόμοια με τα συστήματα SCADA εμφανίζονται συνήθως στα εργοστάσια, σταθμούς παραγωγής, τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας κ.λπ. Αναφέρονται συχνά ως διανεμημένα συστήματα ελέγχου (DCS – Distance Control Systems). Έχουν τις παρόμοιες λειτουργίες με τα συστήματα SCADA, αλλά τα στοιχεία

συλλογής τομέων ή οι μονάδες ελέγχου βρίσκονται συνήθως μέσα σε μια περιορισμένη περιοχή.

Οι επικοινωνίες μπορούν να είναι μέσω ενός δικτύου τοπικής περιοχής (τοπικό LAN), και θα υπάρχει αξιόπιστη επικοινωνία και υψηλή ταχύτητα.

Τα συστήματα SCADA αφ' ετέρου καλύπτουν γενικά τις μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές και στηρίζονται σε ποικίλα συστήματα επικοινωνιών που είναι κανονικά λιγότερο αξιόπιστα από το τοπικό LAN.

Ο έλεγχος κλειστών βρόχων σε αυτήν την κατάσταση είναι λιγότερο επιθυμητός.

Το κεντρικό σύστημα, το οποίο χρησιμοποιεί προσωπικούς ή mini υπολογιστές με στόχο τα παρακάτω :

- α) Συλλογή πληροφοριών όλων των σημείων της εγκατάστασης
- β) Απεικόνιση τους σε έγχρωμες οθόνες
- γ) Εκτύπωση αναφορών
- δ) Υλοποίηση τηλεχειρισμών και ρυθμίσεων P ID
- ε) Απεικόνιση και στατιστική επεξεργασία των πληροφοριών
- στ) Ρύθμιση παραγωγής με χρήση Expert Systems

Το σύστημα περιλαμβάνει το περιβάλλον υψηλού επιπέδου για την επικοινωνία με τον χρήστη. Από το περιβάλλον αυτό ο χρήστης προγραμματίζει το σύνολο των λειτουργιών του συστήματος SCADA μέσω ενός PC, κατ' αντιστοιχία με τη γενικότερη φιλοσοφία προγραμματισμού ενός PLC, δηλαδή :

Δημιουργία Βάσης Δεδομένων με τα χαρακτηριστικά των σημάτων ως :

- μονάδα μέτρησης και συντελεστές μετατροπής σε φυσικό μέγεθος
- όρια αναγγελίας
- συμβολικό όνομα
- πηγή προέλευσης, α/α σταθμού, κάρτα και κανάλι μέτρησης

Δημιουργία εικόνων για έγχρωμες οθόνες με την αναπαράσταση της εγκατάστασης και την ενημέρωση της εικόνας με τις πραγματικές τιμές (δυναμικά πεδία). Σε περίπτωση αναγγελίας σφάλματος τα δυναμικά πεδία αλλάζουν χρώμα και αναβοσβήνουν, όταν δε ο χειριστής αναγνωρίσει το σφάλμα σταθεροποιούνται στο νέο χρώμα.

Με την καταχώρηση των στοιχείων του χρήστη και την επεξεργασία τους, γίνεται η μεταφορά των δεδομένων στο περιβάλλον real – time.

Το σύστημα SCADA είναι κατάλληλο για έργα επιτήρησης δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, αντλιοστασίων (ύδρευσης, άρδευσης, καυσίμων, κλπ), εγκαταστάσεων χημικής βιομηχανίας, ηλεκτρολογικού εξοπλισμού πλοίων, κτιρίων κλπ.

Κεφάλαιο 5

Διαγράμματα

Τα δεδομένα που λάβαμε απο το σύστημα SCADA ήταν η πραγματικά και θεωρητικά παραγόμενη ισχύς των μηχανών, η ταχύτητα του ανέμου και τέλος η θερμοκρασία και η πίεση του. Στην έρευνα που αφορά ο αιολικό πάρκο της Κρήτης χρησιμοποιήσαμε δεδομένα 6 χρόνων την περίοδο 2010-2016. Τέλος τα δεδομένα μας λήφθηκαν ανα δεκάλεπτο.

Επεξεργαστήκαμε τα δεδομένα με τέτοιο τρόπο ώστε να καταφέρουμε να μετριάσουμε όσο ήταν δυνατό καταστάσεις μεγάλων βλαβών, λάθων δεδομένων και δεκαλέπτων που η μηχανές ήταν εκτός δικτύου λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών όπως για παράδειγμα σε συνθήκες κακοκαιρίας με υψηλή πιθανότητα κεραυνών.

Παρακάτω απεικονίζονται διαγράμματα με τις απορρίψεις του δικτύου ,σε ποσοστό, της Κρήτης όπως αυτές εξετάστηκαν την περίοδο 2010-2016.

Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με πολλούς τρόπους προκειμένου να εντοπιστεί το πρόβλημα απορρόφησης της ενέργειας απο το δίκτυο της Κρήτης.

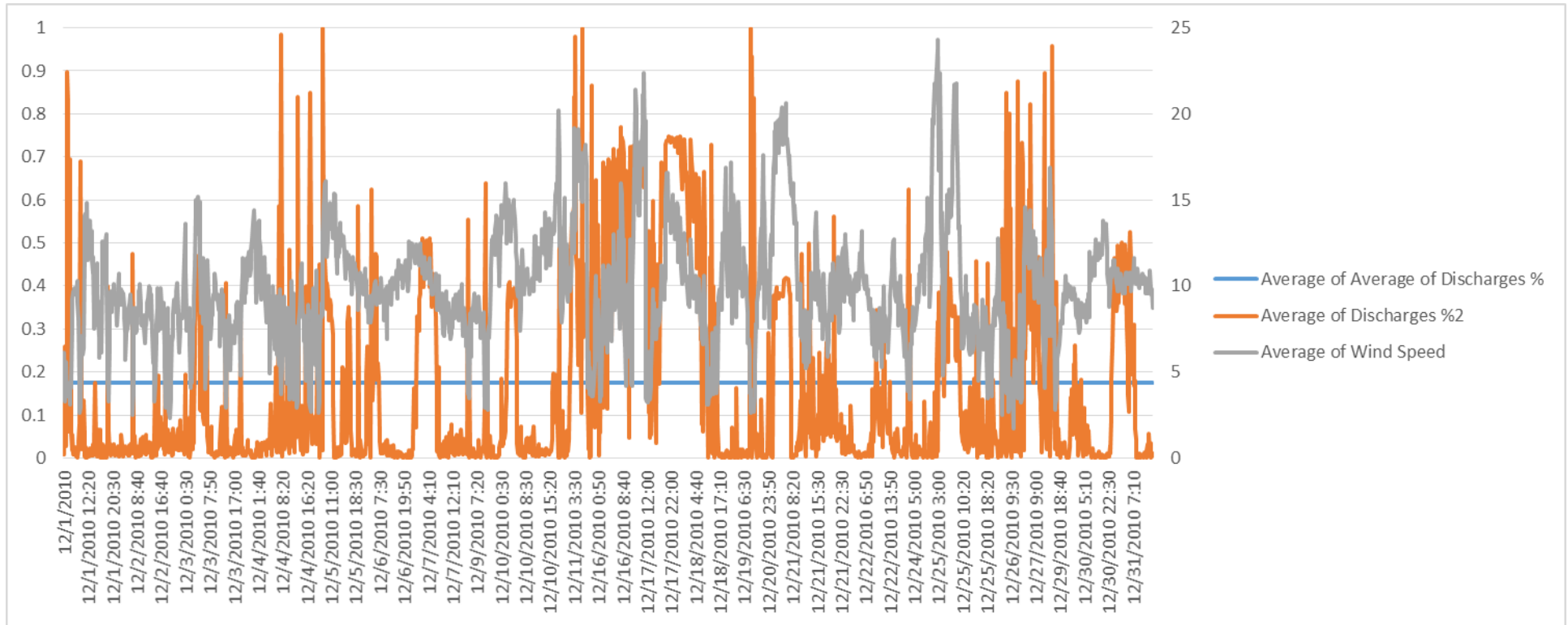
Εξετάστηκε λοιπόν η συμπεριφορά του δικτύου με τους παρακάτω τρόπους:

- Οι απορρίψεις ανά μήνα
- Οι απορρίψεις ανά ημέρα και δεκάλεπτο στην περίοδο του μήνα
- Η ημέρα χωρισμένη ανά 6 ώρες
- Οι απορρίψεις τα Σαββατοκύριακα και καθημερινές
- Μέση ταχύτητα ανέμου ανά τα χρόνια
- Αθροιστική κατανομή πιθανότητας για την ταχύτητα ανέμου
- Ποσοστό απορρίψεων ανά ταχύτητα ανέμου

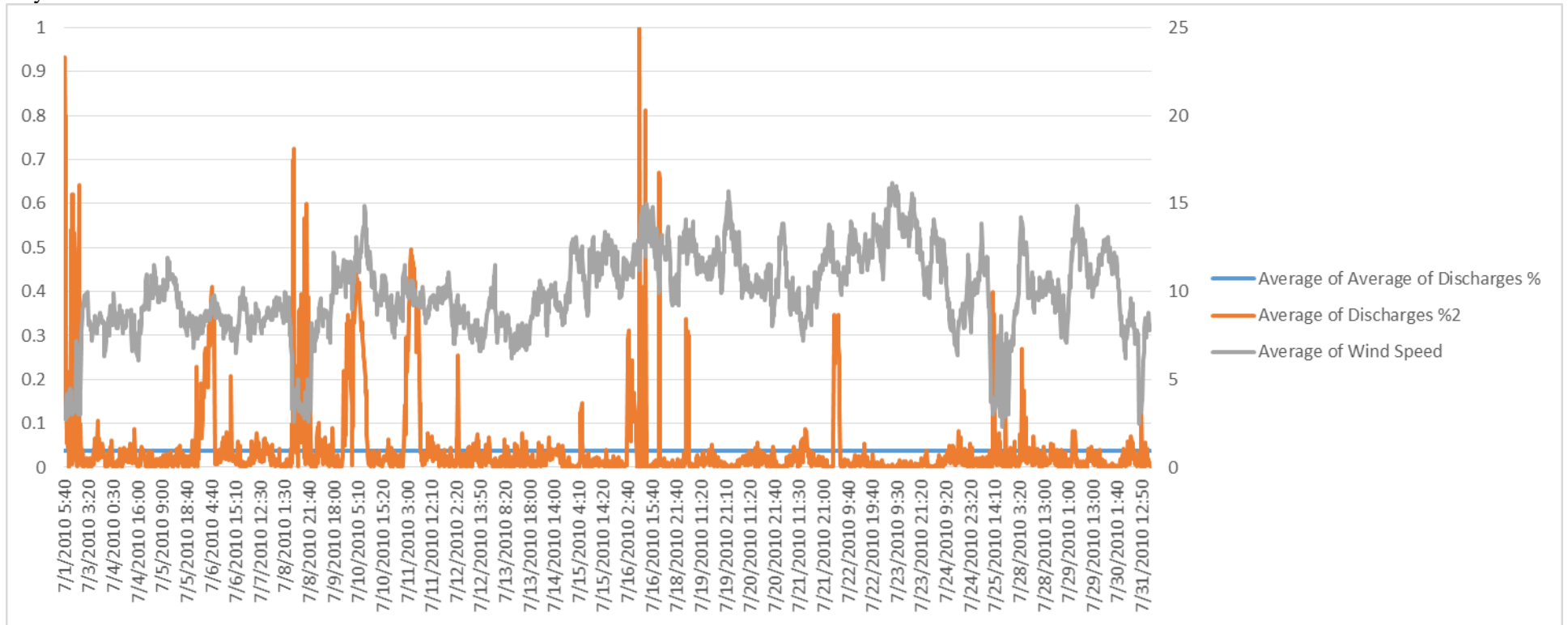
Παρακάτω τα διαγράμματα

5.1 Απορρίψεις μηχανών Ιουλίου-Δεκεμβρίου Ζετίας

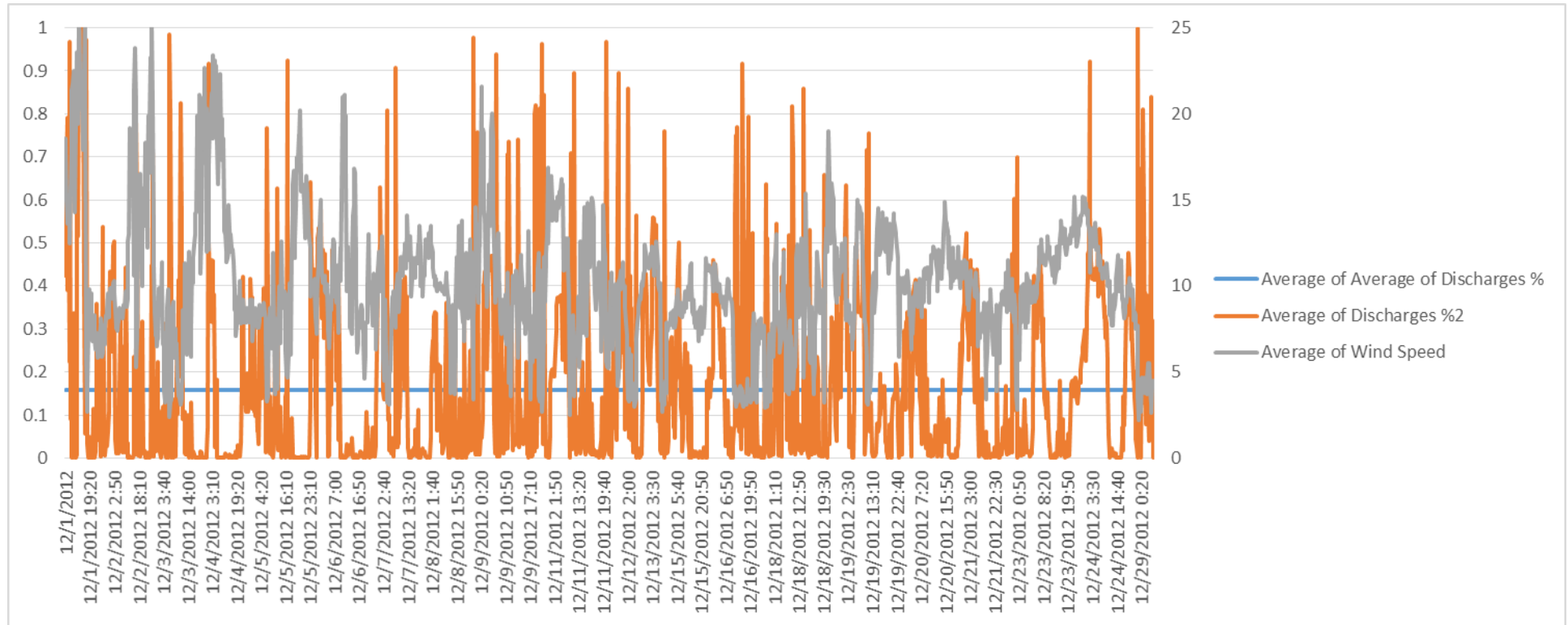
WTG1
Year 2010:
December



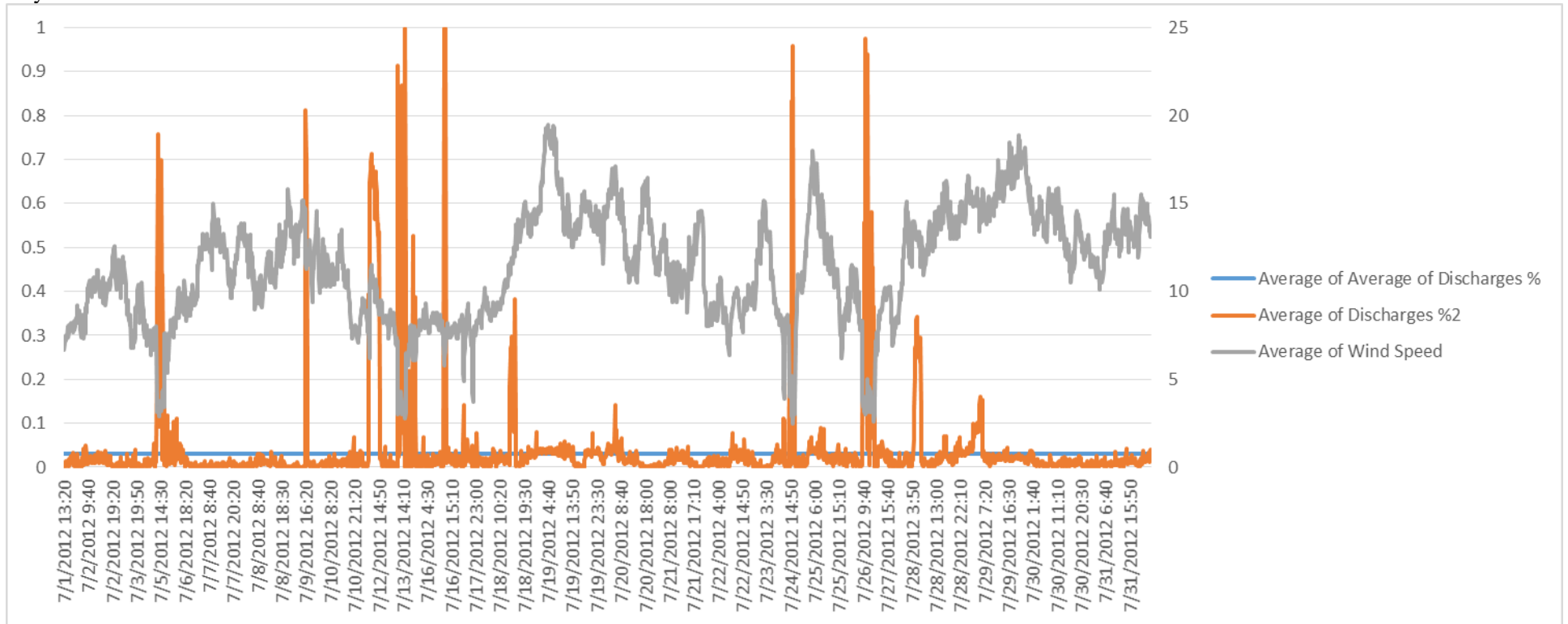
July



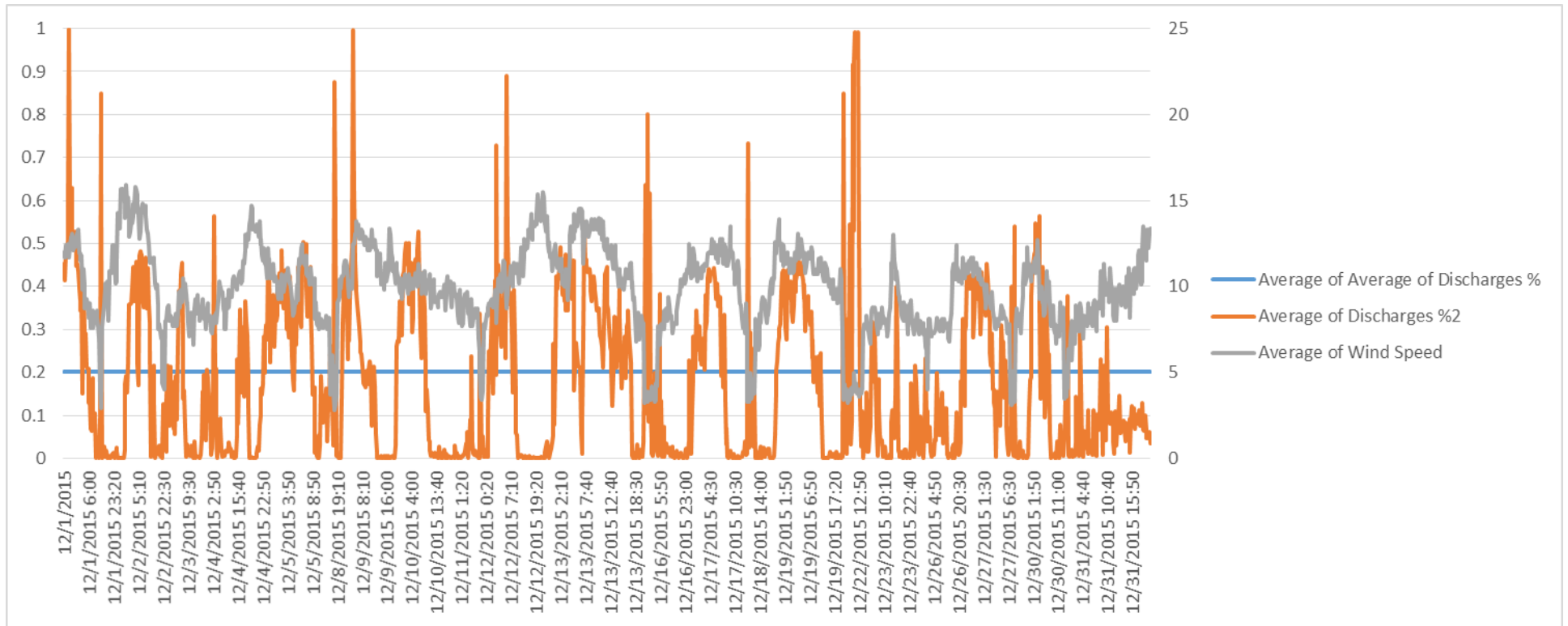
Year 2012:
December



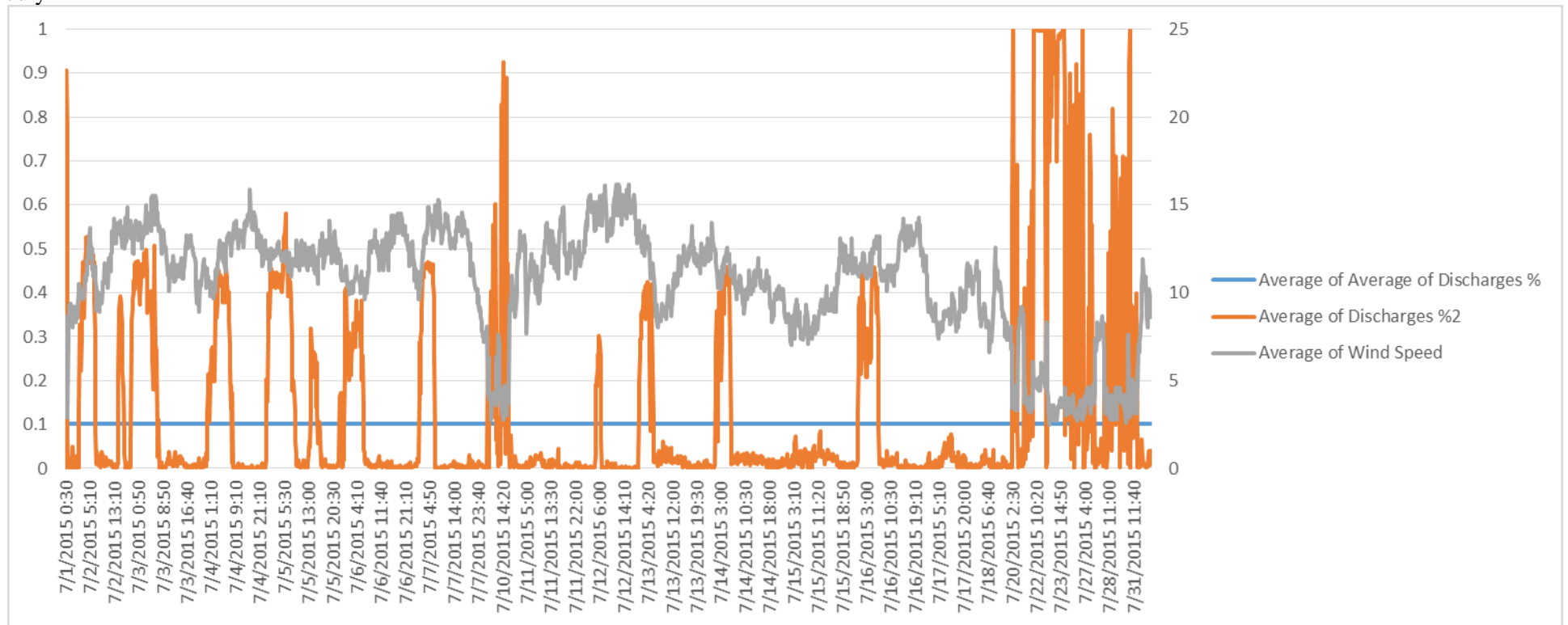
July



Year 2015:
December



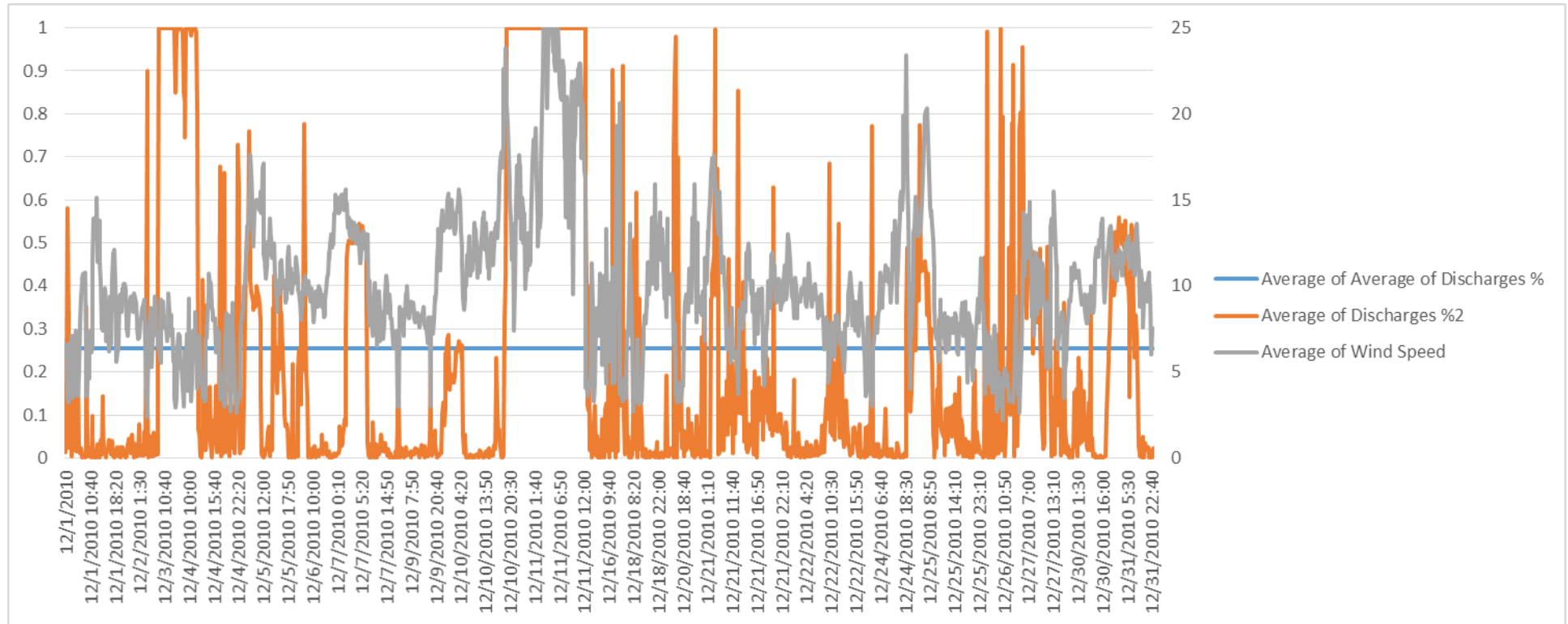
July



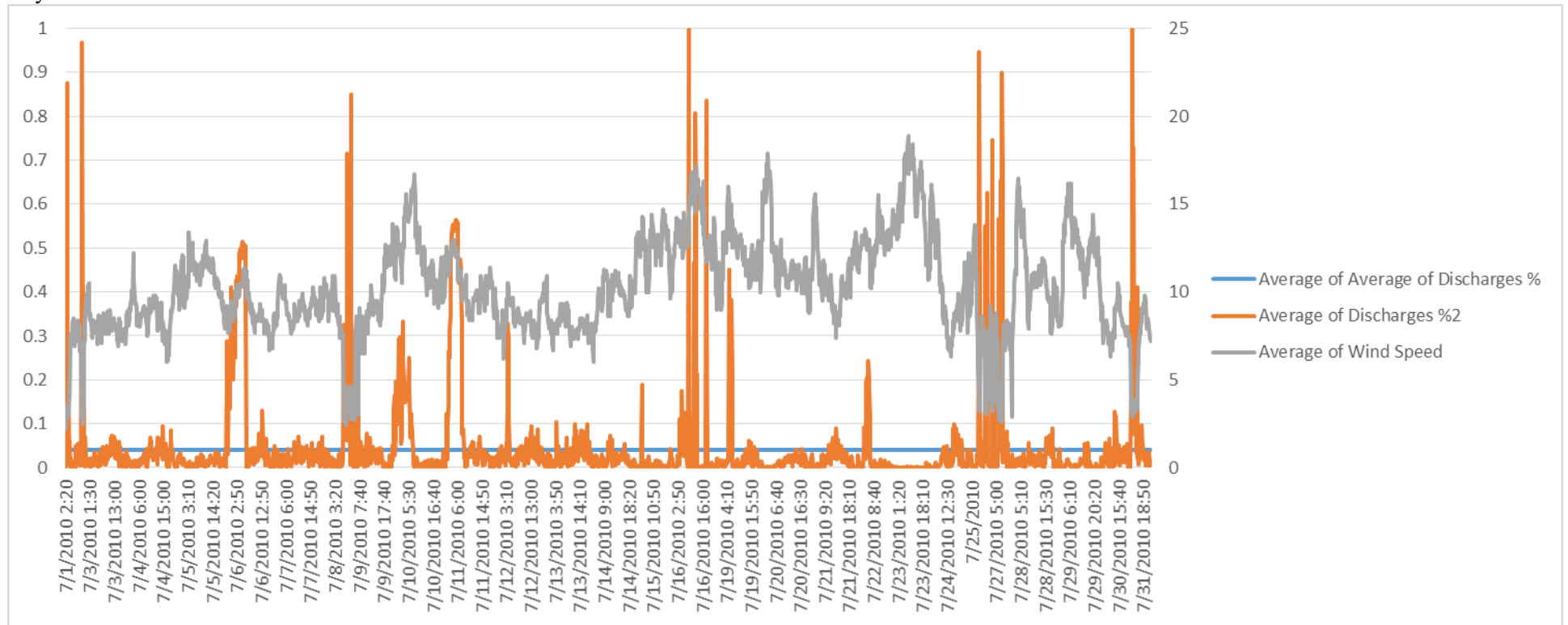
WTG2

Year 2010:

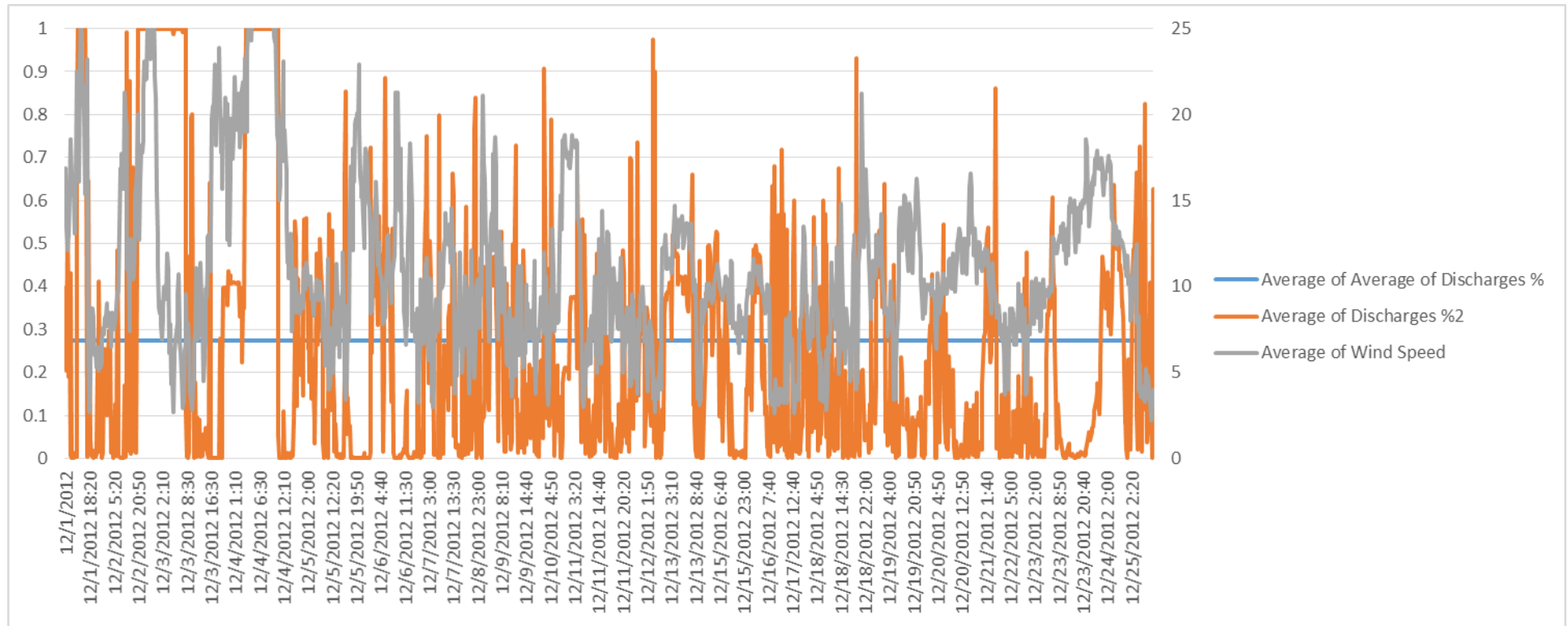
December



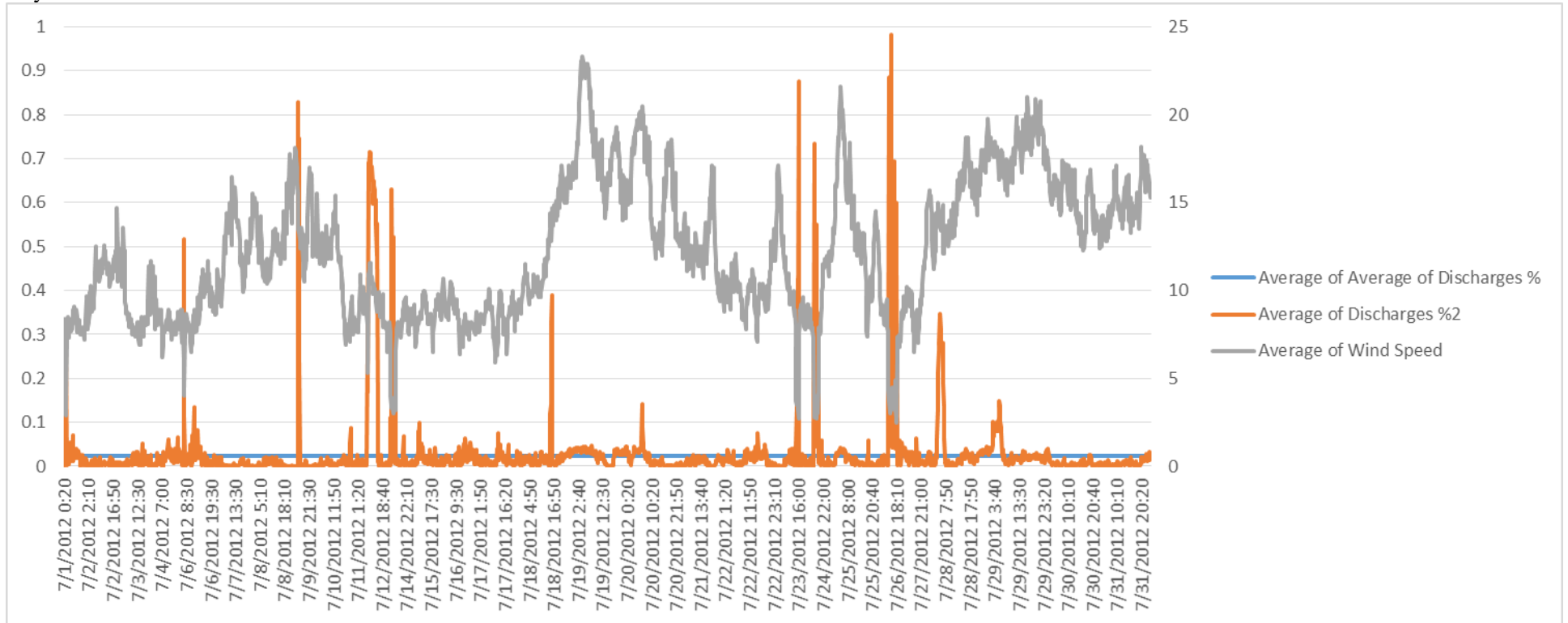
July



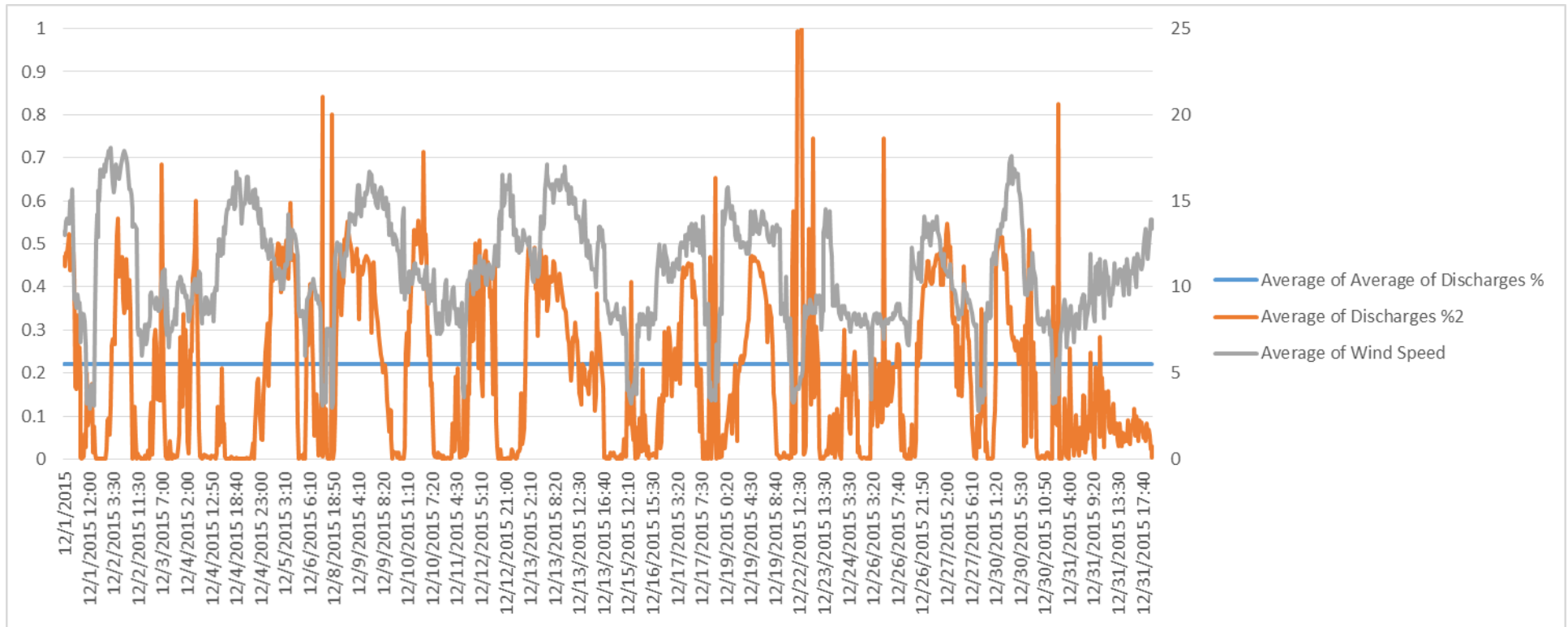
Year 2012:
December



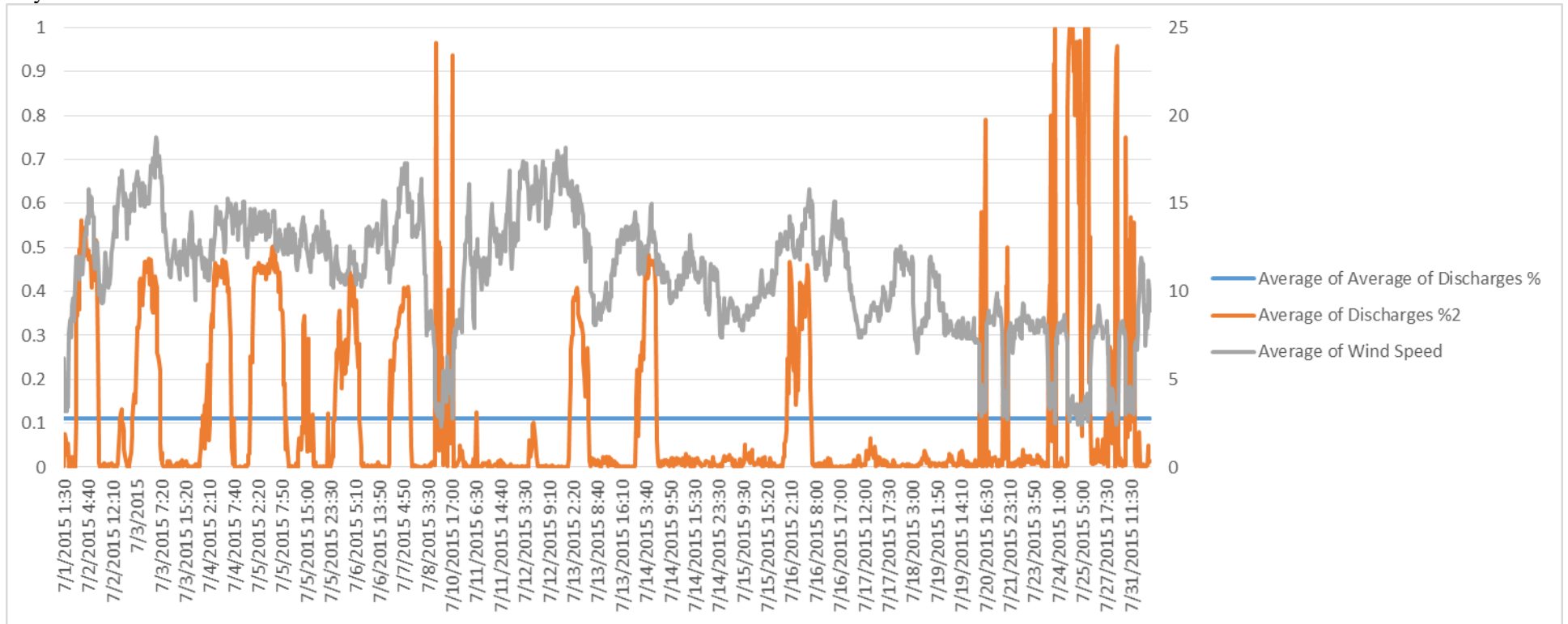
July



Year 2015:
December



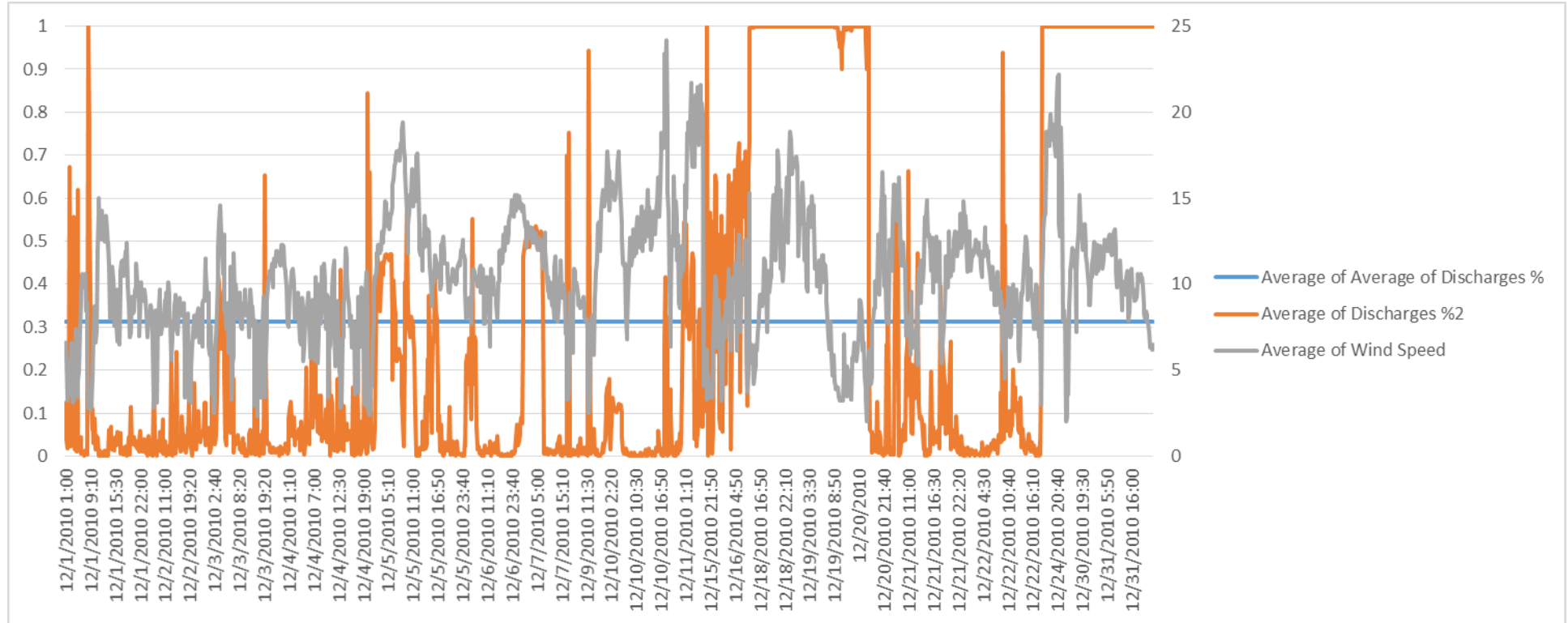
July



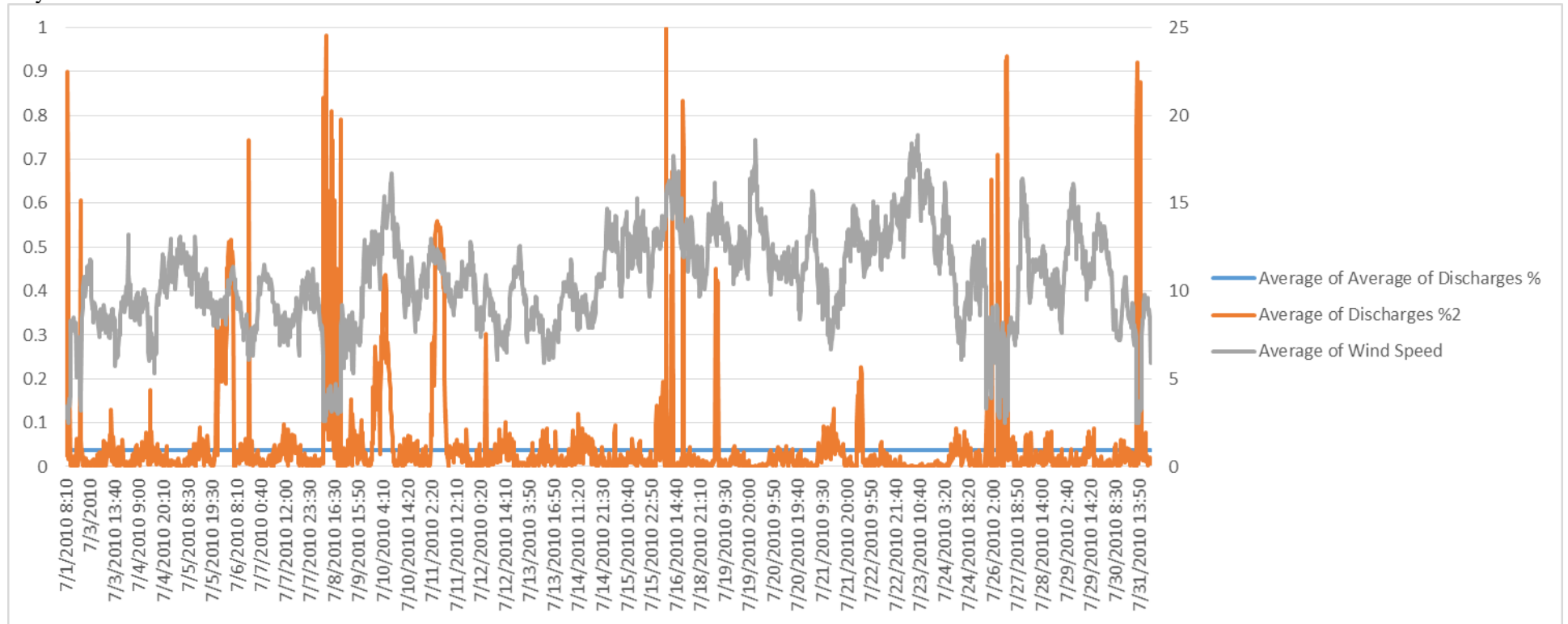
WTG3

Year 2010:

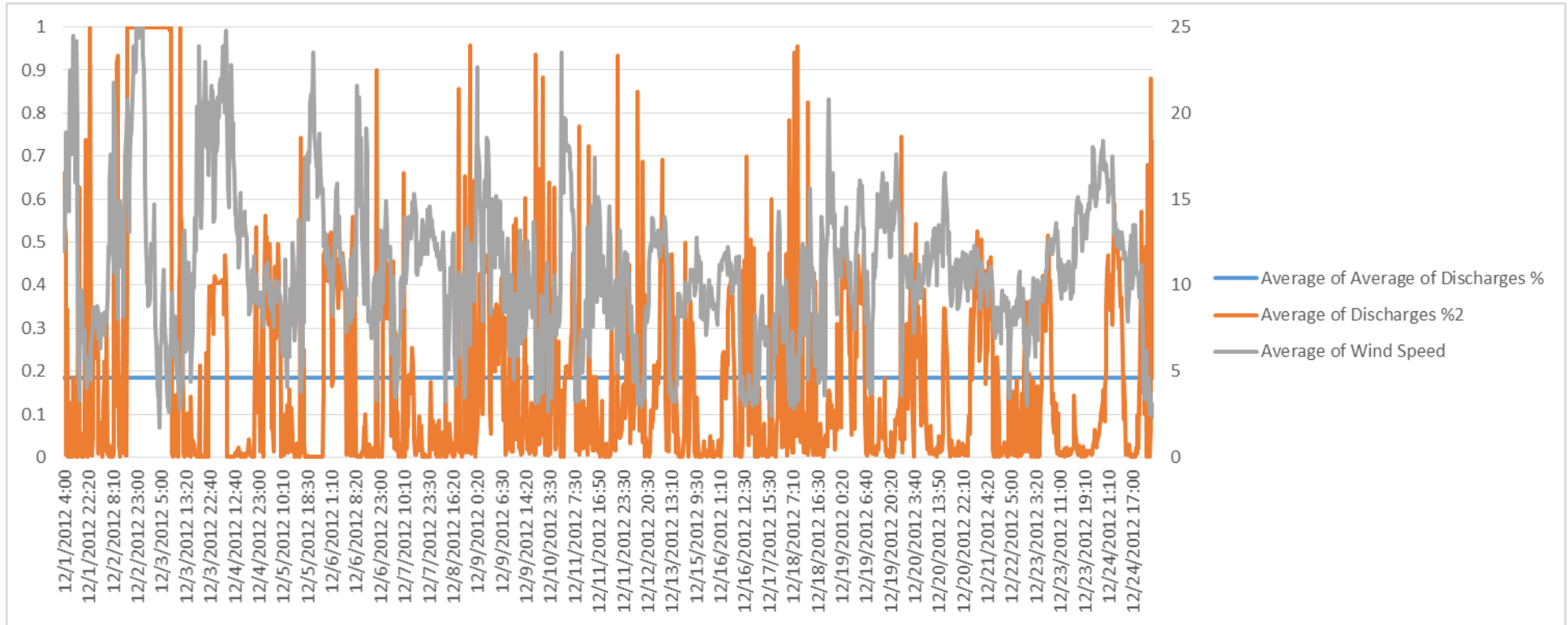
December



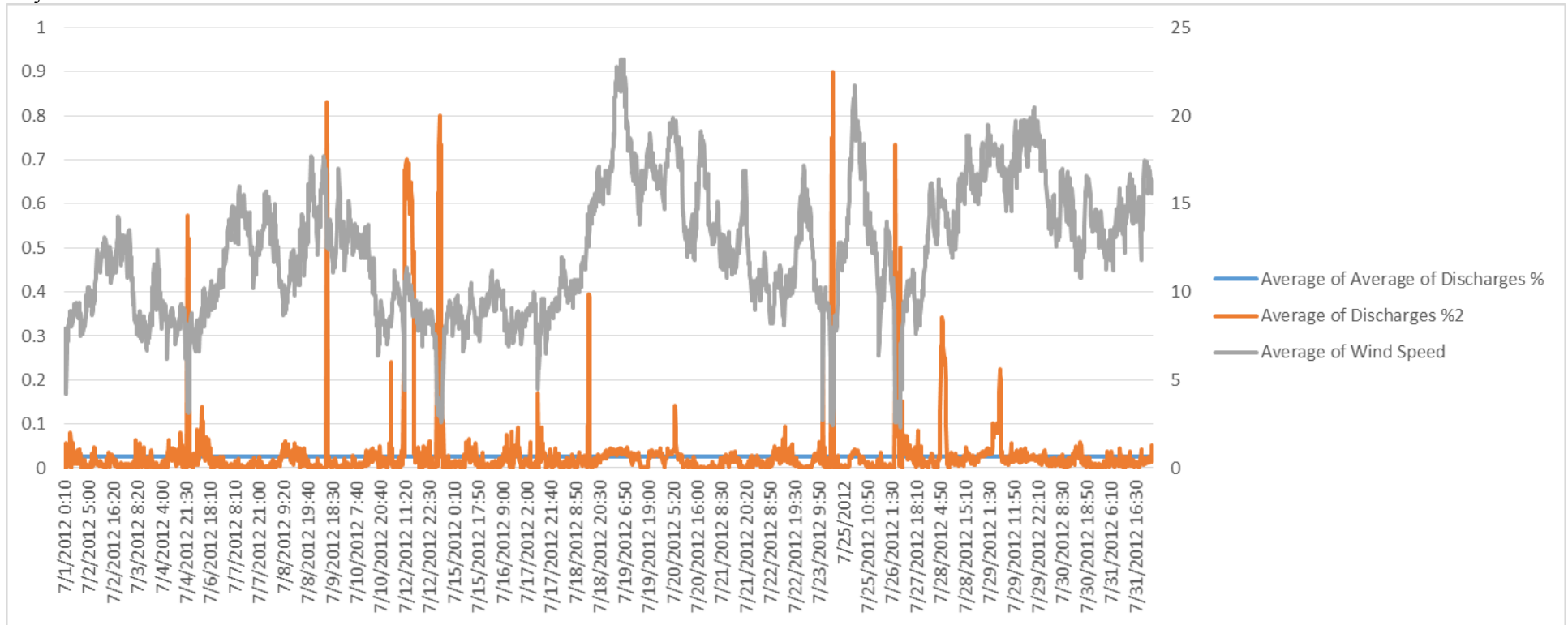
July



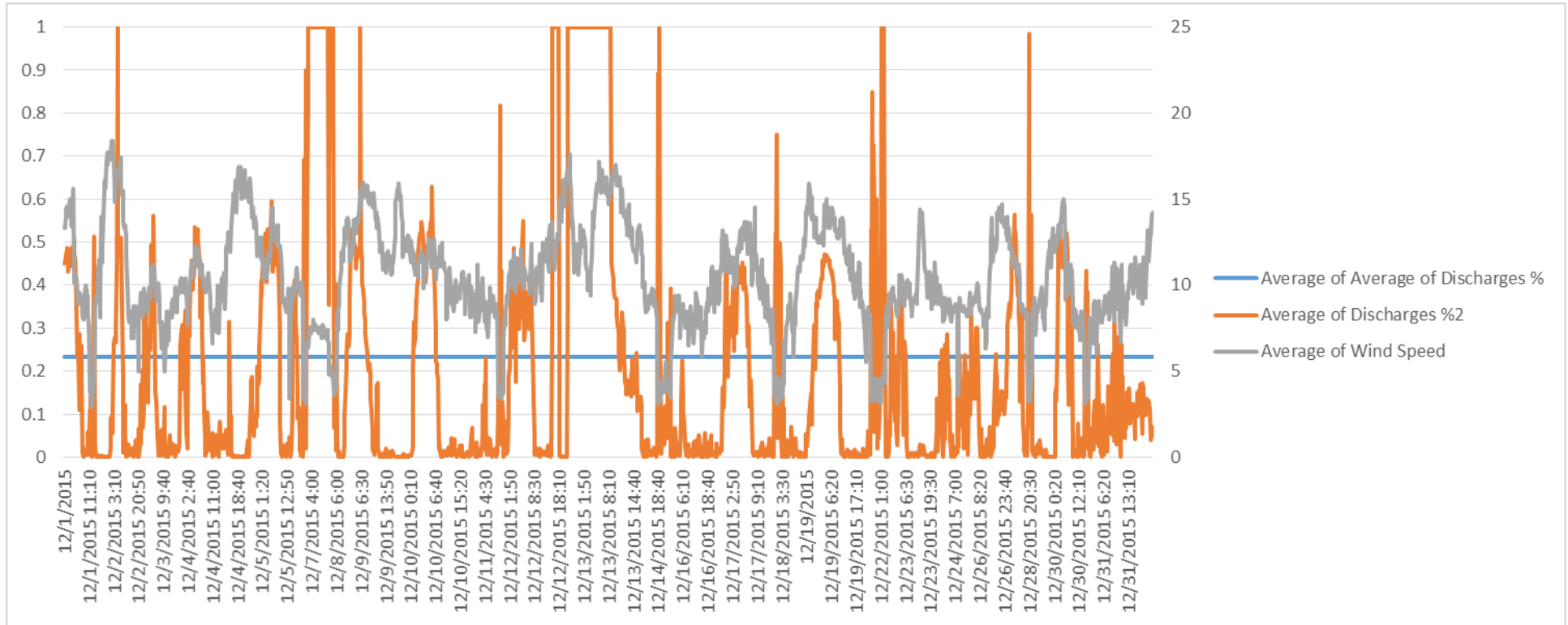
Year 2012:
December



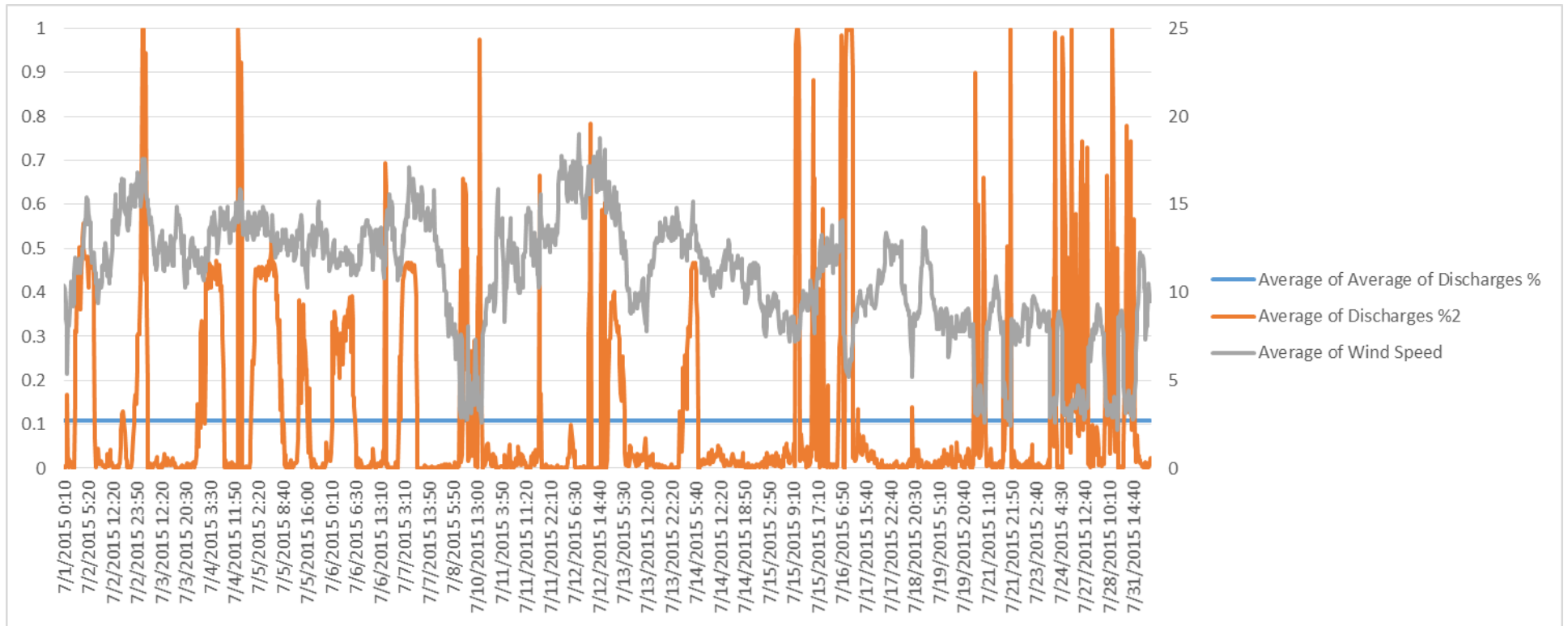
July



Year 2015:
December



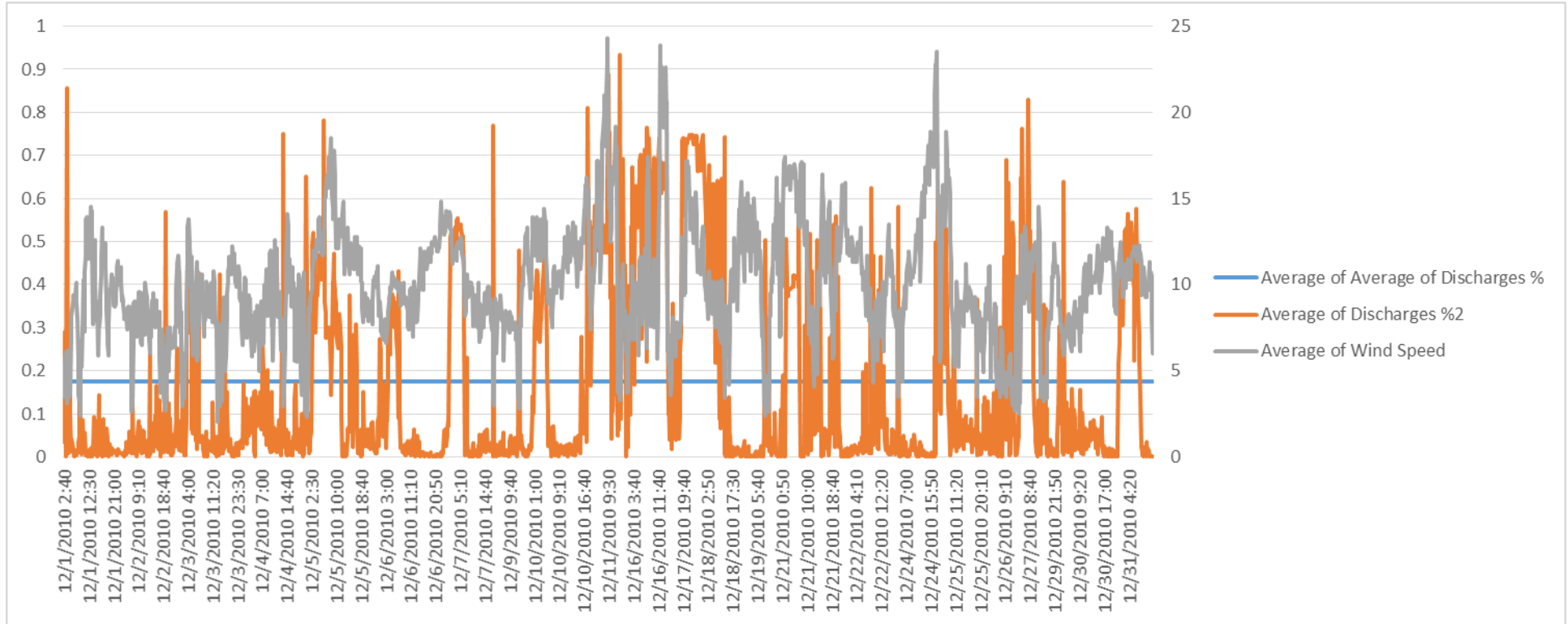
July



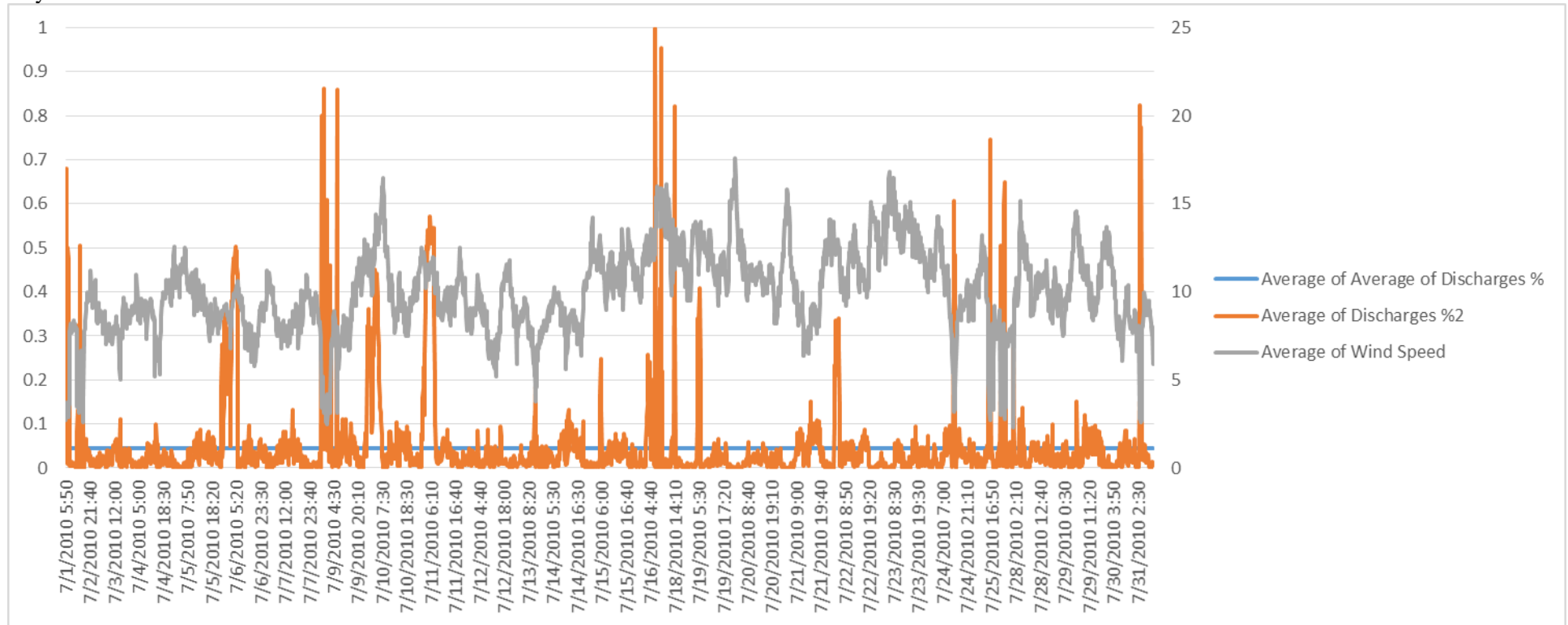
WTG4

Year 2010:

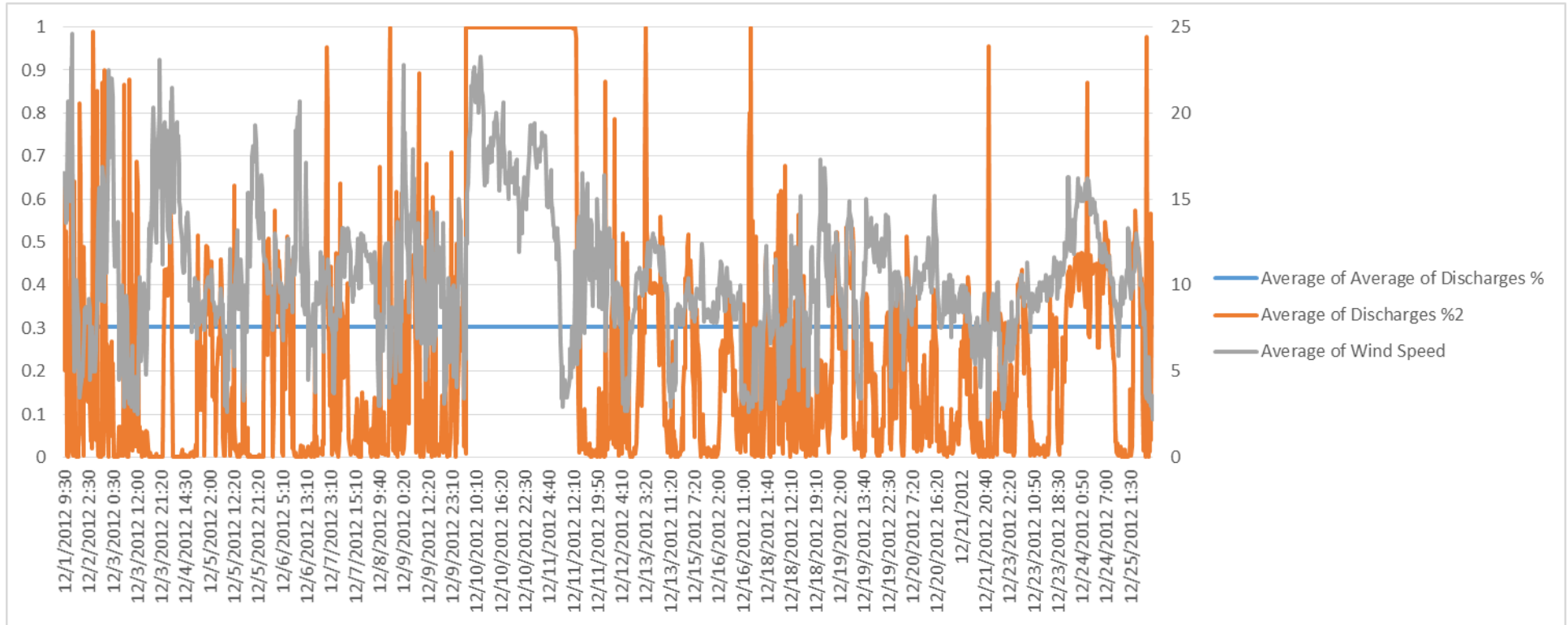
December



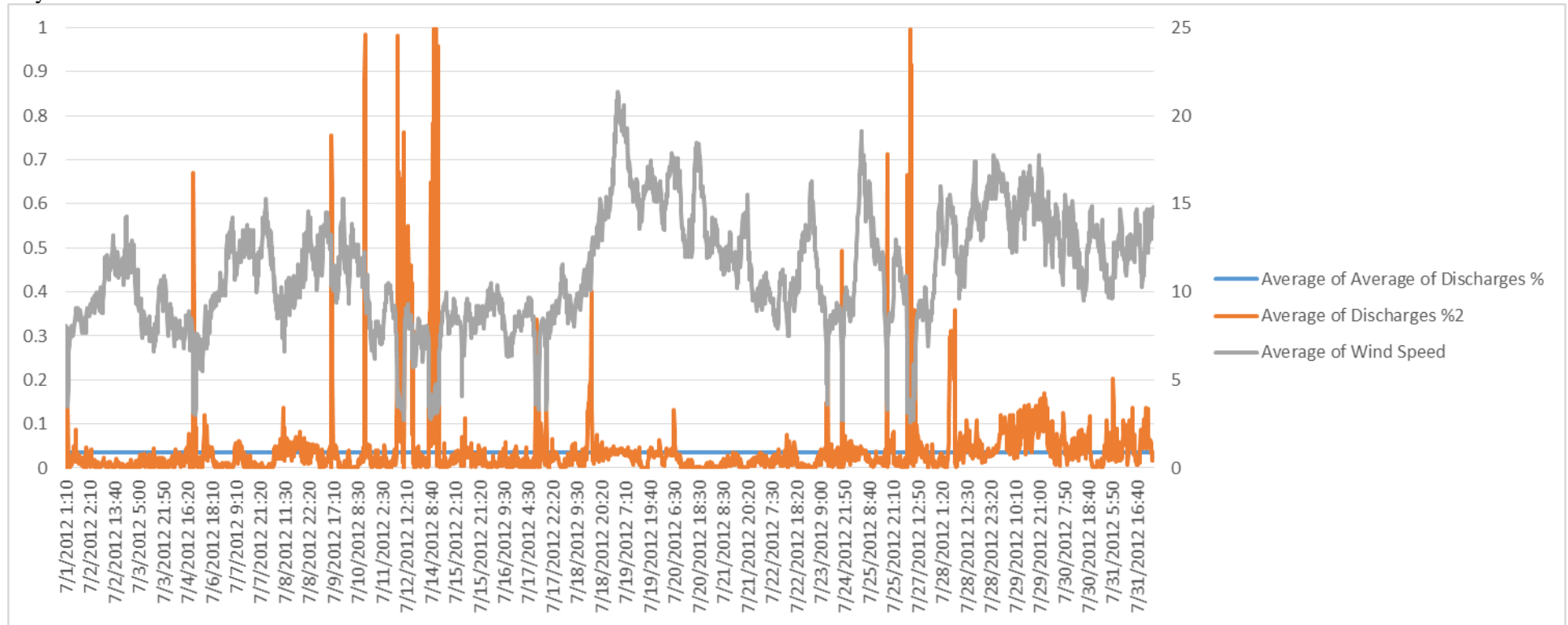
July



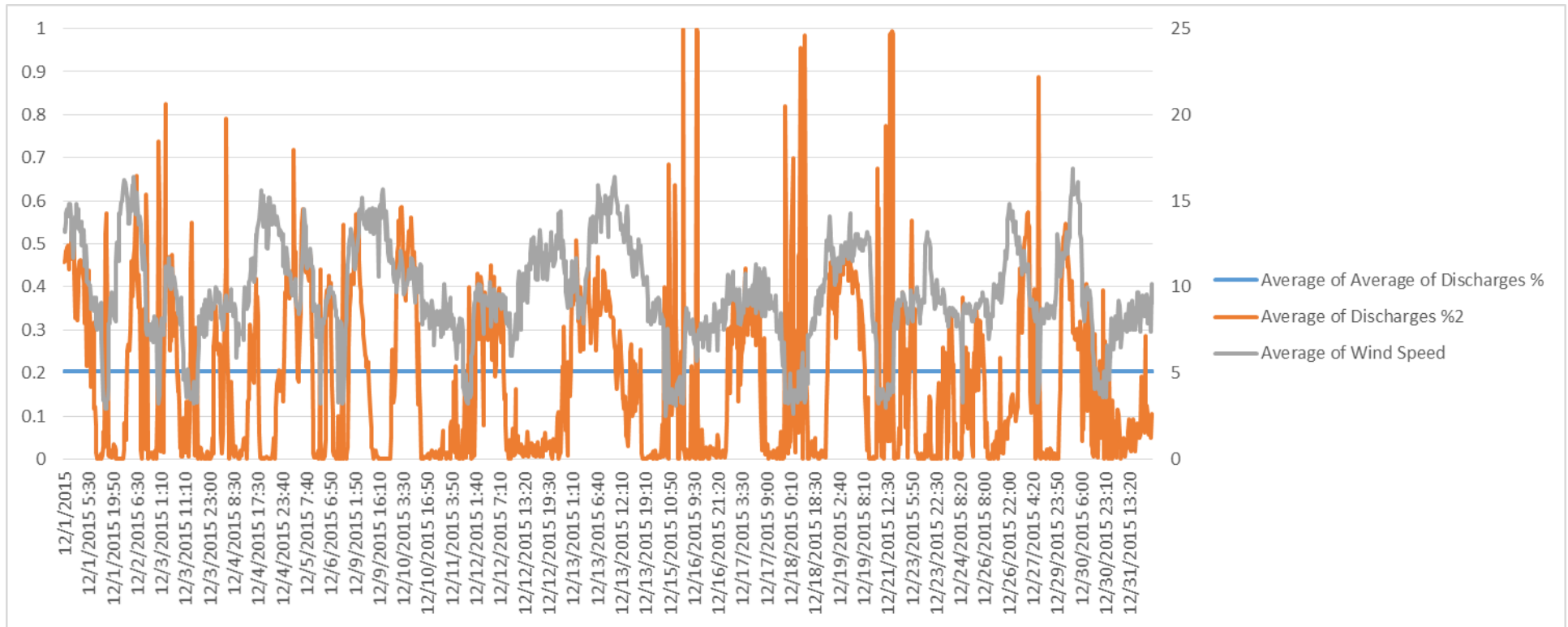
Year 2012:
December



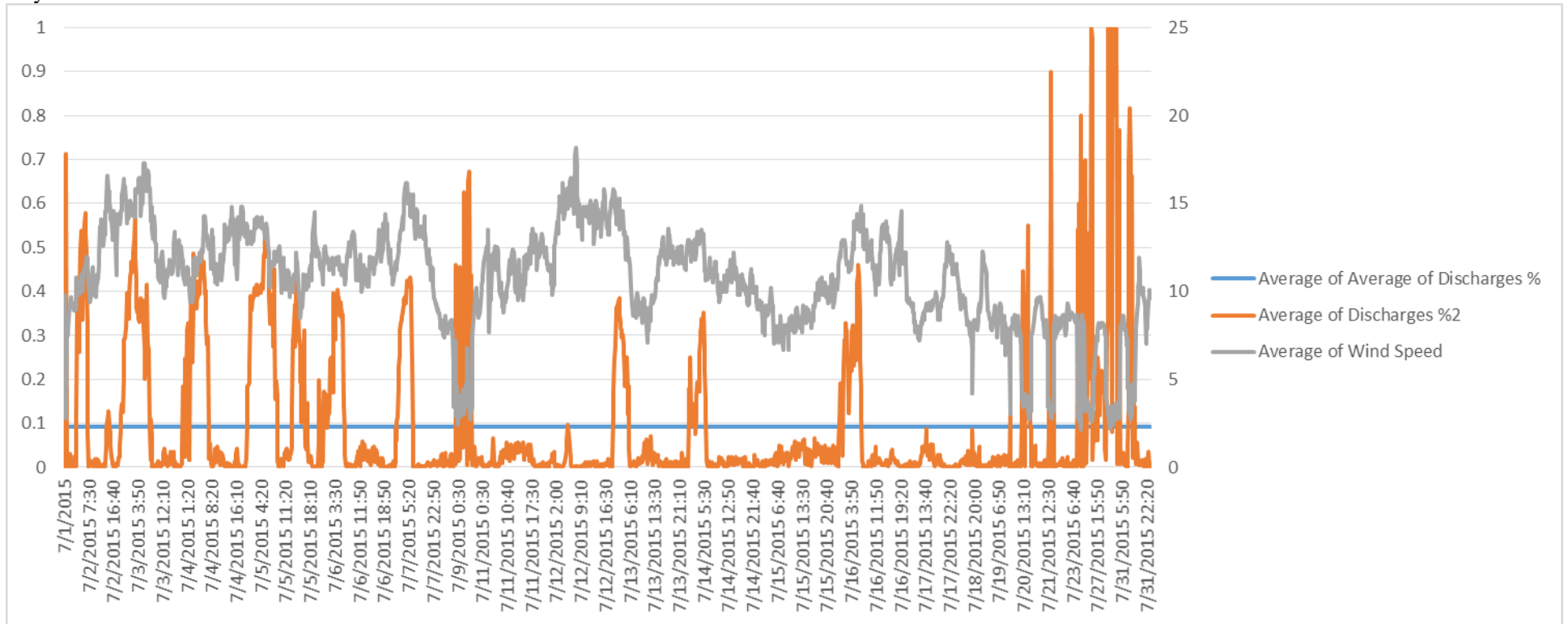
July



Year 2015:
December



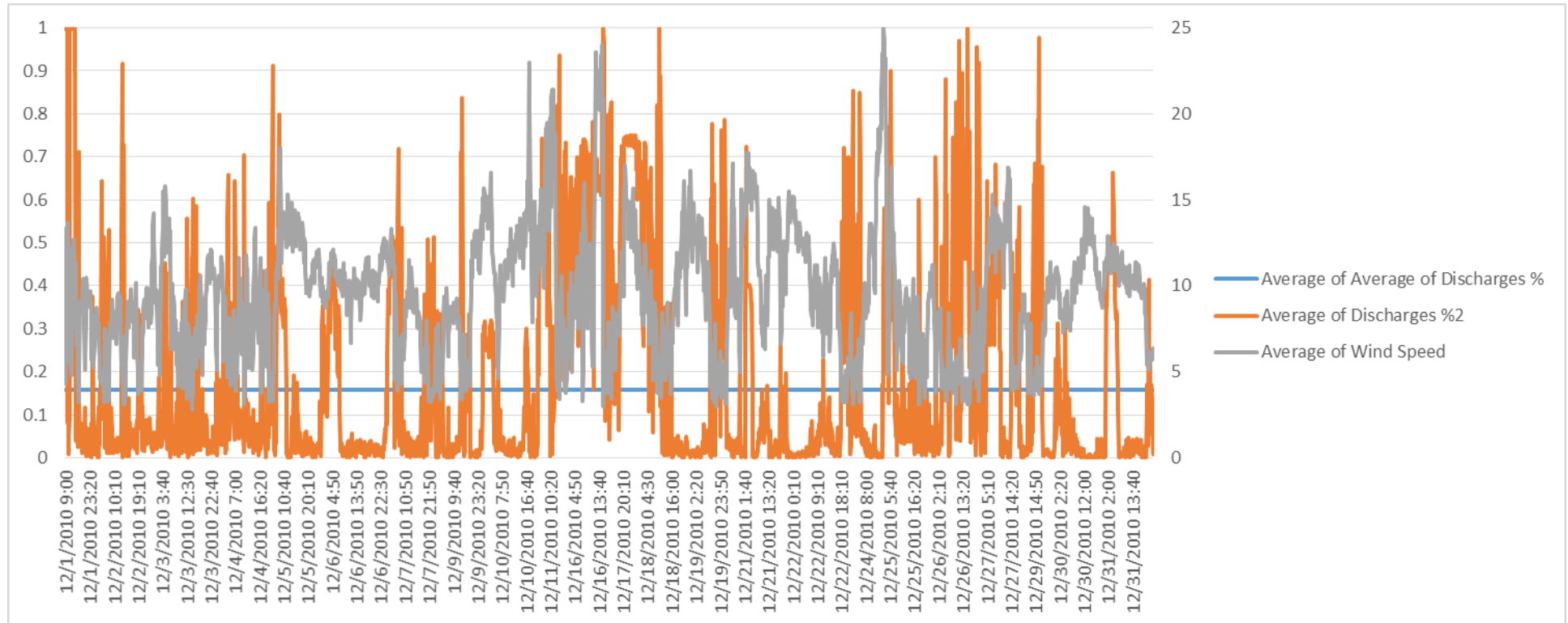
July



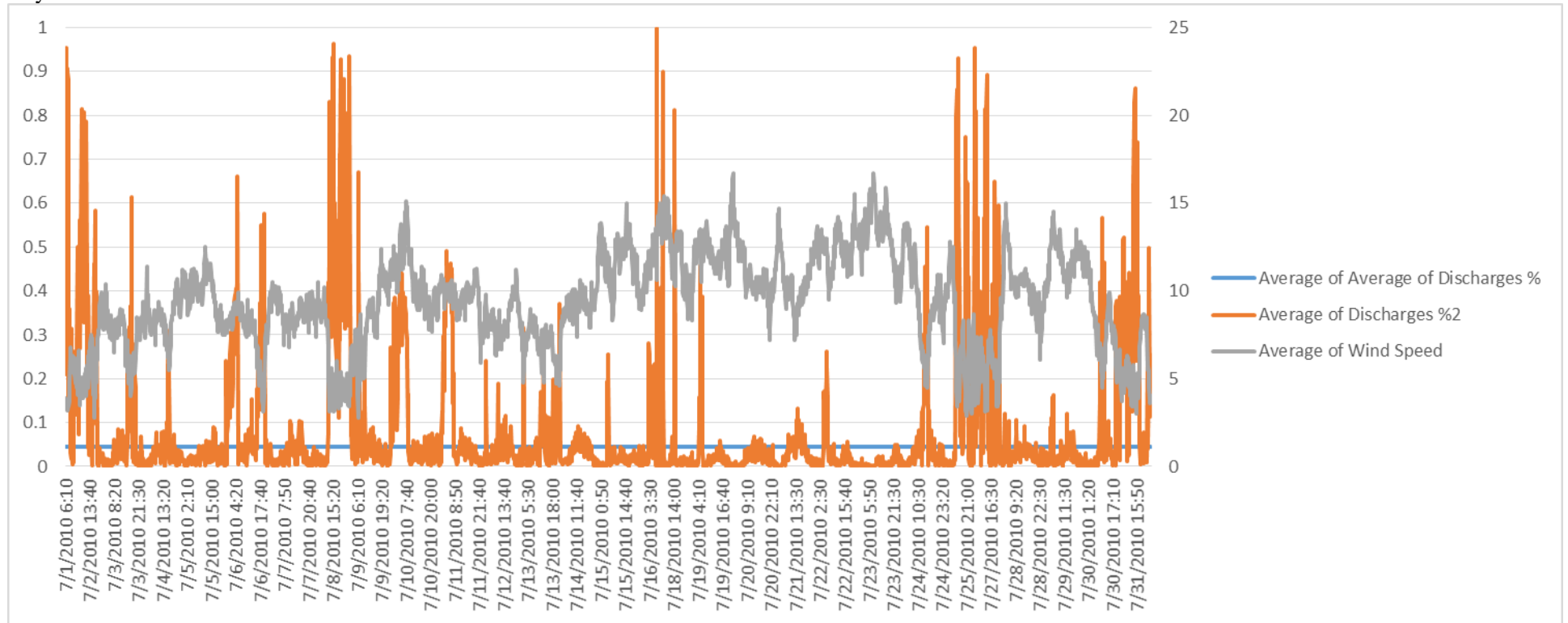
WTG5

Year 2010:

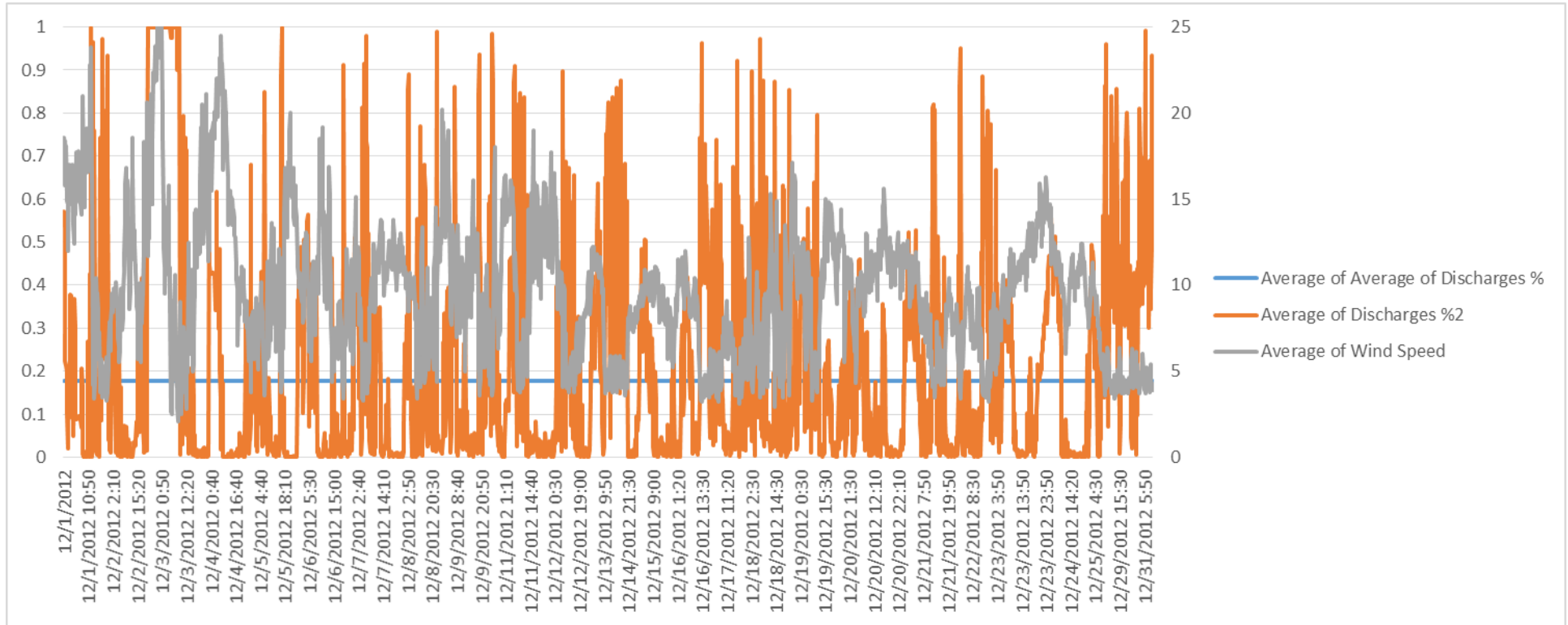
December



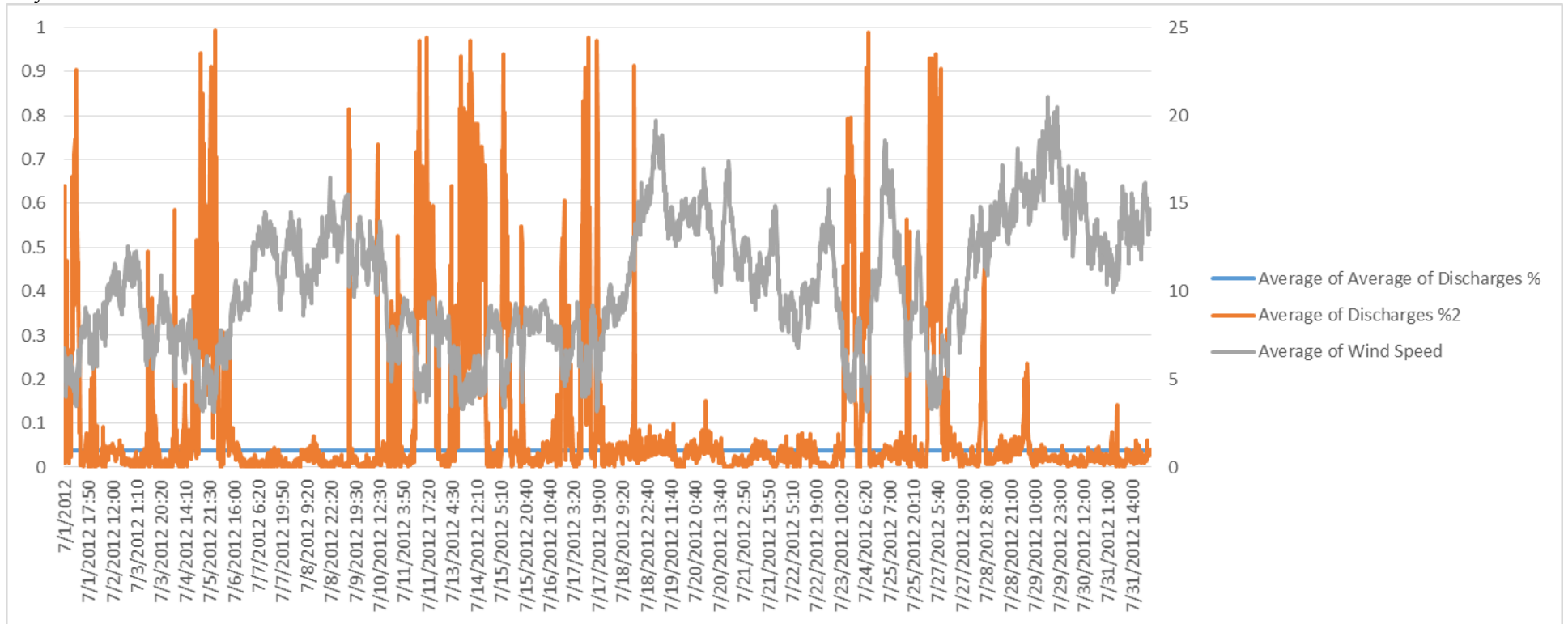
July



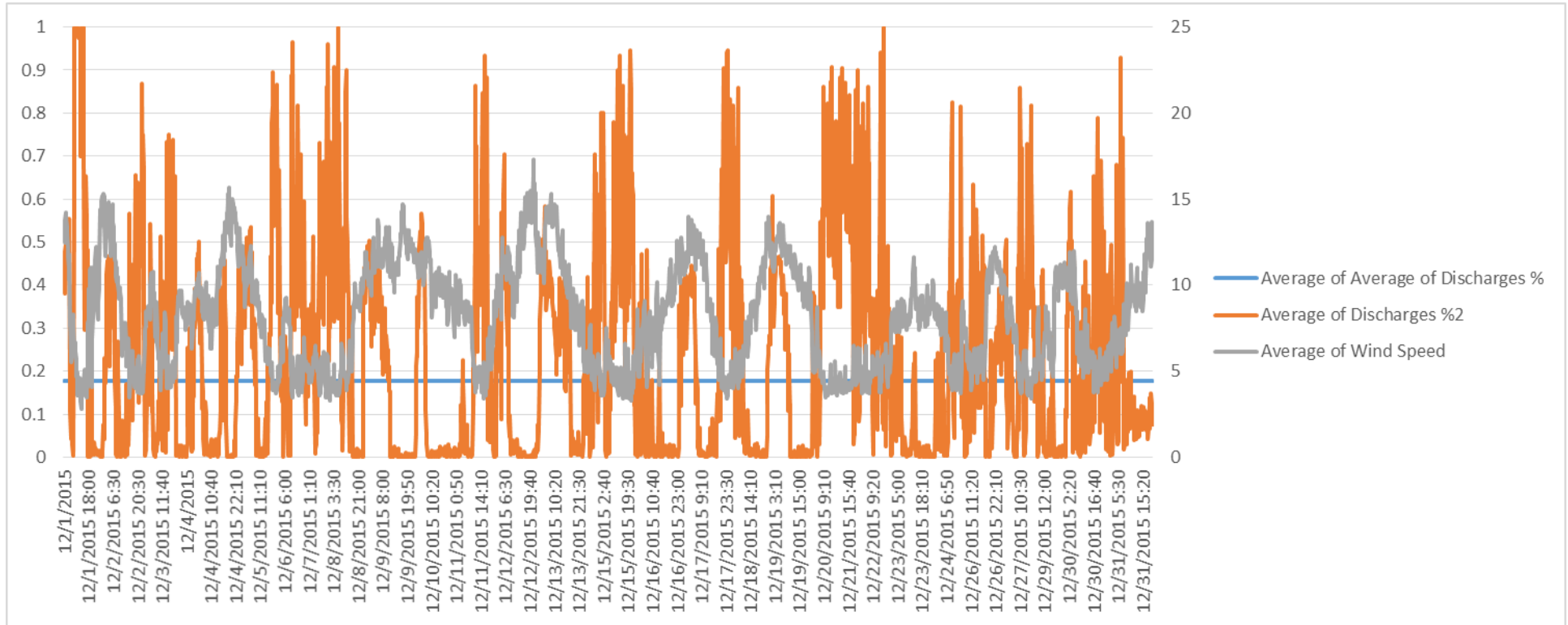
Year 2012:
December



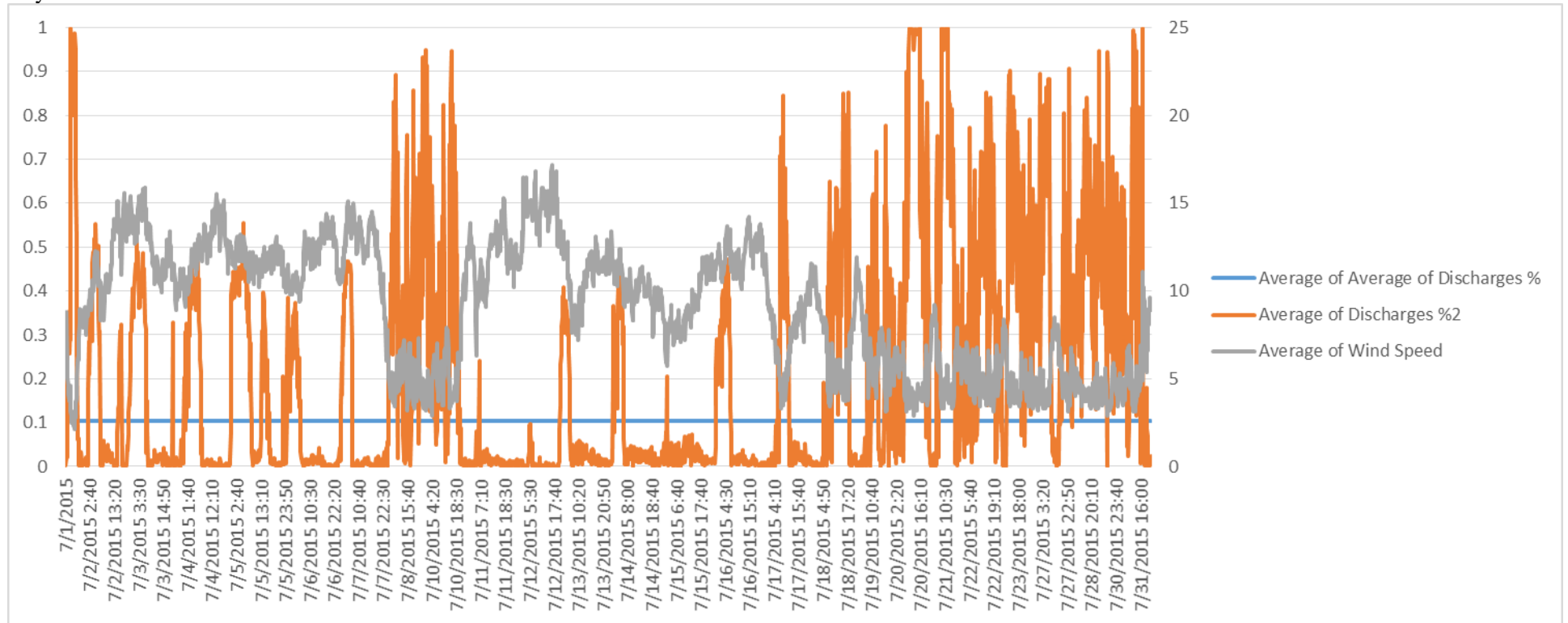
July



Year 2015:
December



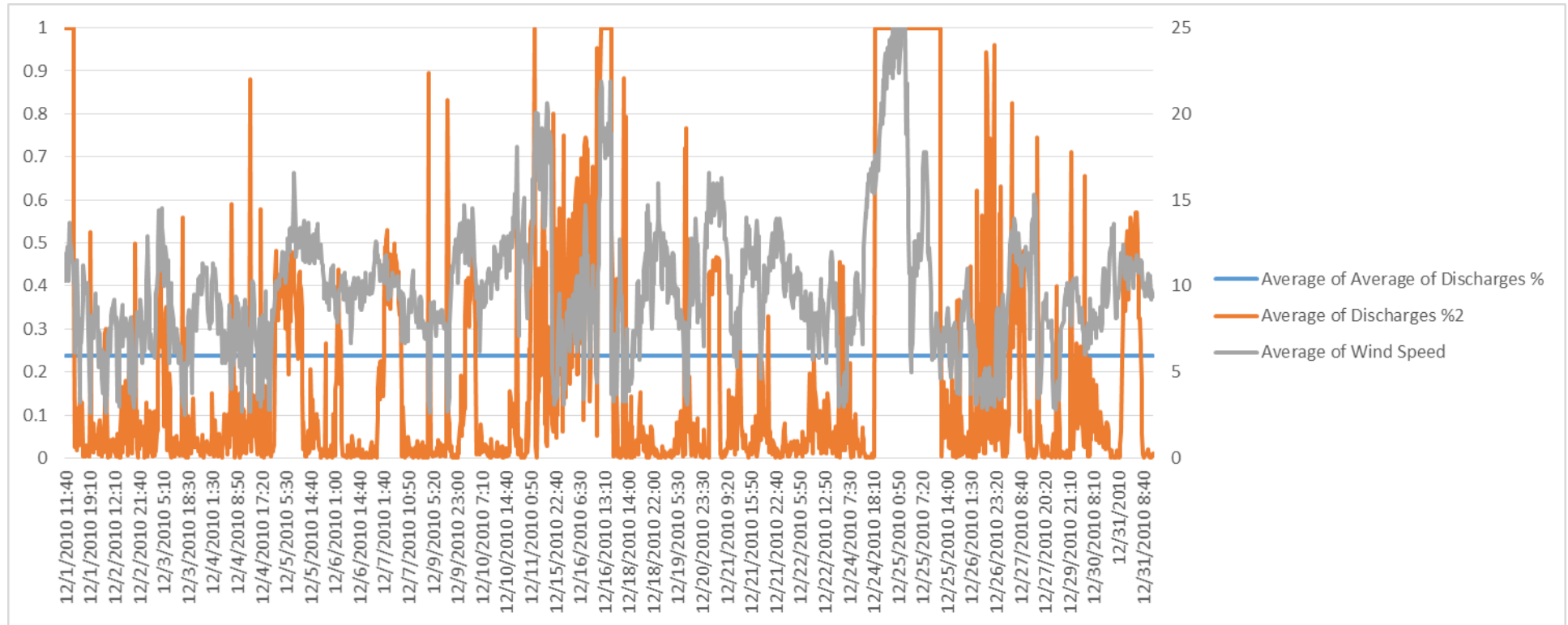
July



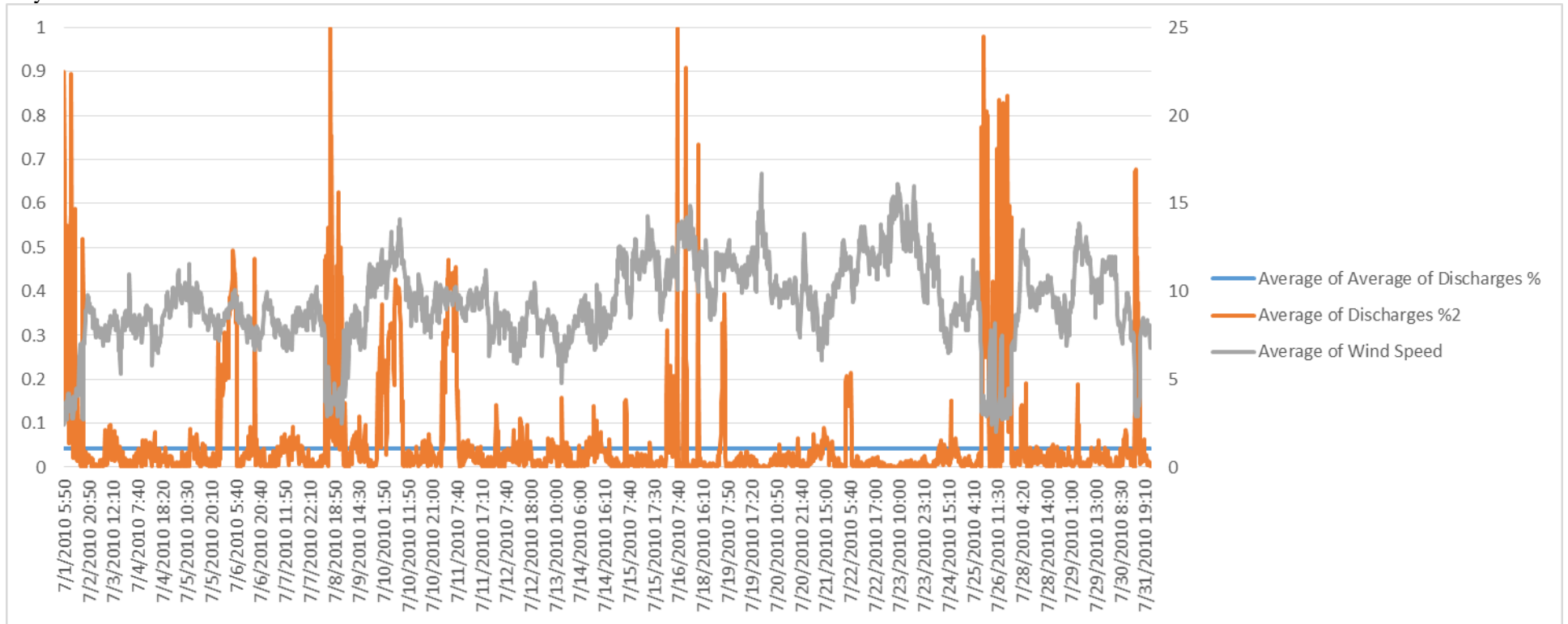
WTG6

Year 2010:

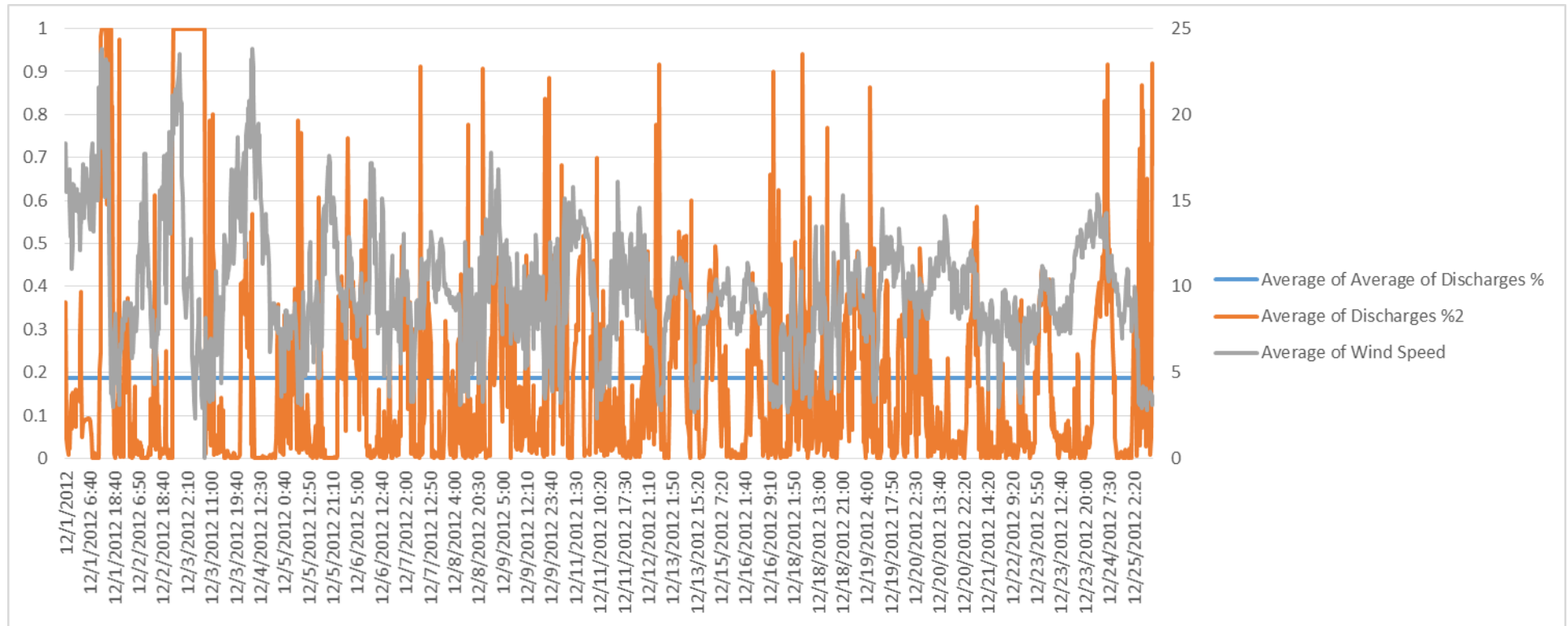
December



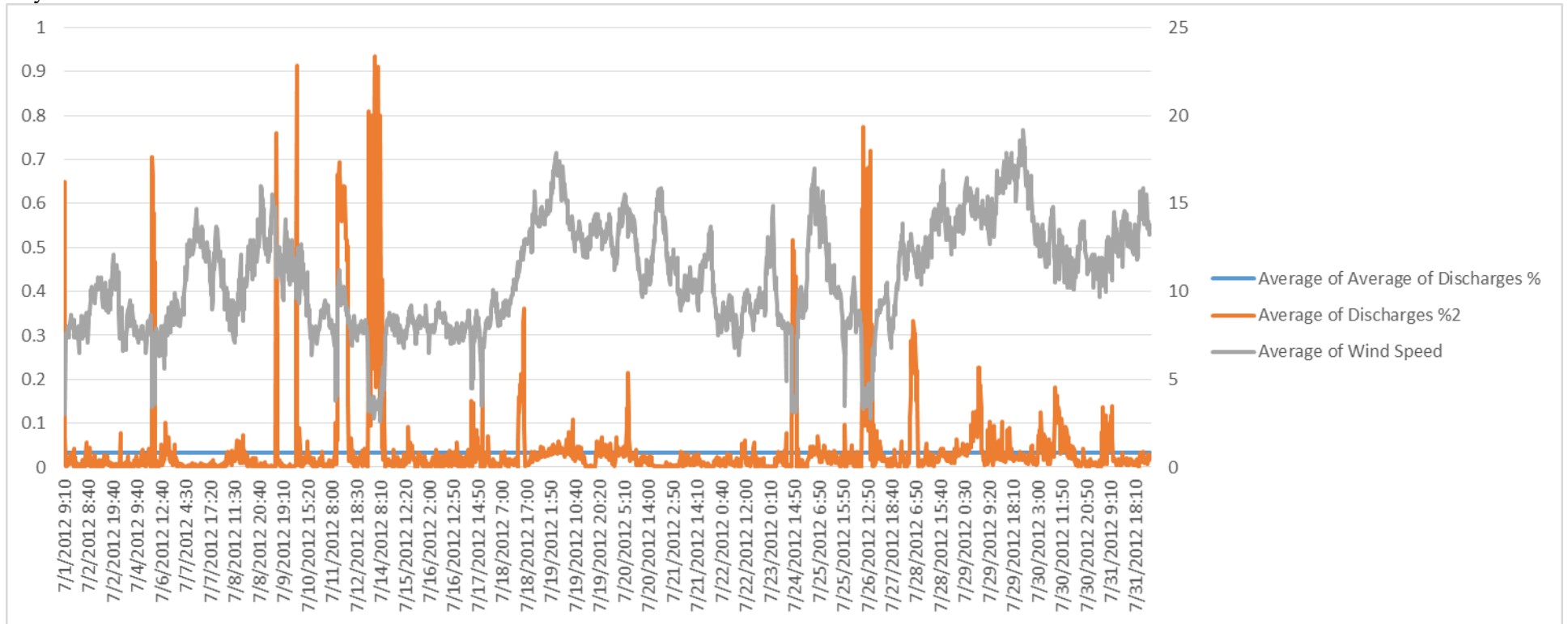
July



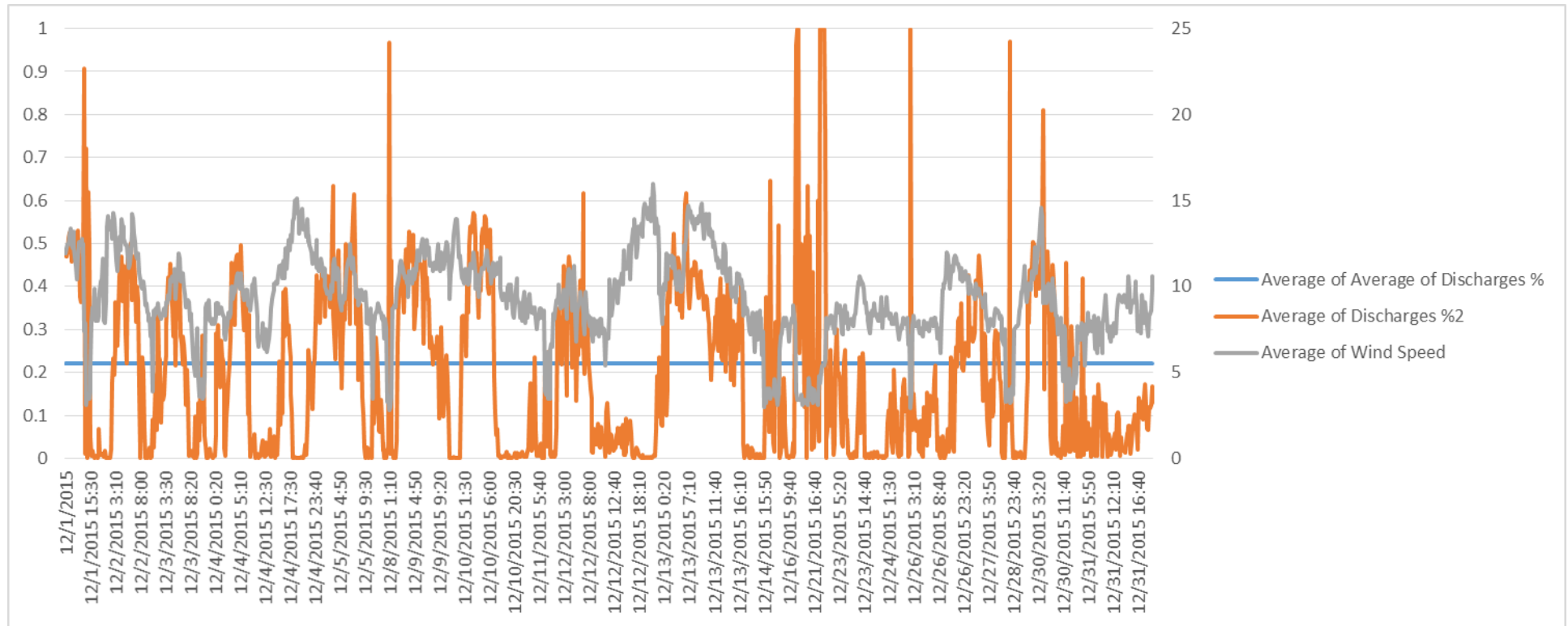
Year 2012:
December



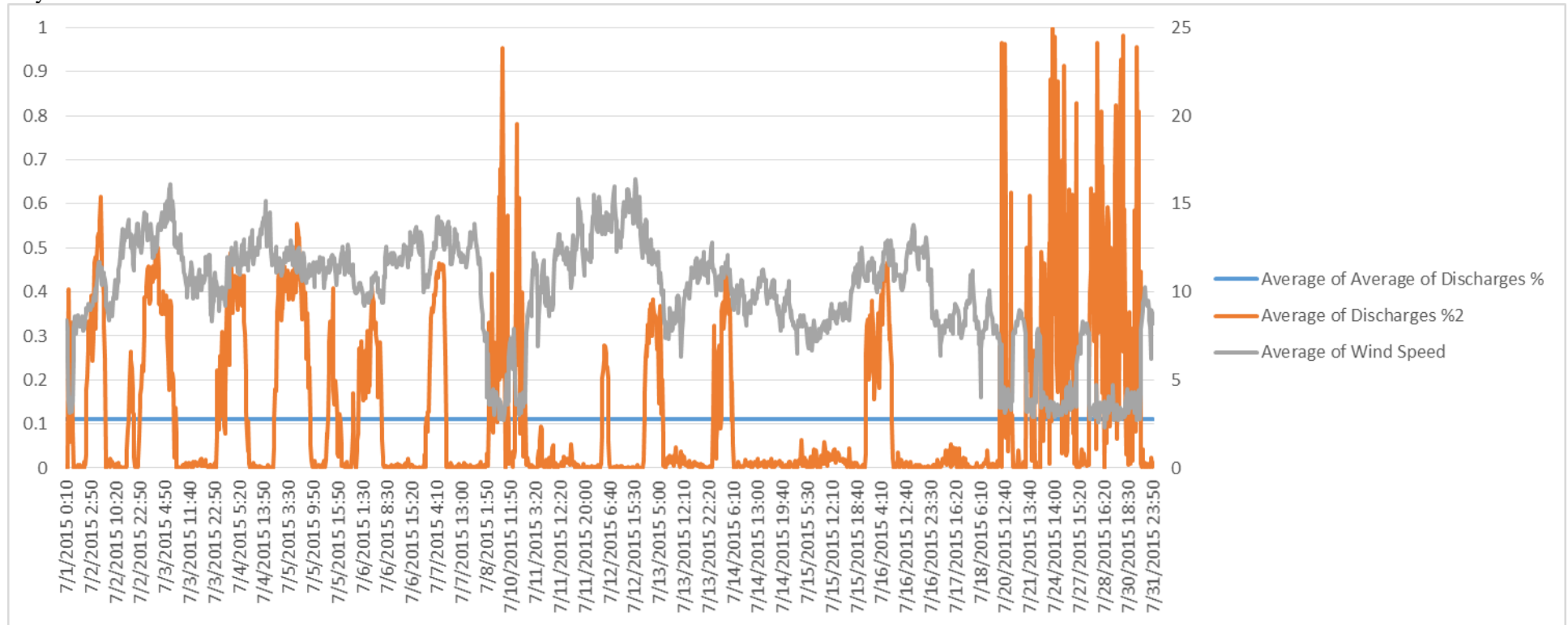
July



Year 2015:
December

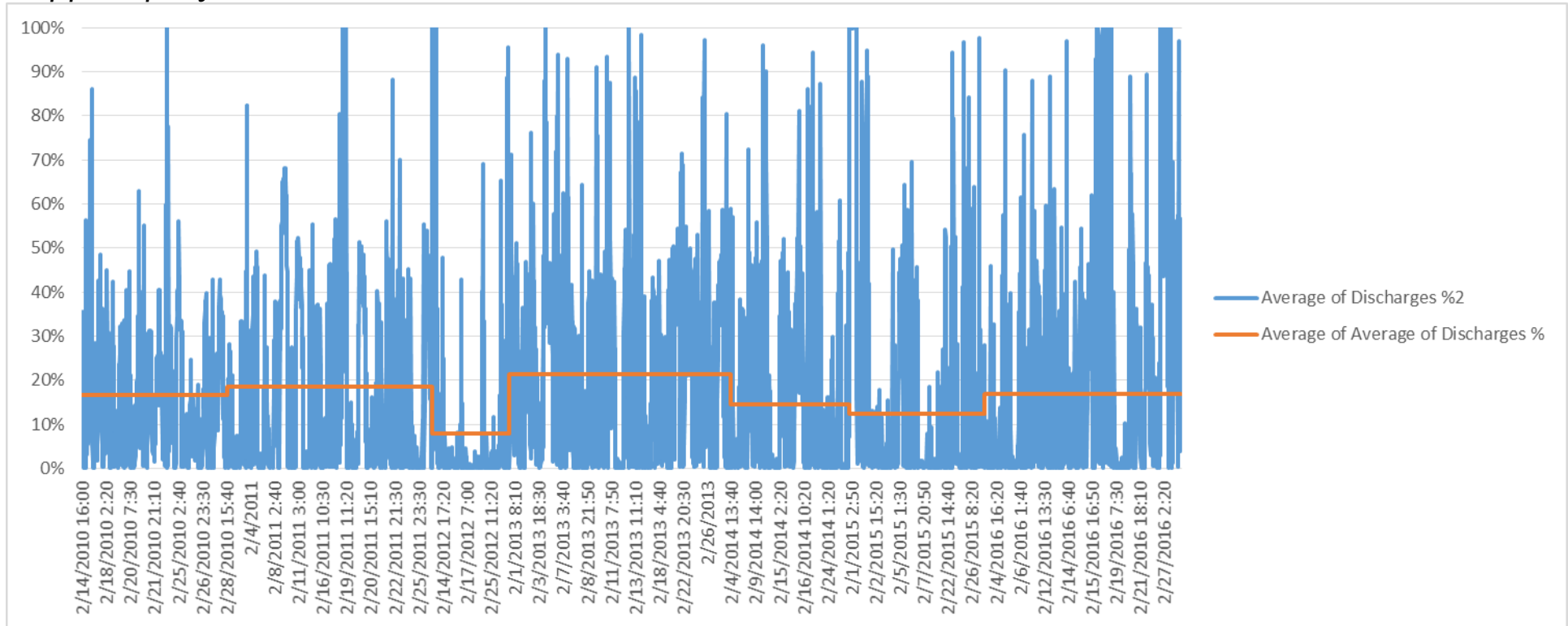


July

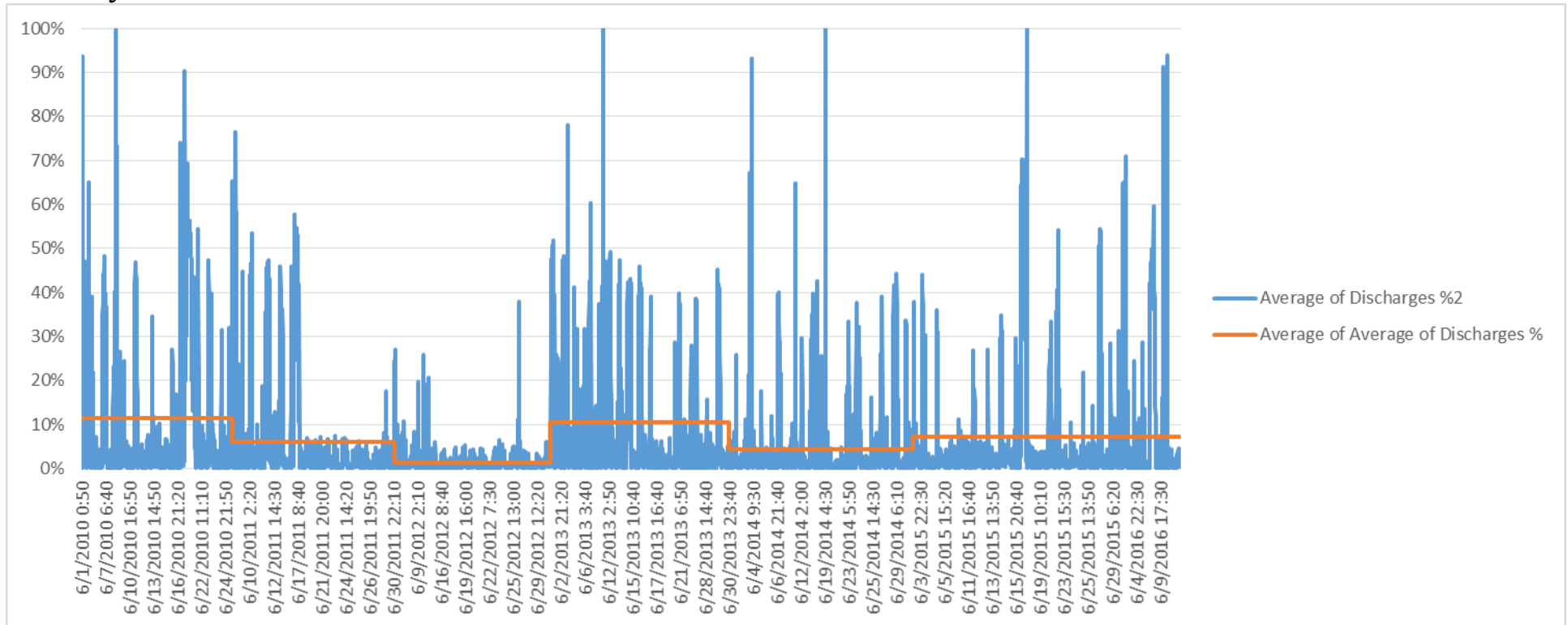


5.2 Απορρίψεις Φεβρουαρίου-Ιουνίου ανά τα χρόνια

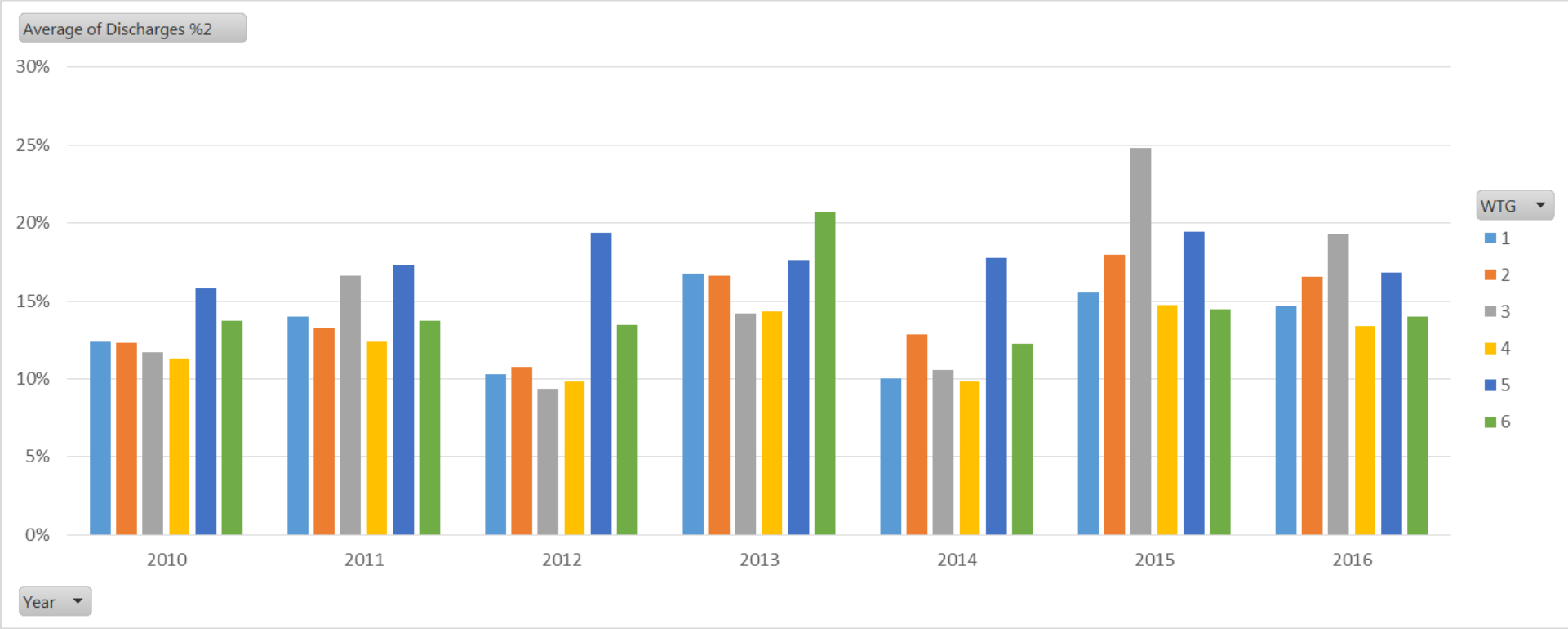
Φεβρουάριος



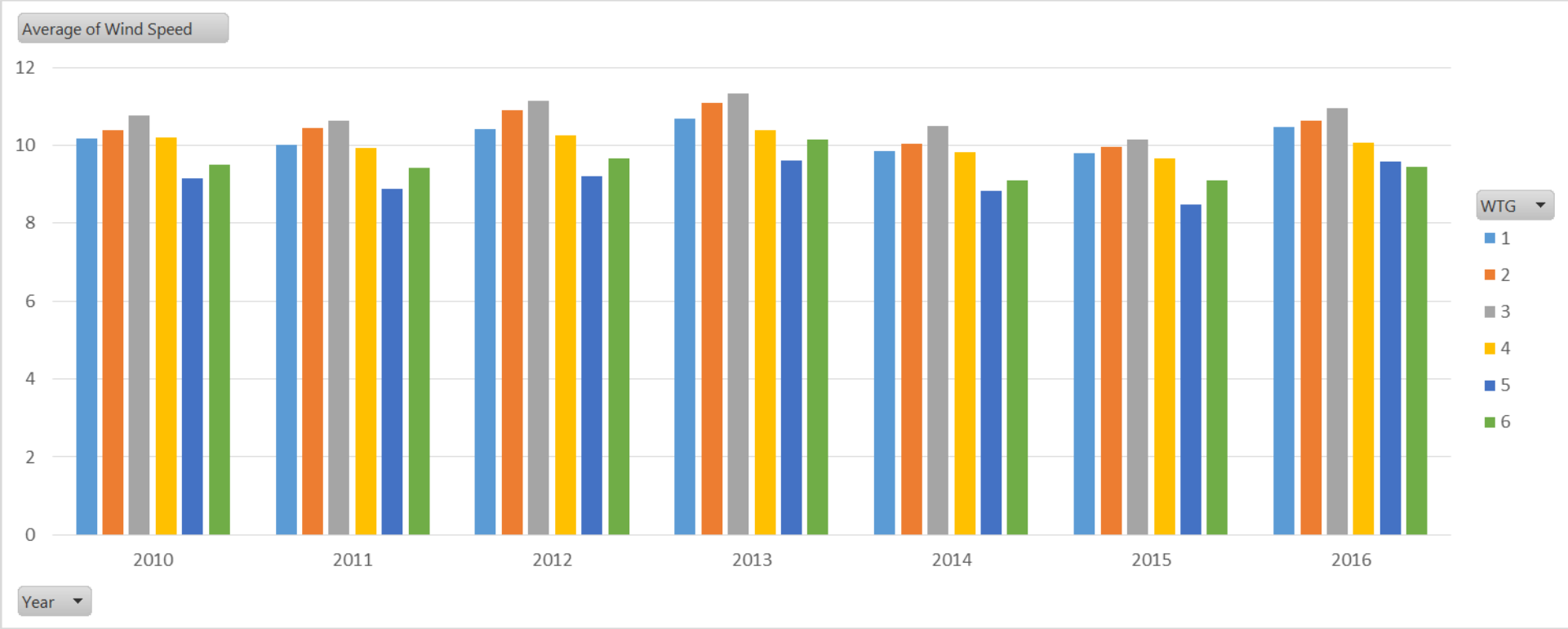
Ιούνιος



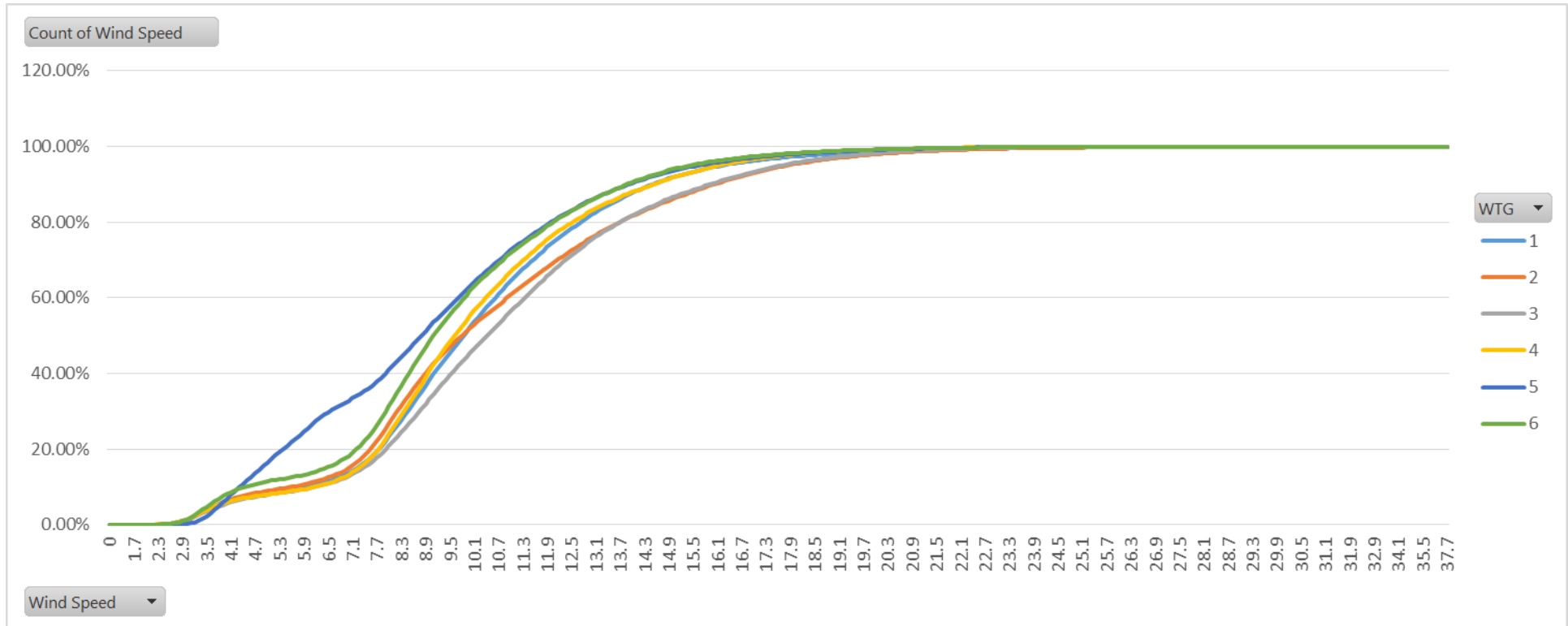
5.3 Μέση τιμή απορρίψεων ανά τα χρόνια



5.4 Μέση ταχύτητα ανέμου ανά τα χρόνια

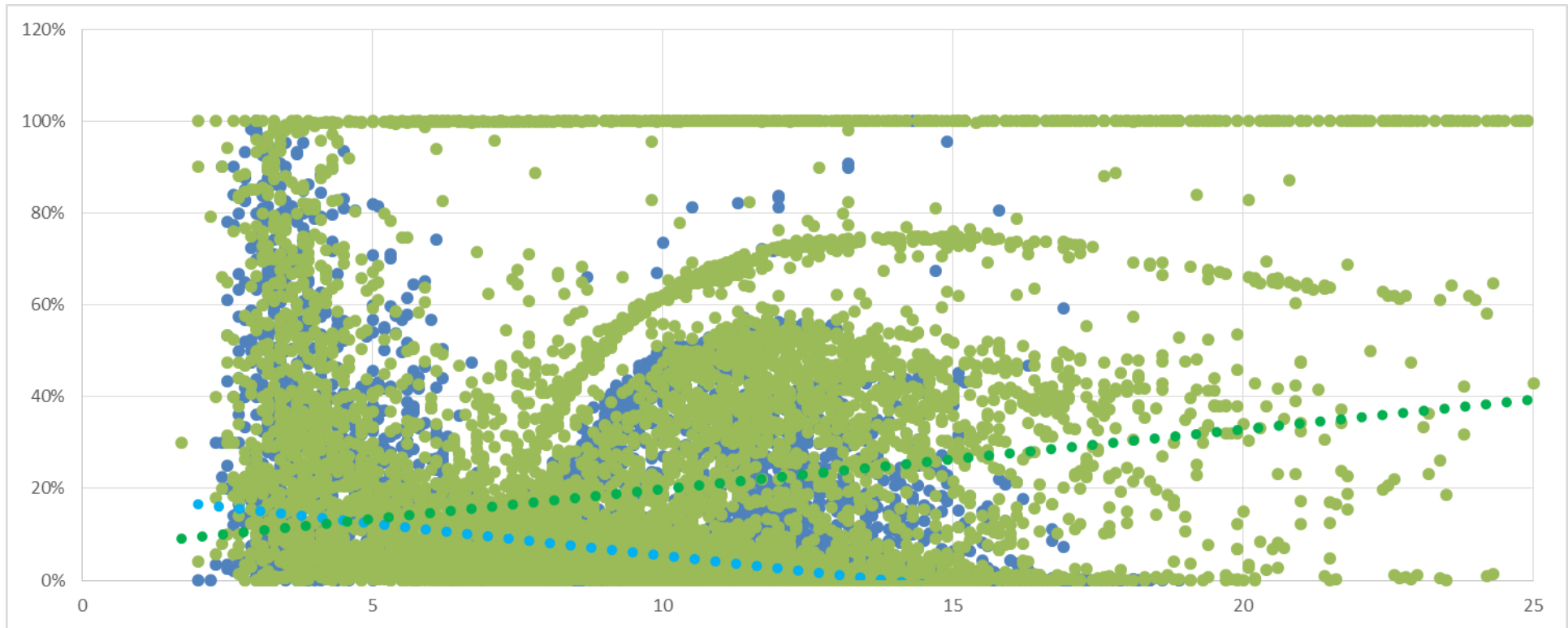


5.5 Αθροιστική κατανομή πιθανότητας για την ταχύτητα ανέμου



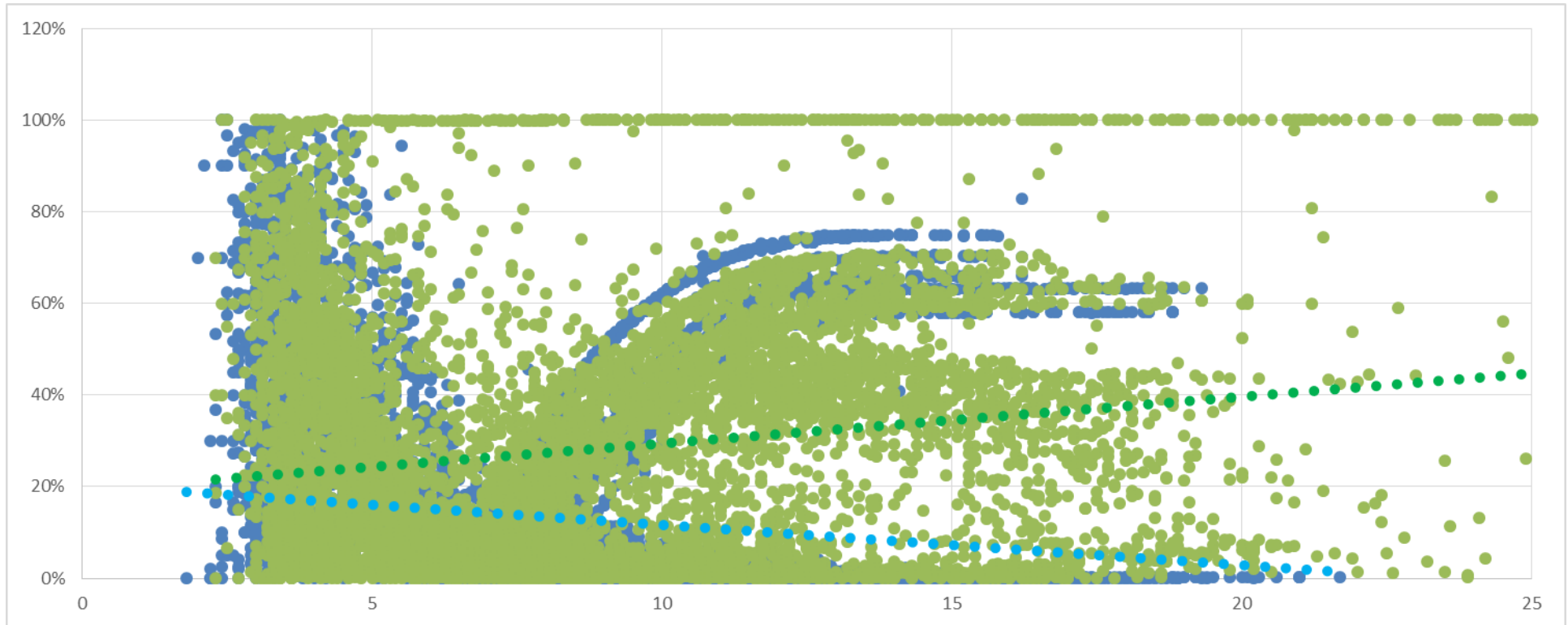
5.6 Ποσοστό απορρίψεων ανά ταχύτητα ανέμου

2010



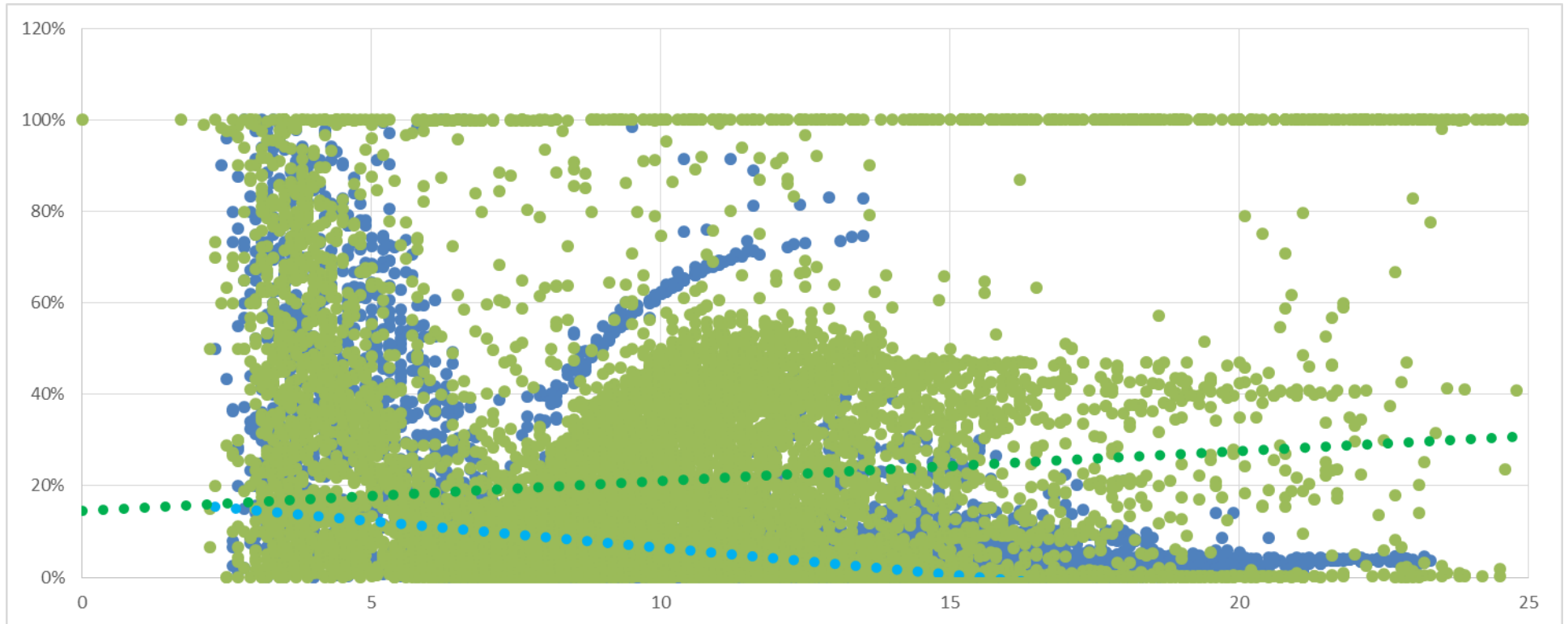
- Δεκέμβρης
- Ιούλιος

2011



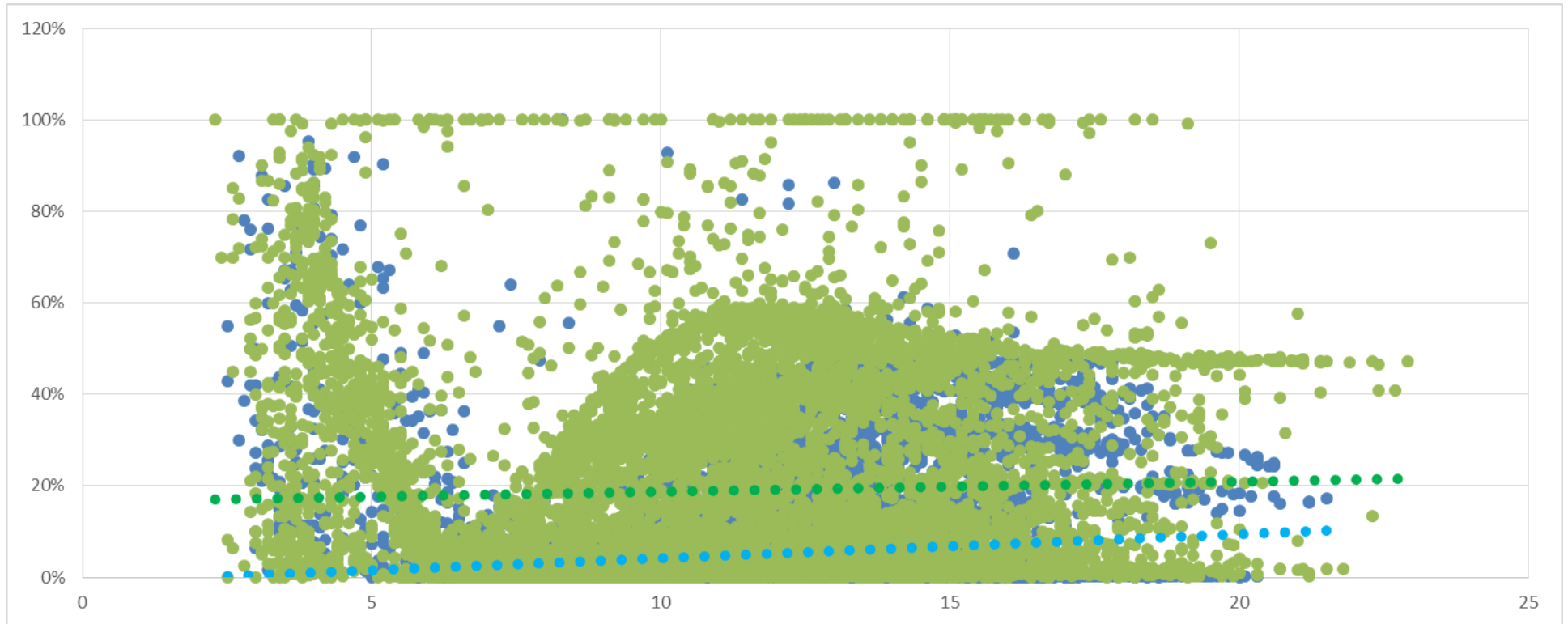
- Δεκέμβρης
- Ιούλιος

2012



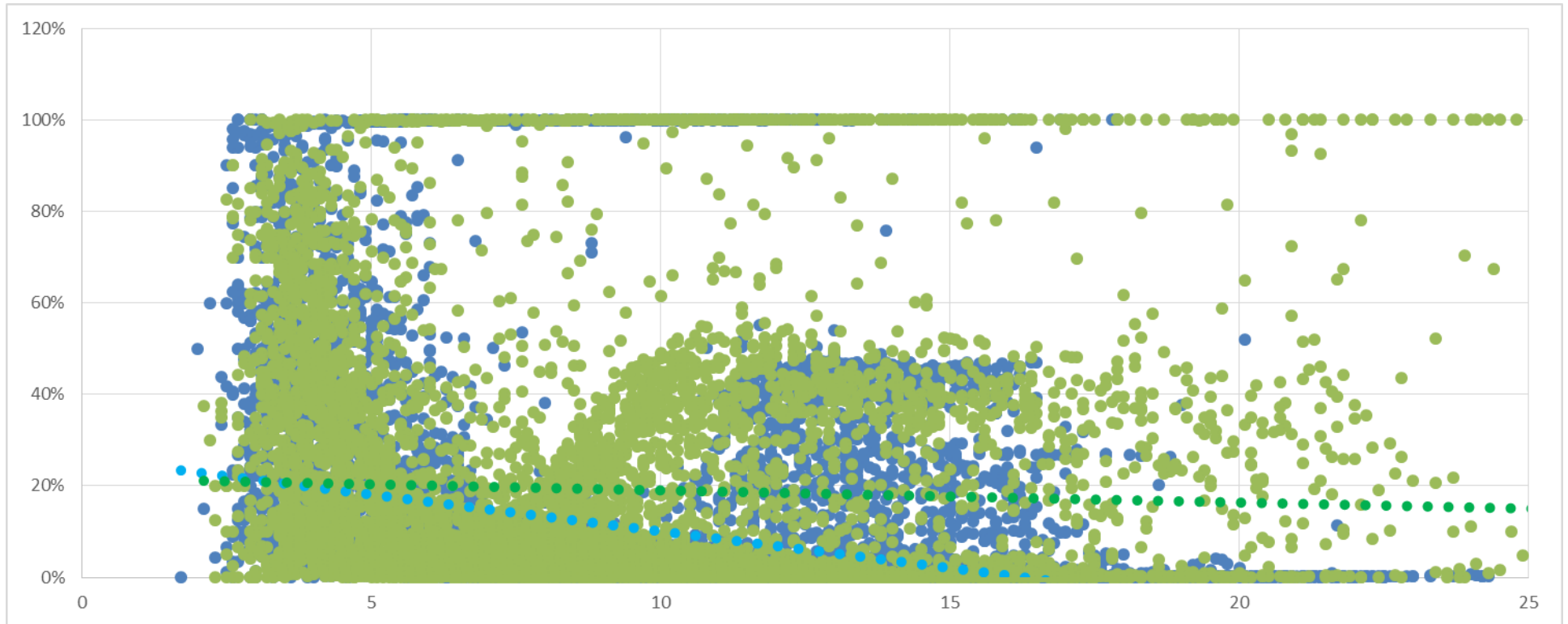
- Δεκέμβρης
- Ιούλιος

2013



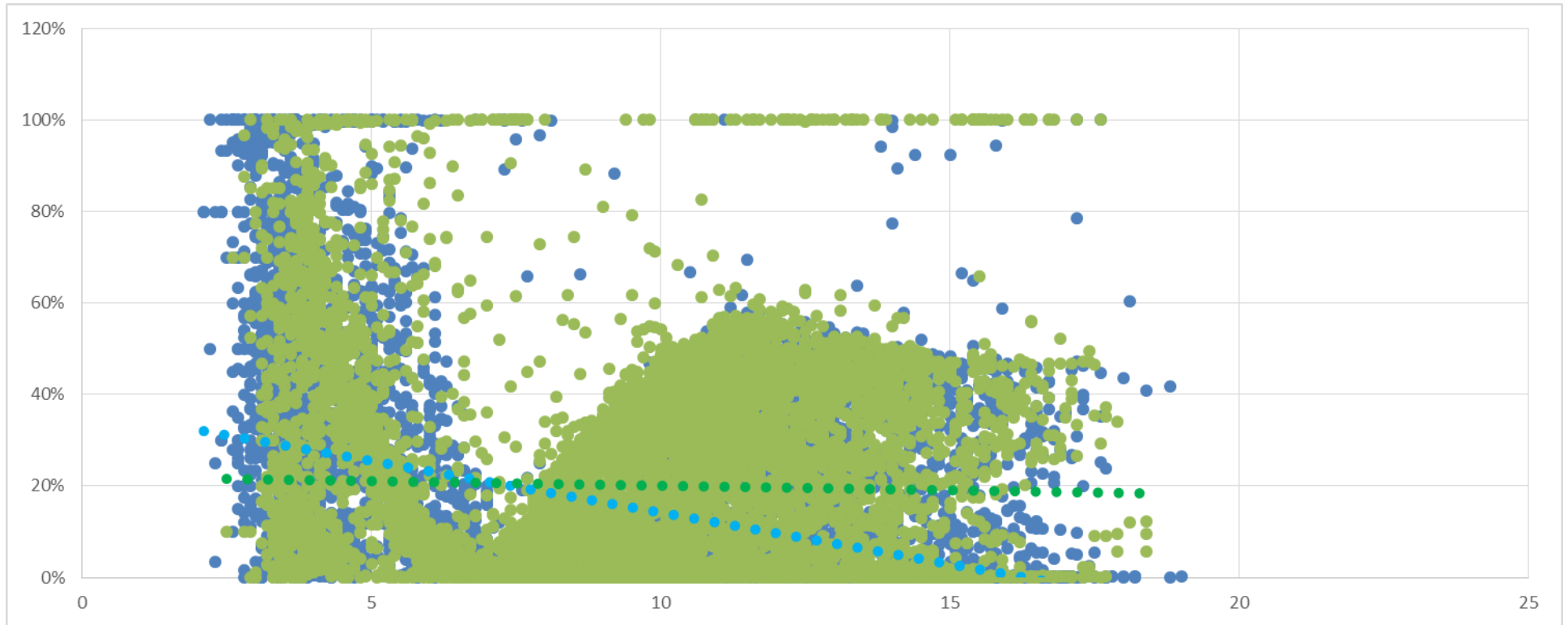
- Δεκέμβρης
- Ιούλιος

2014



- Δεκέμβρης
- Ιούλιος

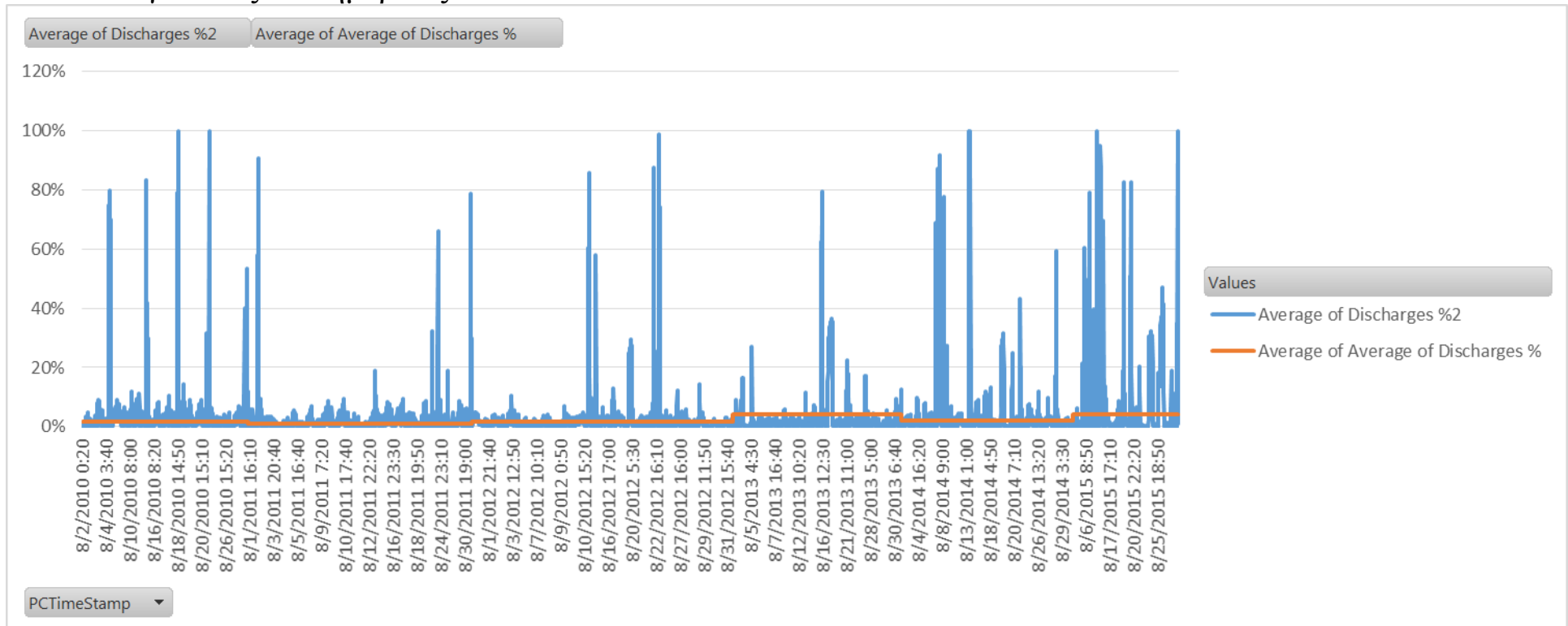
2015



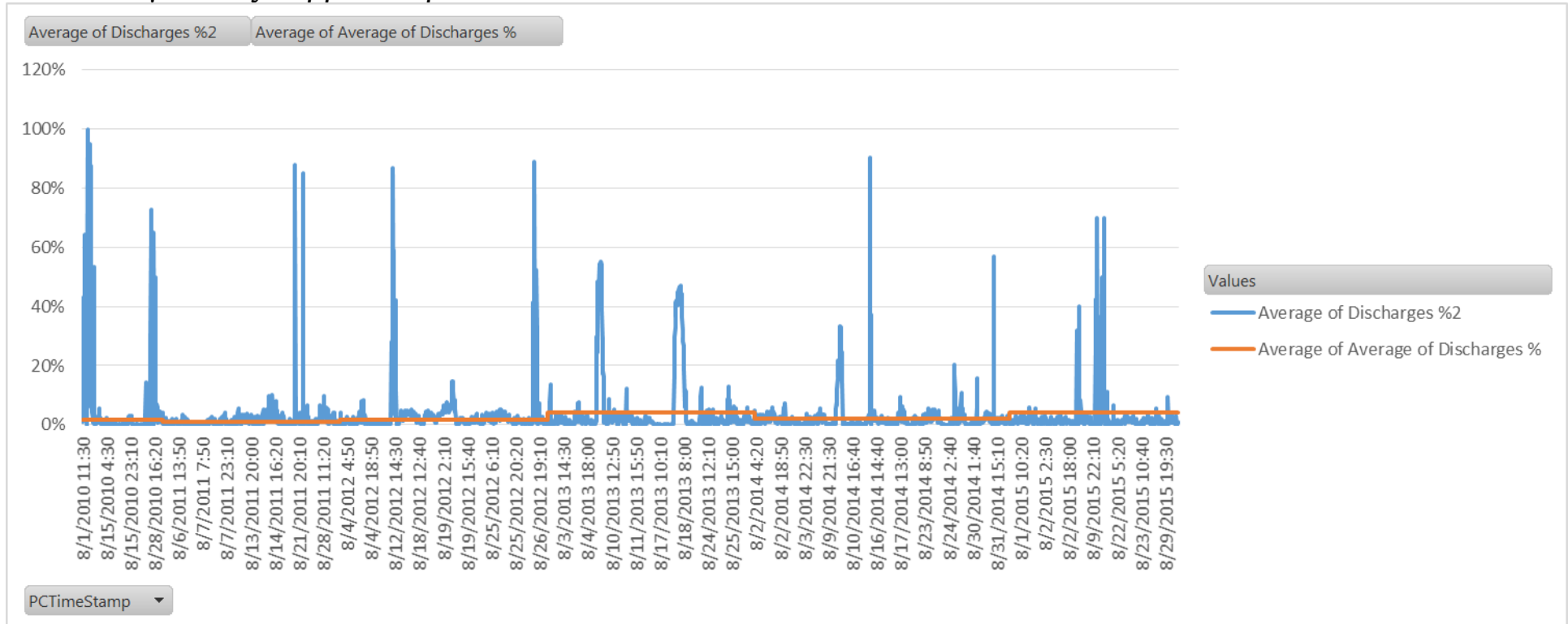
- Δεκέμβρης
- Ιούλιος

5.7 Απορρίψεις Αυγούστου-Μαρτίου για Καθημερινές-Σαββατοκύριακα ανά τα χρόνια

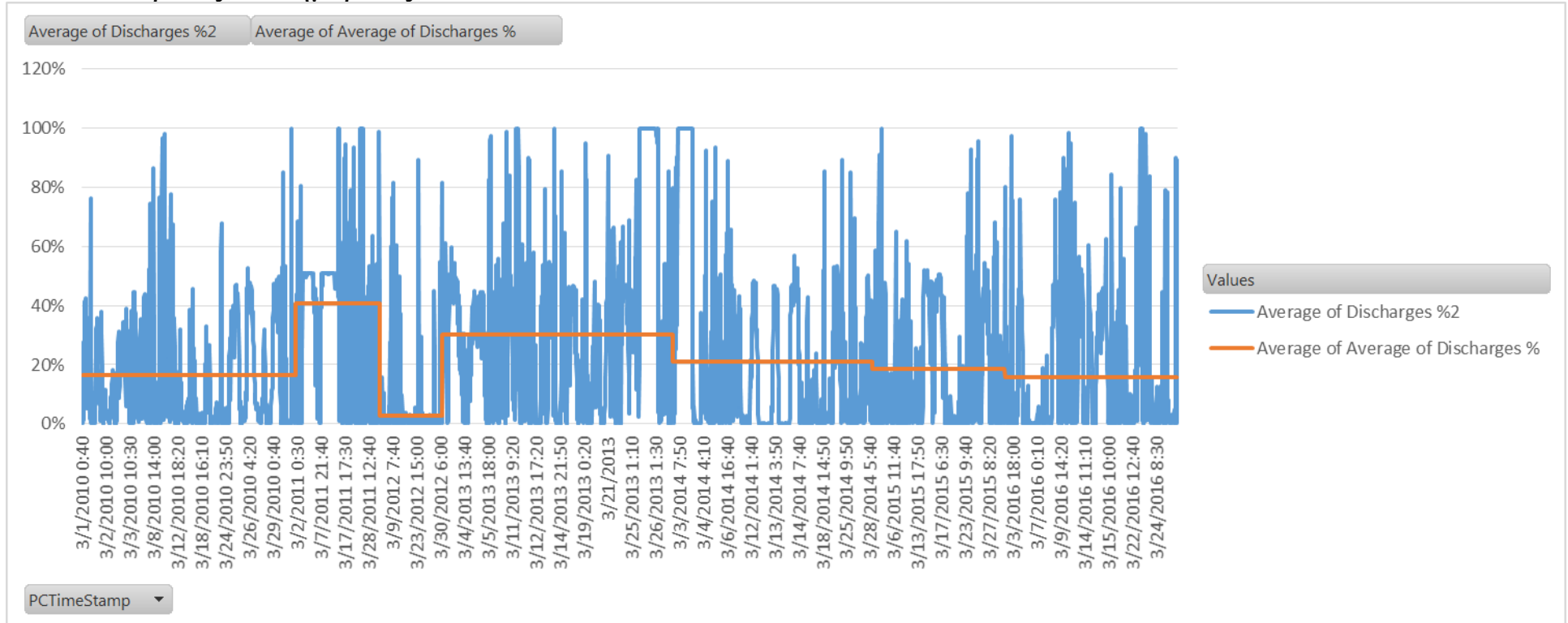
Α/Γ#2 Αύγουστος Καθημερινές



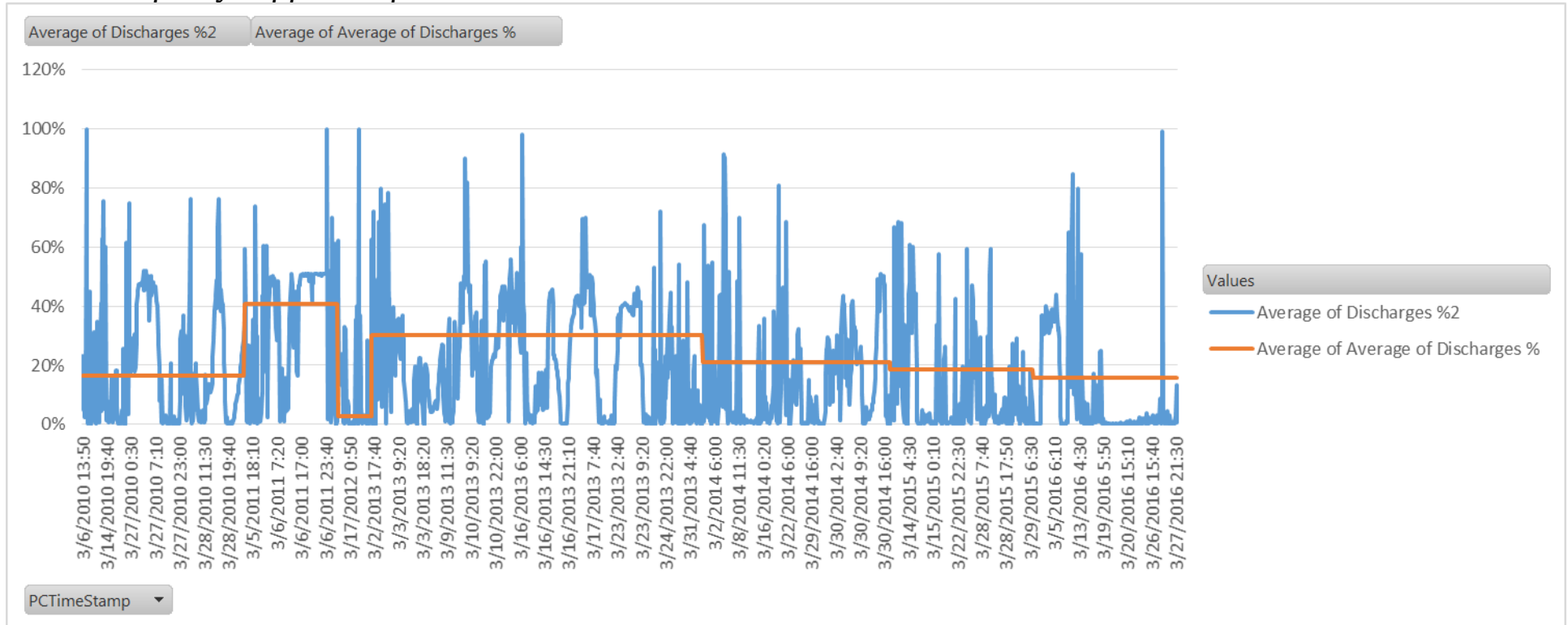
Α/Γ#2 Αύγουστος Σαββατοκύριακα



Α/Γ#2 Μάρτιος Καθημερινές

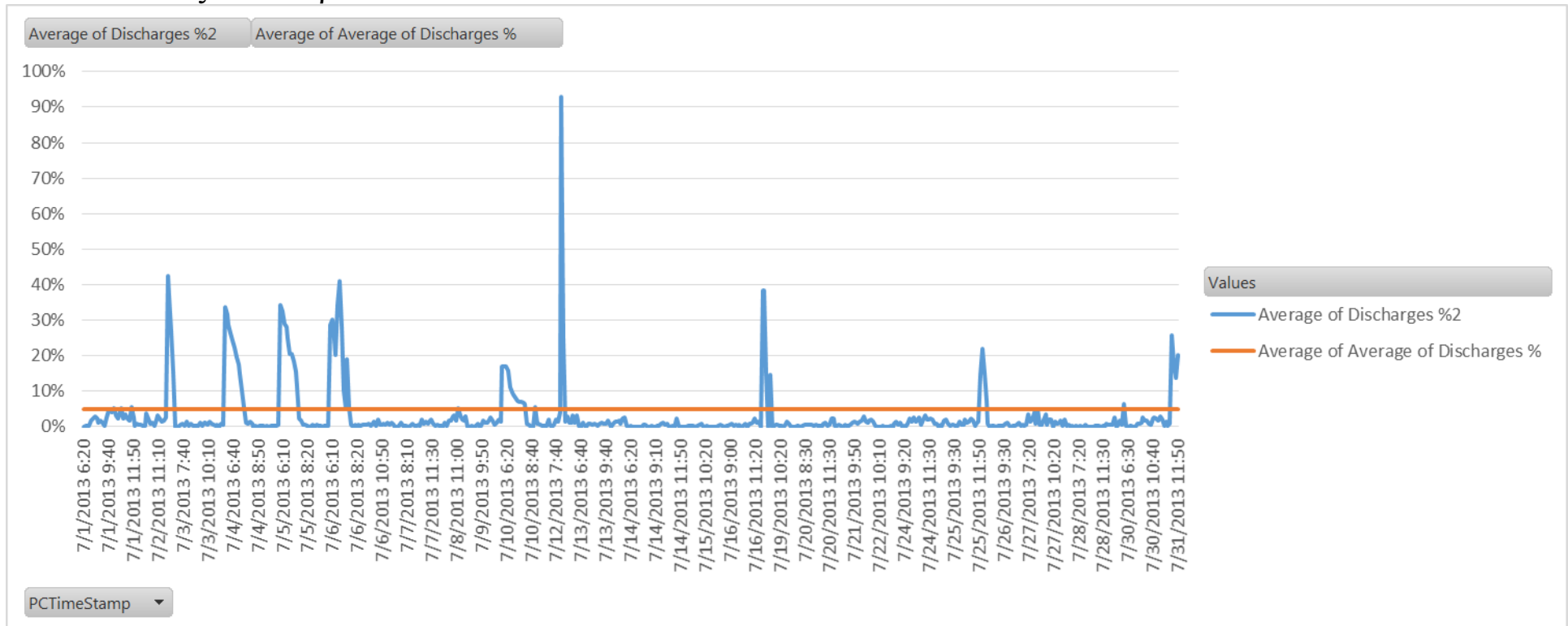


Α/Γ#2 Μάρτιος Σαββατοκύριακα

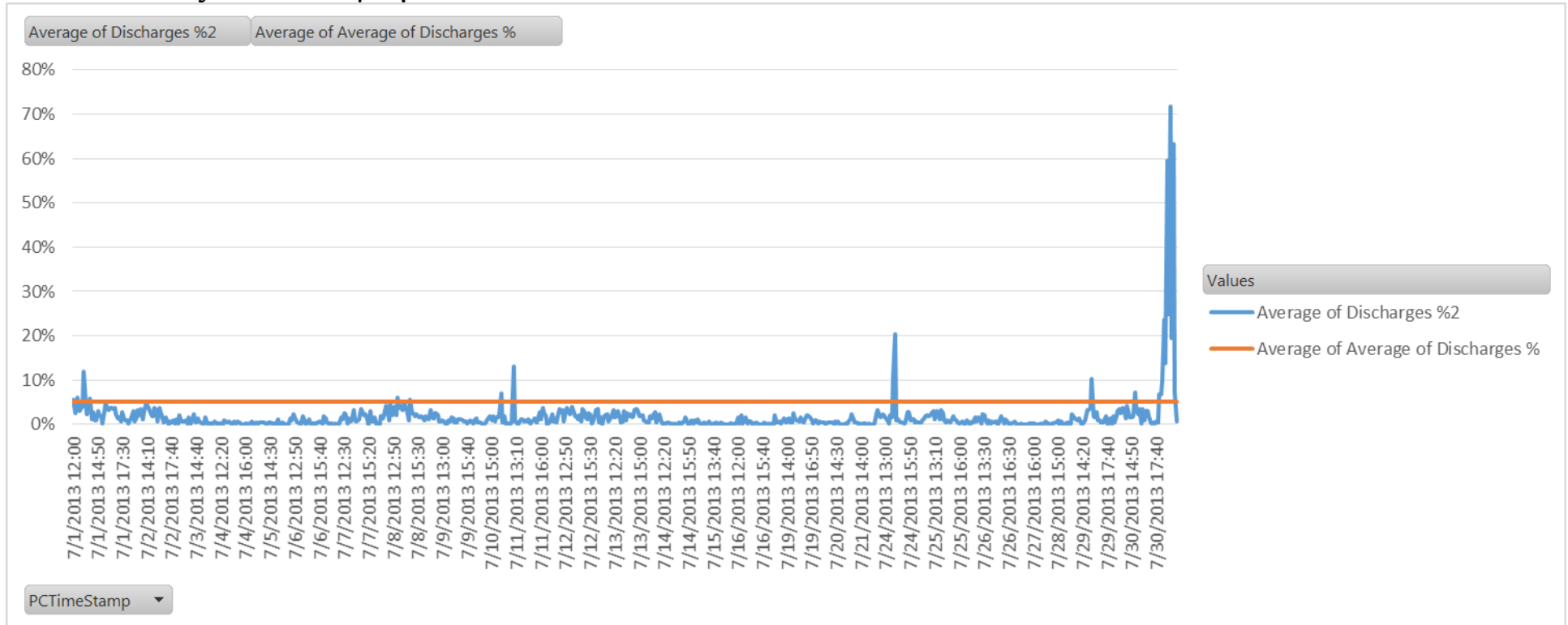


5.8 Απορρίψεις Ιουλίου-Δεκεμβρίου της ημέρας χωρισμένη ανά 6 ώρες

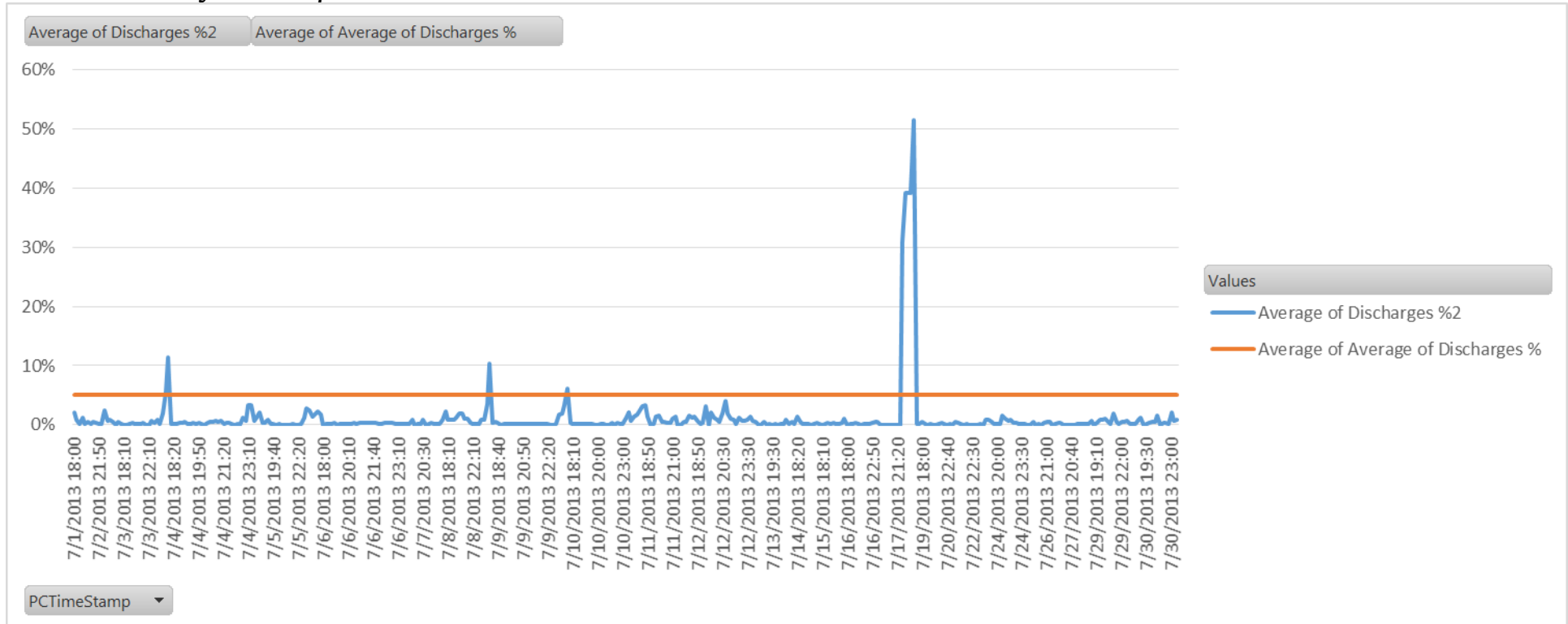
Α/Γ#2 Ιούλιος 2013 Πρωϊνά



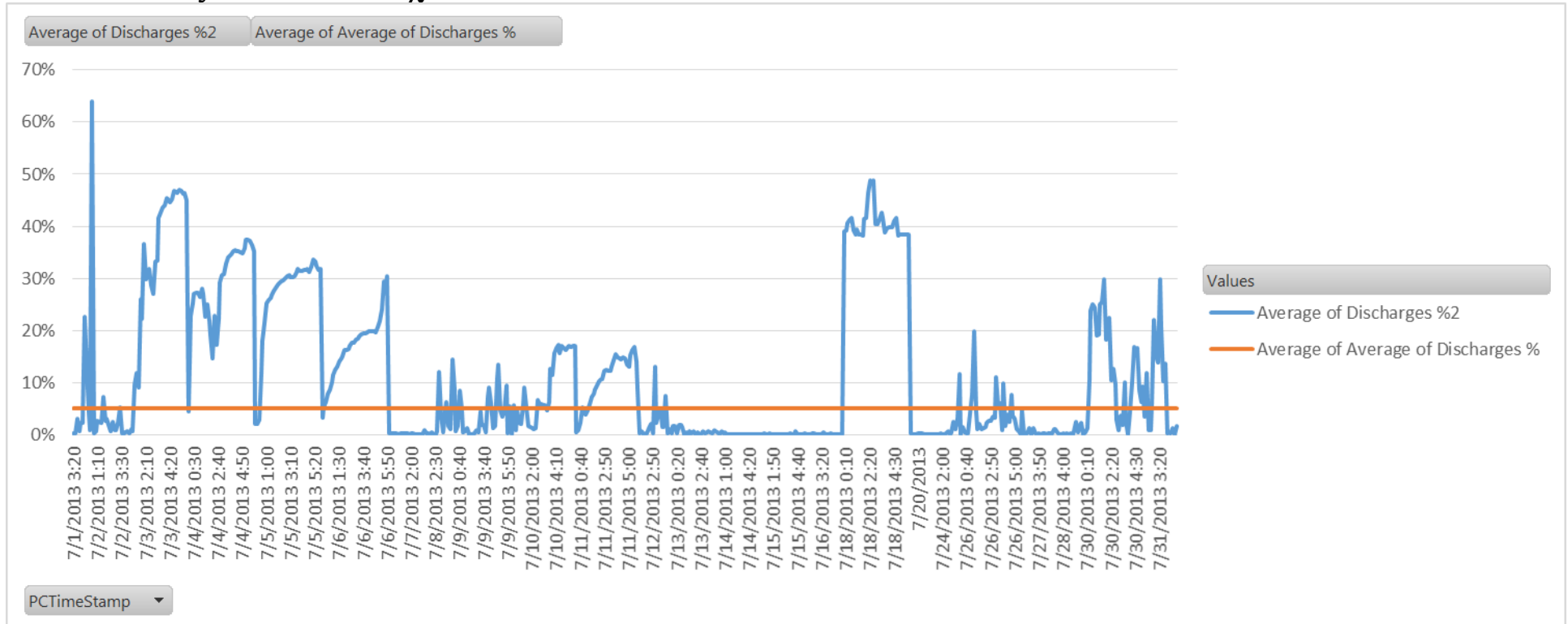
Α/Γ#2 Ιούλιος 2013 Απογεύματα



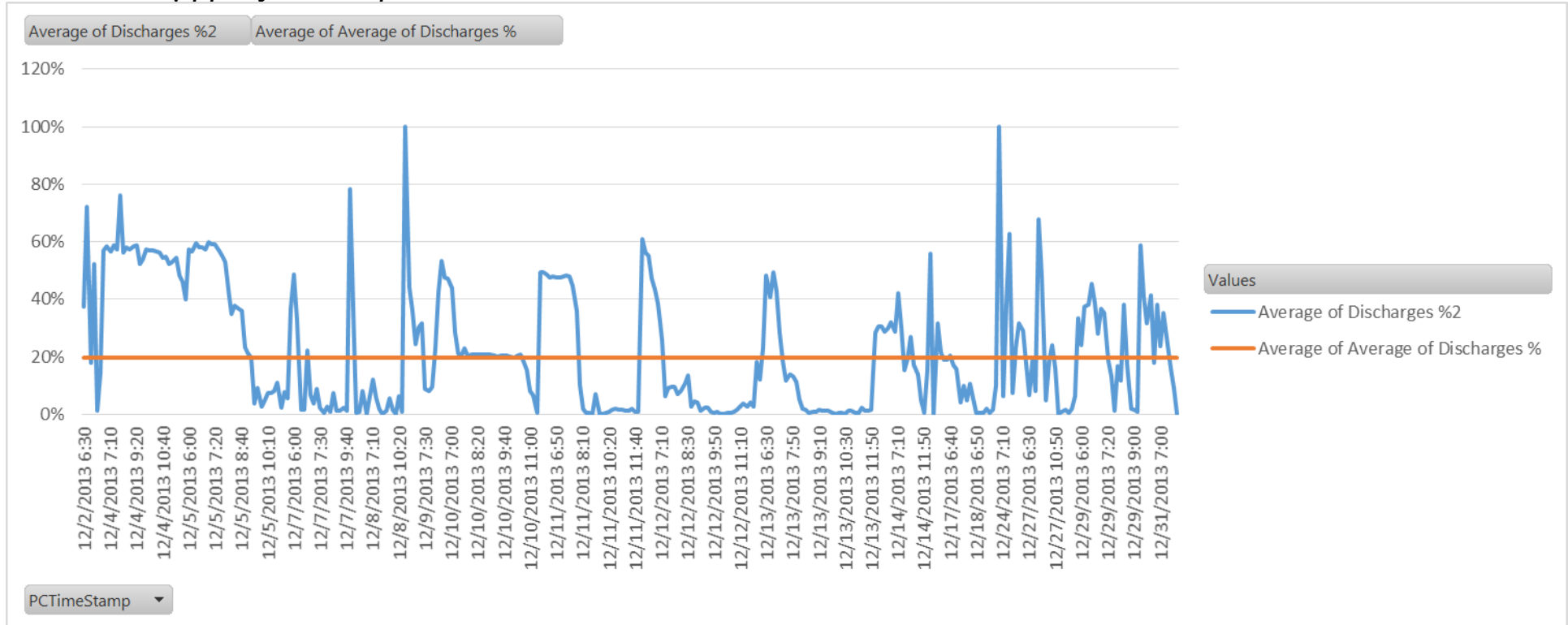
Α/Γ#2 Ιούλιος 2013 Βράδια



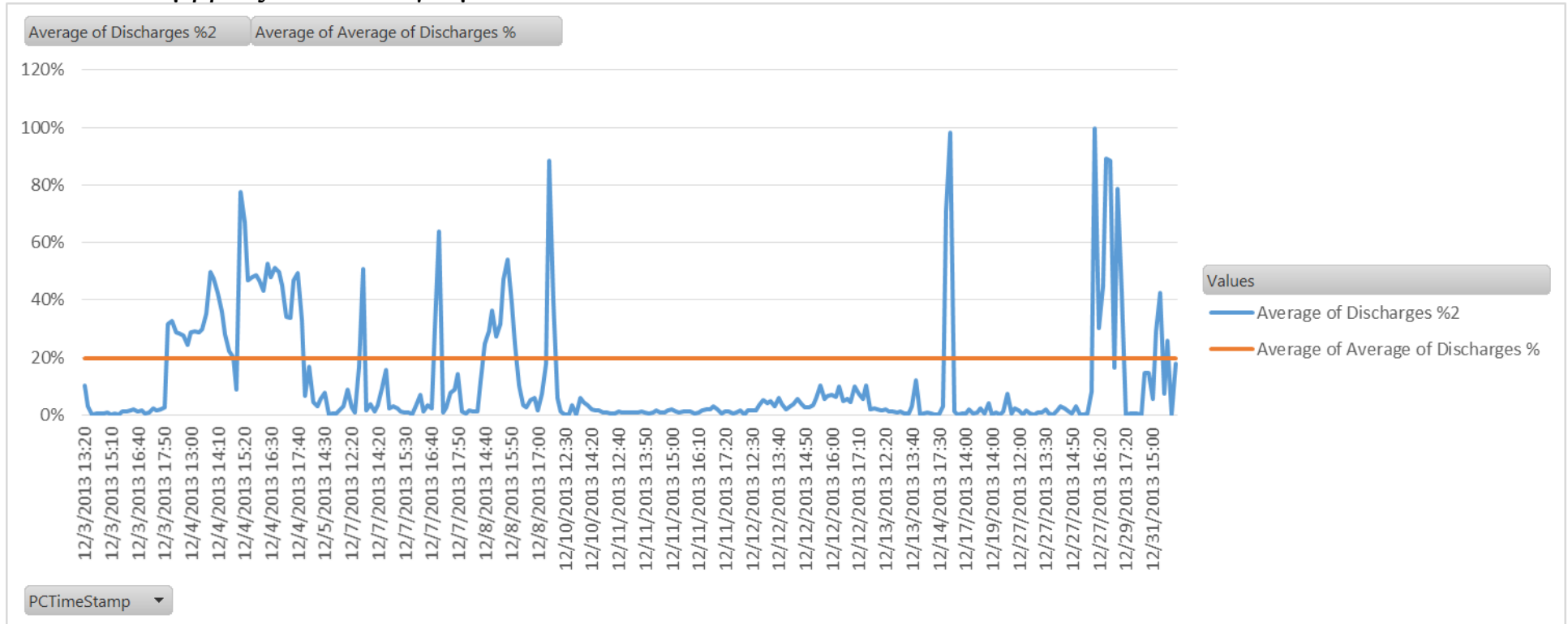
Α/Γ#2 Ιούλιος 2013 Μεσάνυχτα



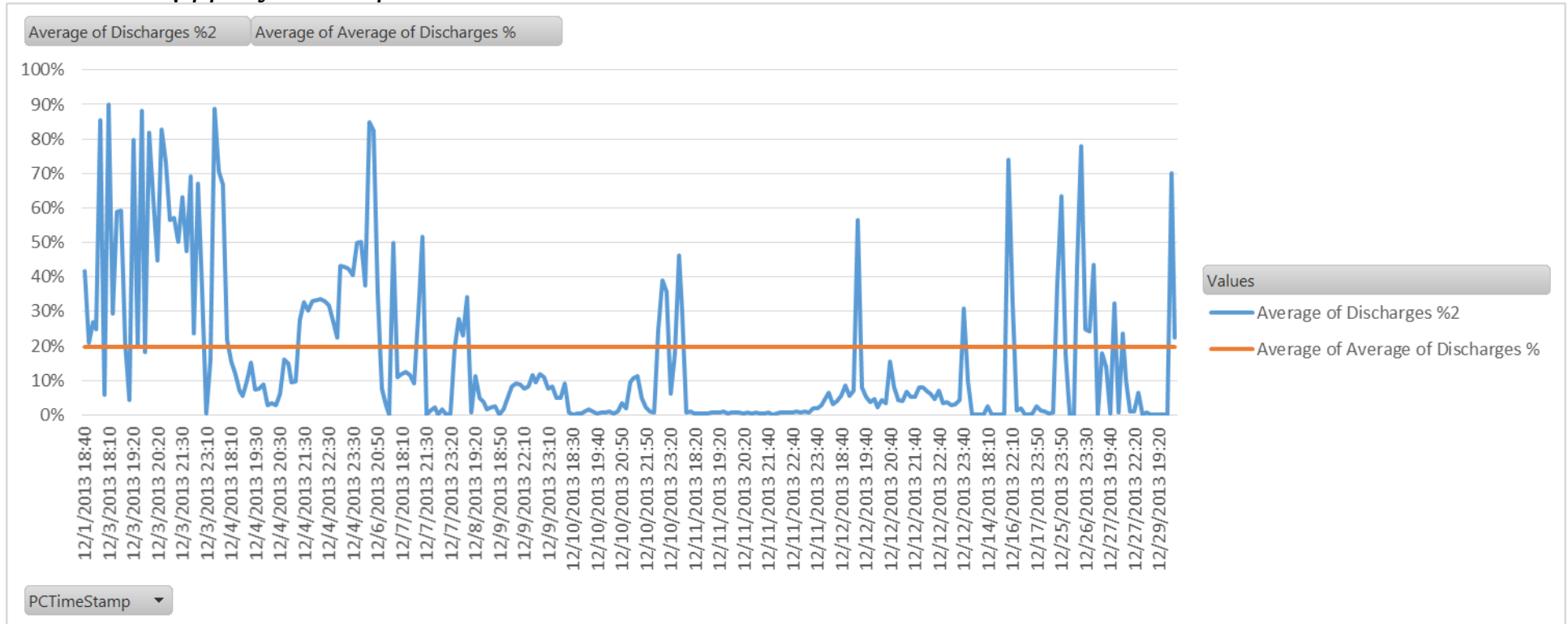
Α/Γ#2 Δεκέμβριος 2013 Προϊνά



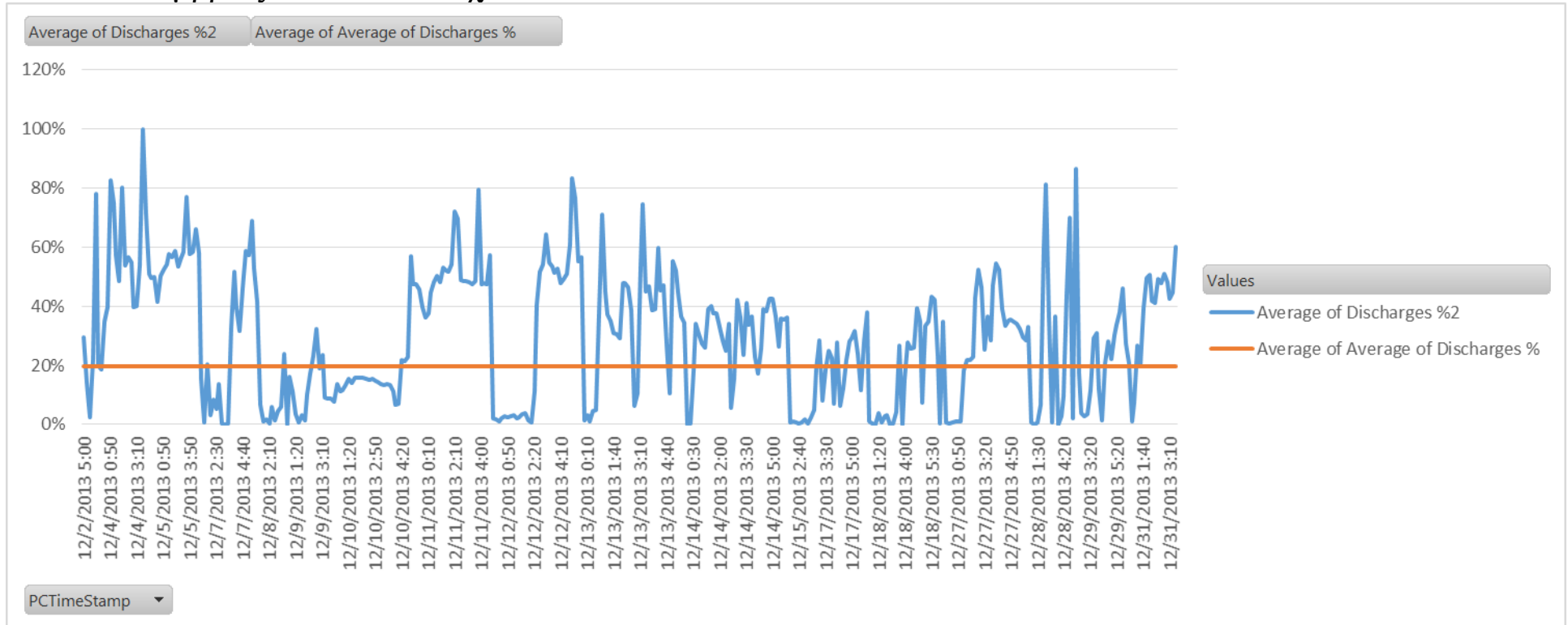
Α/Γ#2 Δεκέμβριος 2013 Απογέματα



Α/Γ#2 Δεκέμβριος 2013 Βράδια



Α/Γ#2 Δεκέμβριος 2013 Μεσάνυχτα



Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω διαγράμματα και από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε παρατηρήθηκαν διάφορα φαινόμενα. Αρχικά κάτι το οποίο ήταν και αναμενόμενο υπάρχει μια διαφοροποίηση των απορρίψεων μεταξύ των καλοκαιρινών και χειμερινών μηνών. Αυτή η εποχιακή διαφοροποίηση του μέσου όρου των απορρίψεων είναι της τάξεως του 15%. Αυτό το φαινόμενο ήταν αναμενόμενο καθώς εξετάζουμε ένα νησιωτικό ηλεκτρικό δίκτυο όπου ο πληθυσμός του νησιού αυξάνεται πολύ τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω του τουρισμού. Επίσης αυτούς τους μήνες ο άνεμος είναι περίπου στα 10 m/s και σχετικά πιο σταθερός. Αντίθετα τους χειμερινούς μήνες αν και ο μέσος όρος της ταχύτητας ανέμου είναι υψηλότερος μπορεί να παρατηρηθεί ότι αυτό ωφείλεται και σε ριπές ανέμου που υπάρχουν κάτι το οποίο δεν είναι ευνοϊκό για την παραγωγή ενέργειας από το πάρκο. Επίσης για την χρονική περίοδο όπου εξετάστηκε παρατηρήθηκε ένα σχετικά σταθερό ποσοστό απορρίψεων και για τους καλοκαιρινούς και τους χειμερινούς μήνες. Για παράδειγμα ο μήνας Φεβρουάριος ανά τα χρόνια παρουσιάζει ένα σταθερό ποσοστό απορρίψεων που κυμαίνεται περίπου στο 20% ενώ ο μήνας Ιούνιος αντίστοιχα στο 7%, κάτι το οποίο μας δείχνει ότι η ζήτηση για την περίοδο αυτής της δετίας είναι σχετικά σταθερή.

Επίσης η μέση τιμή των απορρίψεων για κάθε μηχανή ξεχωριστά ανά τα χρόνια είναι σχετικά σταθερή. Για παράδειγμα η μηχανή 3 συνήθως έχει ένα μεγαλύτερο μέσο όρο απορρίψεων από τις υπόλοιπες. Σε συνδυασμό όμως της μέσης ταχύτητας ανέμου που δέχεται η κάθε μηχανή ξεχωριστά είναι κάτι αναμενόμενο καθώς μπορεί να παρατηρηθεί ότι η συγκεκριμένη μηχανή δέχεται πιο συχνά μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου με αποτέλεσμα να έχει μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας αλλά και μεγαλύτερο μέσο όρο ποσοστού απορρίψεων.

Κατά της διάρκεια της εβδομάδας παρατηρήθηκε ότι στις καθημερινές έχουμε μεγαλύτερο ποσοστό απορρίψεων σε σχέση με τα Σαββατοκύριακα, κάτι το οποίο ισχύει για τους καλοκαιρινούς και τους χειμερινούς μήνες. Επίσης κατά της διάρκεια της ημέρας τις περισσότερες απορρίψεις τις έχουμε τα πρωινά και τα μεσάνυχτα ενώ στις απογευματινές και βραδινές ώρες το ποσοστό αυτό μειώνεται αρκετά. Αυτό το φαινόμενο είναι λογικό εφόσον εκείνες τις ώρες οι δραστηριότητες του πληθυσμού ως προς την ζήτηση ενέργειας αυξάνονται.

Εν συντομία από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε παρατηρήθηκαν τα παρακάτω φαινόμενα:

- Εποχιακή διαφοροποίηση του ποσοστού απορρίψεων της τάξεως 15%
- Μικρές αυξομειώσεις του ποσοστού απορρίψεων κατά την εξεταστέα περίοδο
- Διαφοροποίηση απορρίψεων κατά τη διάρκεια την εβδομάδας καθώς επίσης και της ημέρας
- Ο μέσος όρος των απορρίψεων καθ'όλη τη διάρκεια των 6 ετών που εξετάστηκαν είναι 12%. Γνωρίζοντας αυτό το ποσοστό και σε συνδυασμό με την έρευνα για μία μονάδα αποθήκευσης και της τιμής της KWh θα μπορούσε να εξεταστεί η περίπτωση εγκατάστασης μιας τέτοιας μονάδας για την αξιοποίηση της απορριφθείσας ενέργειας.

Βιβλιογραφία

- “Διαχείριση της αιολικής ενέργειας”-Ιωάννης Κ. Καλδέλης-Έτος 2005
- “Υπολογιστικές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας”- Ιωάννης Κ. Καλδέλης, Κοσμάς Α. Καββαδίας
- Μη διασυνδεδεμένα νησιά, Διείσδυση ΑΠΕ [Online]
<http://artemis-new.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/7417/1/DT2015-0168.pdf>
- Διασύνδεση Κρήτης-Σενάρια ΑΔΜΗΕ [Online]
<http://energypress.gr/news/admie-ti-leei-gia-kriti-kyklades-kai-koresmo-diktyon-neo-10etes-plano>
- Περιγραφή προβλήματος Κρήτης-Διασύνδεση [Online]
<http://www.anatolh.com/2016/04/26/>