



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ,
ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ RSTUDIO»**



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΜΥΛΩΝΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΜΥΛΟΠΟΥΛΟΣ Ν.

ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ Α.

ΒΟΛΟΣ 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την πραγματοποίηση της παρούσας διπλωματικής εξαιρετικά σημαντική ήταν η βοήθεια ορισμένων ανθρώπων, τους οποίους οφείλω να ευχαριστήσω.

Αρχικά, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον επιβλέποντα καθηγητή μου, **κ. Νικήτα Μυλόπουλο**, καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδωσε όλα αυτά τα έτη μέσα από τα μαθήματα που αφορούν τον υδραυλικό τομέα, την βοήθεια και τις συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά, επίσης, τον **κ. Λάμπρο Βασιλειάδη**, διδάσκοντα του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την πολύτιμη βοήθεια του σχετικά με το λογισμικό πρόγραμμα Rstudio που χρησιμοποιήθηκε, τη συνεχή επιστημονική καθοδήγηση του, τις συμβουλές και επισημάνσεις, οι οποίες βοήθησαν ουσιαστικά να ολοκληρωθεί η παρούσα εργασία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών για τις γνώσεις και τις αξίες που μου μετέδωσαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υπομονή που έδειξαν.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT.....	3
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 Η πρόγνωση της κατανάλωσης και η σημασία της.....	4
1.2 Διάρθρωση της εργασίας.....	5
2 ΝΕΡΟ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΕΥΣΗ	7
2.1 Το νερό και η σπουδαιότητα του.....	7
2.2 Αποθέματα νερού στον πλανήτη.....	7
2.3 Κατηγορίες χρήσεων του νερού.....	9
2.4 Κρίση του νερού	10
2.4.1 Η κρίση του νερού παγκοσμίως	10
2.4.2 Η κρίση του νερού στην Ελλάδα	11
2.5 Θεσμικό πλαίσιο για το νερό.....	14
2.6 Η Οδηγία 2000/60/ΕΕ.....	14
2.7 Διαχείριση υδατικών πόρων	16
2.7.1 Βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων	17
2.8 Ύδρευση.....	18
2.8.1 Πρόσβαση σε καθαρό νερό	18
2.8.2 Ατομική κατανάλωση νερού.....	18
2.8.3 Τεχνικά στοιχεία ύδρευσης.....	18
2.8.4 Διαχείριση ζήτησης νερού ύδρευσης	19
2.8.6 Μέτρα εξοικονόμησης νερού	20
2.8.7 Η τιμολόγηση ως εργαλείο διαχείρισης νερού	21
3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	23
3.1 Η μείζων περιοχή του Βόλου	23
3.2 Πληθυσμιακά και Γεωγραφικά στοιχεία	24

3.3 Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης - Αποχέτευσης Μείζονος περιοχής Βόλου (ΔΕΥΑΜΒ)	25
3.3.1 Η διοικητική οργάνωση της ΔΕΥΑΜΒ	25
3.3.2 Το δίκτυο ύδρευσης του Βόλου	28
3.3.3 Εκσυγχρονισμός δικτύου ύδρευσης για τη μείωση απωλειών νερού	29
3.3.4 Το οικιακό και το βιομηχανικό τιμολόγιο της ΔΕΥΑΜΒ	30
4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ R & Rstudio	33
4.1 Τι είναι η R;	33
4.2 Πλεονεκτήματα λογισμικού	33
4.3 Το Rstudio ως ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης της R	35
5 ΔΕΔΟΜΕΝΑ	36
5.1 Συλλογή δεδομένων	36
5.1.1 Μετεωρολογικά δεδομένα	36
5.1.2 Δεδομένα κατανάλωσης ύδρευσης	38
5.2 Επεξεργασία δεδομένων	43
5.2.1 Δεδομένα και ζητούμενα	43
5.2.2 Μετατροπή δεδομένων μηνιαίας βάσης σε τριμηνιαία	44
6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟ RSTUDIO	47
6.1 Εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα	47
6.2 Γραμμική Παλινδρόμηση	55
6.3 Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης	60
6.3.1 Τα μοντέλα πρόγνωσης Average, Naïve, Seasonal naïve	60
6.3.2 Το μοντέλο πρόγνωσης Regression	63
6.3.3 Το μοντέλο πρόγνωσης Decomposition	65
6.3.4 Το μοντέλο πρόγνωσης ETS	68
6.3.5 Το μοντέλο πρόγνωσης ARIMA	71
6.3.6 Η μέθοδος Cross Validation για χρονοσειρές	75
7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ	76
7.1 Εύρεση σφαλμάτων μέσω σύγκρισης των τιμών πρόγνωσης και των πραγματικών δεδομένων	76

7.2 Εύρεση σφαλμάτων μέσω της μεθόδου Cross Validation.....	77
8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	78
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	81
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	82
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	84

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το νερό ως ένα από τα κυρίαρχα στοιχεία της φύσης και της ζωής, είναι αναντικατάστατη ουσία, και βασικό στοιχείο στη διατήρηση της ισορροπίας της φύσης. Οι βιολογικοί κύκλοι των οργανισμών στηρίζονται από τις χημικές και φυσικές ιδιότητες του νερού όπως και οι κλιματικές και γεωλογικές συνθήκες κάθε περιοχής ελέγχονται από αυτό. Το νερό ως πρώτη ύλη και τροφή είναι στενά συνδεδεμένο με τη ζωή και την ανθρώπινη πολιτιστική εξέλιξη μέσα στους αιώνες. Η βιόσφαιρα, με κινητήρια δύναμη την ηλιακή ενέργεια, κυριαρχείται από τον αέναο κύκλο του νερού με διάφορες διεργασίες όπως, της εξάτμισης και εξατμισοδιαπνοής, βροχόπτωσης, φυσικής ροής και κίνησης στην επιφάνεια του εδάφους, αλλά και τη κατείσδυση του βαθύτερα. Τα εσωτερικά νερά αποτελούν φυσικούς πόρους που περικλείουν σημαντικές λειτουργίες για τη βιόσφαιρα και το φυσικό μας περιβάλλον, ενώ πολλαπλές είναι και οι ωφεληματικές αξίες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Παρόλο που για τον άνθρωπο, το νερό είναι τόσο σημαντικό, η ρύπανση και η τεράστια κατανάλωση του είναι οι δύο από τις σημαντικότερες αιτίες που το θέτουν σε κίνδυνο. Σε αρκετά μέρη του πλανήτη οι ελλείψεις σε νερό είναι τεράστιες. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα σημαντικά οφέλη των υδατικών πόρων για την ανθρωπότητα, οδηγεί στη διατύπωση από την επιστημονική κοινότητα ότι το νερό θα καταστεί ως το «πετρέλαιο του εικοστού πρώτου αιώνα».

Μία πρακτική που ακολούθησαν τα τελευταία χρόνια αρκετές αναπτυγμένες χώρες είναι, η κατασκευή μεγάλων έργων για να αξιοποιηθούν τα υδάτινα αποθέματα. Αποτέλεσμα αυτού ήταν πρώτον, να δημιουργηθεί η εντύπωση ότι το νερό υπάρχει σε μεγάλη αφθονία και δεύτερον, να υπάρχει μία αλόγιστη χρήση των υπόγειων υδροφορέων. Η συνέχιση αυτών των πρακτικών σύντομα θα οδηγήσει σε σοβαρά φαινόμενα λειψυδρίας.

Η αλλαγή του τρόπου διαχείρισης των υδατινών αποθεμάτων κρίνεται αναγκαία. Σημαντικά βήματα προς αυτή την κατεύθυνση μπορούν να είναι: η ενιαία διαχείριση αποθεμάτων νερού, η μείωση της κατανάλωσης σε όλες τις χρήσεις νερού και κυρίως η οικιακή και γεωργική, η αντιμετώπιση διαρροών των δικτύων με συντήρηση και συστηματικό έλεγχο αυτών, η ευαισθητοποίηση των καταναλωτών για την αναγκαιότητα σωστής χρήσης του νερού.

Κομμάτι της διαχείρισης υδατικών πόρων αποτελεί και η παρούσα εργασία. Ο υπολογισμός του νερού που θα απαιτείται στο μέλλον, με σκοπό την παρακολούθηση των αποθεμάτων και την εξοικονόμηση αυτών είναι ένα βήμα προς την κατεύθυνση αυτή. Τα αποτελέσματα θα είναι ευχάριστο να χρησιμοποιηθούν ως αρωγοί για την περαιτέρω μελέτη και εφαρμογή πρακτικών που θα οδηγήσουν στη διάσωση του πολύτιμου αυτού πόρου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η πρόβλεψη κατανάλωσης νερού στην πόλη του Βόλου, καθώς και η αξιολόγηση διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων που την επηρεάζουν, όπως η θερμοκρασία και η βροχόπτωση. Από τα αρχεία της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης βρέθηκαν οι καταναλώσεις για τα έτη 2007-2017, αλλά και τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής τα οποία αντλήθηκαν από τη Ελληνική Μετεωρολογική Υπηρεσία για την ίδια χρονική περίοδο. Τα δεδομένα ανήχθησαν σε τριμηνιαία χρονική βάση διότι αυτό είναι το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο μετρήσεις κατανάλωσης . Στην συνέχεια, τα δεδομένα εισήχθησαν στο λογισμικό πρόγραμμα Rstudio στο οποίο εφαρμόστηκαν τα διάφορα μοντέλα πρόγνωσης κατανάλωσης. Έπειτα έγινε σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των διαφόρων μοντέλων και των πραγματικών μετρήσεων για την επιλογή του μοντέλου με το μικρότερο σφάλμα. Η πρόγνωση κατανάλωσης ύδρευσης δίνει τη δυνατότητα στη Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης να γνωρίζει τις απαιτήσεις σε υδατικό φορτίο αλλά και τα μέτρα που πρέπει να λάβει για την εξασφάλιση αυτού.

ABSTRACT

The purpose of this study was to predict water consumption in the city of Volos, as well as the evaluation of various meteorological parameters that affect it, such as temperature and rainfall. From the records of the Municipal Water Supply Company were found the consumptions for the years 2007-2017, but also the meteorological data of the area which were obtained from the Hellenic Meteorological Service for the same period. The data was retrieved on a quarterly basis because this is the time between two consumption measurements. Then, the data were entered into the Rstudio software program to which the various water consumption forecast models were applied. A comparison was then made between the results of the different models and the actual measurements to select the model with the smallest error. The water consumption forecast enables the Municipal Water Company to know the requirements for water load and the measures to be taken to ensure this.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η πρόγνωση της κατανάλωσης και η σημασία της

Η δυνατότητα πρόβλεψης των μελλοντικών καταναλώσεων ύδρευσης ανά περιοχή και συνολικά (χρονική και χωρική μεταβολή), αποτελεί καθοριστικό στοιχείο για κάθε μακροπρόθεσμο (στρατηγικό) αλλά και βραχυπρόθεσμο (συντήρηση-ανανέωση-επέκταση) σχεδιασμό.

Το πρόβλημα της χρονικής και ταυτόχρονα χωρικής πρόβλεψης της μεταβολής της κατανάλωσης παρουσιάζεται τόσο κατά τον σχεδιασμό νέων έργων, όσο και για ανανέωση ή ανακατασκευή των υπαρχόντων εγκαταστάσεων. Τα έργα που πρόκειται να κατασκευασθούν θα πρέπει πριν σχεδιασθούν και πολύ περισσότερο πριν κατασκευασθούν, να καλύπτουν την προβλεπόμενη ζήτηση τουλάχιστον για τη διάρκεια “ζωής” τους.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει όμως από πλευράς της διαχείρισης και λειτουργίας των δικτύων και των εγκαταστάσεων του φορέα ύδρευσης, η βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη της κατανάλωσης σε επίπεδο τριμήνου, όπως επίσης και οι αιχμές που παρατηρούνται.

Η βραχυπρόθεσμη, σε επίπεδο τριμήνου, πρόβλεψη της κατανάλωσης του δικτύου υπεισέρχεται σε δύο σημαντικά ζητήματα όπως η βελτιστοποίηση των αντλήσεων και της διανομής του νερού στο δίκτυο ύδρευσης.

Αντικείμενο και στόχος της παρούσας εργασίας είναι η πρόγνωση της τριμηνιαίας κατανάλωσης της πόλης του Βόλου, με χρονικό ορίζοντα ενός έτους. Για το σκοπό αυτό επιχειρείται να αξιοποιηθούν τα δεδομένα κατανάλωσης χωρίς να επηρεάζονται από άλλες μεταβλητές. Ειδικότερα επιχειρείται να αξιοποιηθούν μόνο οι χρονοσειρές κατανάλωσης των προηγούμενων ετών.

1.2 Διάρθρωση της εργασίας

Εκτός από την παρούσα εισαγωγή που αποτελεί το πρώτο κεφάλαιο στο οποίο παρουσιάζεται μακροσκοπικά η πρόγνωση κατανάλωσης και η σημασία της, το τεύχος περιλαμβάνει άλλα επτά κεφάλαια με τα ακόλουθα περιεχόμενα:

Κεφάλαιο 2: Νερό, διαχείριση υδατικών πόρων και ύδρευση

- Περιγραφή της σημασίας του νερού, της κρίσης του και τις αιτίες που την προκαλούν.
- Αποτύπωση της περιβαλλοντικής διάστασης της διαχείρισης του νερού.
- Η έννοια της διαχείρισης της ζήτησης νερού για αστική χρήση και οι τρόποι, καθώς επίσης και η ολοκληρωμένη διαχείριση αστικών υδατικών πόρων.

Κεφάλαιο 3: Περιοχή μελέτης

- Περιγραφή της περιοχή μελέτης (δημογραφικά στοιχεία, κλίμα, γεωγραφία).
- Η εταιρεία ύδρευσης και αποχέτευσης της μείζονος Βόλου (οργάνωση, δίκτυο διανομής και καταναλώσεις πελατών, τιμολογιακή πολιτική).

Κεφάλαιο 4: Λογισμικό Rstudio

- Περιγραφή του λογισμικού που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία.
- Πλεονεκτήματα
- Περιβάλλον

Κεφάλαιο 5: Δεδομένα

- Δεδομένα ύδρευσης της πόλης του Βόλου.
- Μετεωρολογικά δεδομένα.
- Ανάλυση, επεξεργασία και γραφική απεικόνιση αυτών.

Κεφάλαιο 6: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης στο RStudio για την εύρεση μελλοντικών καταναλώσεων

- Πρόγνωση κατανάλωσης με διάφορα μοντέλα.
- Εξαγωγή αποτελεσμάτων και γραφημάτων.

Κεφάλαιο 7: Σύγκριση μοντέλων πρόγνωσης και συμπεράσματα

- Σύγκριση αποτελεσμάτων πρόγνωσης με τα πραγματικά δεδομένα
- Εύρεση καταλληλότερου μοντέλου πρόγνωσης

Κεφάλαιο 8: Σύνοψη

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

2 ΝΕΡΟ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΕΥΣΗ

2.1 Το νερό και η σπουδαιότητα του

Το νερό είναι η κινητήρια δύναμη για ζωή όλων των και μορφών του πλανήτη. Ένας μεγάλος αριθμός οργανισμών επιβιώνουν και αναπαράγονται μέσα σε υδατικά οικοσυστήματα, αλλά και τα συστατικά για την επιβίωση οργανισμών εκτός υδατικών οικοσυστημάτων, απαιτούν νερό για το σχηματισμό τους. Το 75% του συνολικού βάρους ενός ανθρώπου και το 50% των οστών του αποτελείται από νερό. Επίσης και για τους υπόλοιπους οργανισμούς της γης, το ποσοστό νερού που περικλείουν είναι σε αυτά τα επίπεδα. Το 70% του πλανήτη καλύπτεται από το νερό σε διάφορες μορφές του (ωκεανοί, λίμνες, ποτάμια, παγετώνες). Επίσης συναντάται στα πετρώματα και στην ατμόσφαιρα ((σύννεφα, υδρατμοί, ομίχλη). Χωρίς το νερό λοιπόν η ζωή δε θα ήταν ποτέ η ίδια.

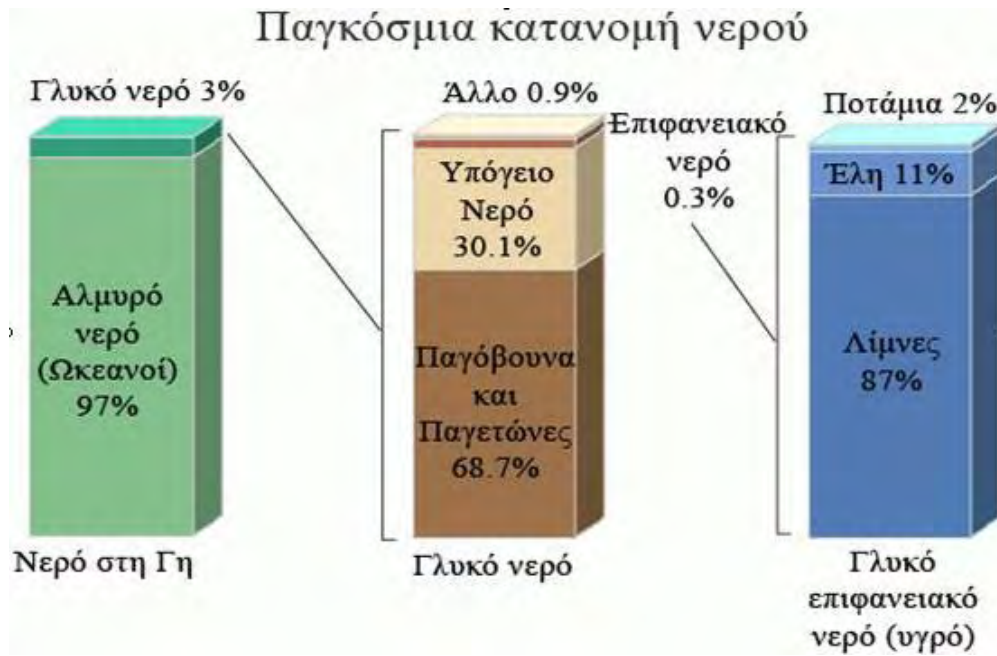
Ο αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος Θαλής ο Μιλήσιος (αρχές 6^{ου} αιώνα π.Χ.) ανέφερε το νερό ως την αρχή των πάντων και οι Βαβυλώνιοι (αρχαίος λαός της Μεσοποταμίας) κατέτασσαν το νερό ως ένα από τα κύρια συστατικά της ύλης.

2.2 Αποθέματα νερού στον πλανήτη

Σύμφωνα με μελέτες του αμερικανικού Γεωργικού Ινστιτούτου (USGS), το υδατικό δυναμικό της γης είναι 1.375 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα. Το ποσοστό της γης που καλύπτει το νερό είναι 72%, από αυτό το αλμυρό νερό αποτελεί το 97% και μόνο το 3% είναι διαθέσιμο για υδρευτικές ανάγκες.

Από το 3% του γλυκού νερού όμως, το 1,6% περίπου είναι αποθηκευμένο στους παγετώνες και στα χιόνια των οροσειρών, το 0,36% είναι εγκλωβισμένο σε υπόγειους θύλακες, το 1% συναντάται αιωρούμενο στην ατμόσφαιρα ή είναι αποθηκευμένο στα κύτταρα οργανισμών. Επομένως μόνο το 0,03% του γλυκού νερού, κάτι παραπάνω από 13 εκατομμύρια, έχουν τη μορφή επιφανειακών υδάτων (ποτάμια, λίμνες) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών.

Τα μισά από τα υδατικά αποθέματα γλυκού νερού του πλανήτη συγκεντρώνονται σε έξι χώρες (Ρωσία, Βραζιλία, Κίνα, Καναδάς, Κολομβία, Ινδονησία). Το 1/3 του πληθυσμού παγκοσμίως έχει συγκεντρωθεί σε περιοχές με σημαντικά προβλήματα νερού. Χώρες μετρίου έως υψηλού κινδύνου εμφανίζουν κατανάλωση 20% μεγαλύτερη από το υδατικό τους διαθέσιμο.



Σχήμα 2.1: Η παγκόσμια κατανομή του νερού

Τα ανανεώσιμα αποθέματα νερού, τα οποία αποτελούν αρκετά μικρό ποσοστό των υδατικών αποθεμάτων γλυκού νερού, είναι αυτά που πρέπει να χρησιμοποιούνται για να διατηρηθεί και να συνεχιστεί η ζωή του πλανήτη («Αειφόρος ή Βιώσιμη Ανάπτυξη περιβάλλοντος»).

Επομένως, στα πλαίσια του υδρολογικού κύκλου, οι ρυθμοί κατανάλωσης νερού δεν πρέπει να είναι ταχύτεροι από της ετήσιας ανανέωσής του.

2.3 Κατηγορίες χρήσεων του νερού

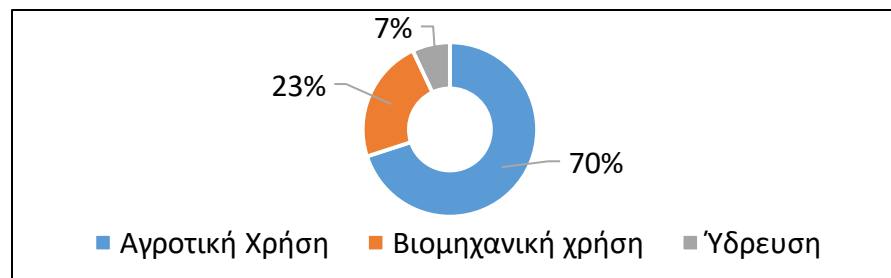
Η ζήτηση νερού (water demand) ή κατανάλωση νερού (water consumption) ή χρήση νερού (water use), είναι στην πραγματικότητα η κινητήρια δύναμη που προκαλεί την υδραυλική δυναμική σ' ένα σύστημα διανομής νερού. Σ' ένα τέτοιο σύστημα, το σημείο στο οποίο μπορεί να υπάρξει εξαγωγή του νερού αποτελεί σημείο ζήτησης ή κατανάλωσης (κόμβος) και μπορεί να είναι ιδιωτική παροχή, διαρροή, πυροσβεστικός κρουνός κ.λπ.

Ένα δίκτυο ύδρευσης πρέπει να μελετηθεί και να σχεδιαστεί κατά τρόπο, που να καλύπτει όλες τις ανάγκες του οικισμού δηλαδή οικιακές, δημόσιες, εμπορικές, βιομηχανικές, γεωργοκτηνοτροφικές κ.λπ.

Σημειώνεται ότι με τους όρους:

- Οικιακή χρήση (domestic use) νοείται το νερό που καλύπτει τις ανάγκες ενός νοικοκυριού, όπως είναι η πόση, το μαγείρεμα, η καθαριότητα, το πότισμα των κήπων, το πλύσιμο των αυτοκινήτων και άλλες οικιακές ανάγκες.
- Δημόσια χρήση (public use) νοείται το νερό που καλύπτει τις ανάγκες δημοσίων και δημοτικών πάρκων, νοσοκομείων, σχολείων, δημοσίων υπηρεσιών, στρατώνων κ.λπ.
- Εμπορική χρήση (commercial use) νοείται το νερό που καλύπτει τις ανάγκες εμπορικών κέντρων, γραφείων, ξενοδοχείων, εστιατορίων κ.λπ.
- Βιομηχανική χρήση (industrial use) νοείται το νερό που καλύπτει τις ανάγκες της βιομηχανίας για ενσωμάτωση στο τελικό προϊόν, ψύξη, καθαρισμό κ.λπ.
- Γεωργοκτηνοτροφική χρήση νοείται το νερό που καλύπτει τις ανάγκες μικρών λαχανόκηπων ή κήπων που λειτουργούν δίπλα σε κατοικίες και αρδεύονται από το δίκτυο ύδρευσης και ζώων, μικρών ή μεγάλων, που υδρεύονται από το δίκτυο ύδρευσης σε γεωργικούς οικισμούς.

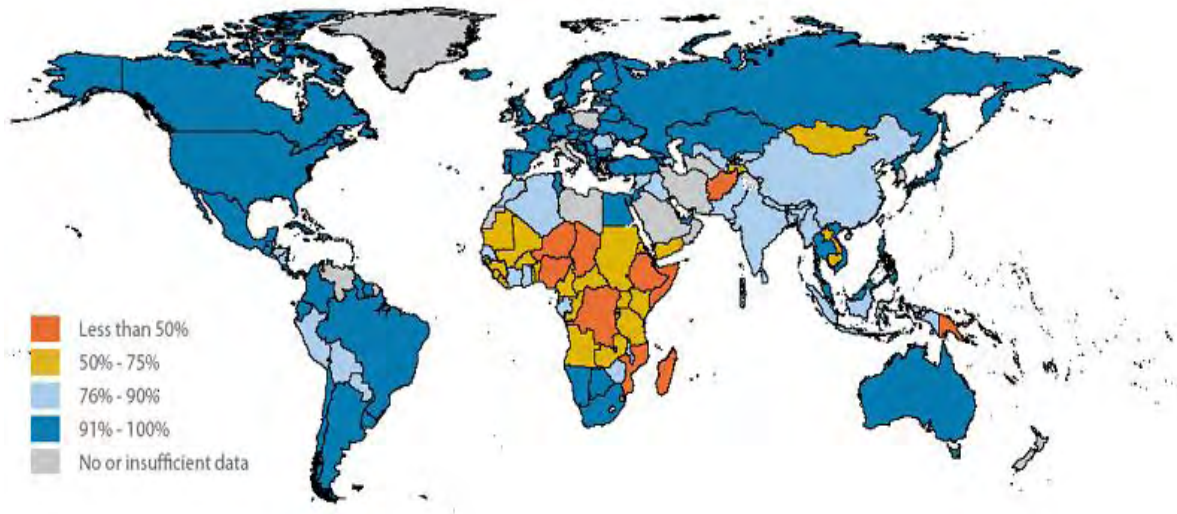
Σε έναν οικισμό μπορούν να συνυπάρχουν όλες οι ανωτέρω χρήσεις ή ορισμένες από αυτές. Σύμφωνα με τον Bhave (2003), η οικιακή κατανάλωση ανέρχεται σε ποσοστό 30%-50% της συνολικής κατανάλωσης, η δημόσια σε 5%-10%, η εμπορική σε 10%-30% και η βιομηχανική σε 20%-50%. Προφανώς, τα ποσοστά αυτά για καθεμία χρήση είναι ενδεικτικά και εξαρτώνται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του οικισμού, αφού καθεμία από τις ανωτέρω χρήσεις εξαρτάται από διάφορους παράγοντες.



Σχήμα 2.2: Ποσοστά χρήσης του νερού παγκοσμίως

2.4 Κρίση του νερού

2.4.1 Η κρίση του νερού παγκοσμίως



Σχήμα 2.3: Παγκόσμιος χάρτης ποσοστού πρόσβασης πληθυσμού σε πόσιμο νερό.

Οι άνθρωποι χωρίς τη δυνατότητα πρόσβασης σε καθαρό νερό, αριθμούν δύο δισεκατομμύρια σε όλο τον πλανήτη. Επιτακτική κρίνεται η ανάγκη κατανάλωσης πόσιμου νερού, λόγω της ξηρασίας που έχουν επιφέρει η κλιματική αλλαγή και η υπερθέρμανση της γης.

Σύμφωνα με προβλέψεις επιστημόνων, μια θερμοκρασιακή αύξηση 4 °C μπορεί να επιφέρει μείωση της παραγωγής γεωργικών προϊόντων σε αντίθεση με τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση (70% το 2060) που παρατηρείται λόγω αύξησης του πληθυσμού της γης. Είναι πιθανό σε χρονικό ορίζοντα 40 χρονών από σήμερα, μη κατάλληλο νερό να καταναλώνεται από 1,8 δις ανθρώπων. Στον ανεπτυγμένο κόσμο η πρόσβαση σε καθαρό νερό είναι κοντά σε ποσοστό 100%, ενώ σε Ασιατικές χώρες στο 80% και Αφρικάνικες στο 55%.

Αρκετά σοβαρό ζήτημα αποτελεί η ανισοκατανομή των υδάτινων αποθεμάτων σε διάφορες περιοχές της γης. Η Ασία κατέχει δώδεκα φορές μικρότερη ποσότητα σε σχέση με τη Λατινική Αμερική, ενώ Αφρική και Μέση Ανατολή έχουν έλλειψη αποθεμάτων για την κάλυψη των βασικών αναγκών τους.

Εκτιμήσεις αναφέρουν ότι χώρες, με πλήρη ή μερική πρόσβαση σε πόσιμο νερό, θα αντιμετωπίσουν σοβαρά προβλήματα λειψυδρίας τα αμέσως επόμενα χρόνια. Ως κύριες αιτίες προκρίνονται η υπερκατανάλωση, η μείωση υδατικών αποθεμάτων, αλλά και η υποβάθμιση της ποιότητας λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

2.4.2 Η κρίση του νερού στην Ελλάδα

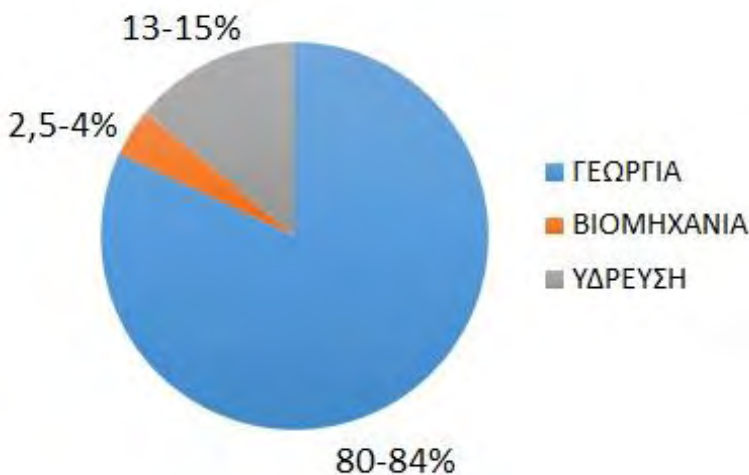
Στη Ελλάδα παρατηρείται η ύπαρξη μικρών υδρολογικών ενοτήτων όπως επίσης και σημαντικών διακυμάνσεων σε προσφορά και ζήτηση νερού. Για να καλυφθούν οι ανάγκες σε νερό είναι σημαντική η χρησιμοποίηση των αποθεμάτων που υπάρχουν στους υπογείους υδροφορείς.

Αρκετά είναι τα προβλήματα που προκύπτουν κυρίως σε περιοχές με εύθραυστα υδατικά ισοζυγία, λόγω της μη ύπαρξης μιας πολιτικής σωστής διαχείρισης των υδάτινων αποθεμάτων.

Τέτοια προβλήματα είναι:

- Μείωση στάθμης υδροφόρου ορίζοντα λόγω ανεξέλεγκτης άντλησης
- Μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων και αλόγιστη χρήση των αντλούμενων ποσοτήτων νερού
- Ρύπανση υδροφορέων από γεωργικές χρήσεις και απόρριψη αποβλήτων .
- Ανεπαρκή στοιχεία της ποιότητας και ποσότητας του νερού

Ένα μεγάλο ποσοστό από τα υδατικά αποθέματα καταναλώνεται κάθε έτος, δίχως να υπάρχει η αναπλήρωση του. Ο κύριος λόγος είναι η συνεχώς αυξανόμενη χρήση νερού στη γεωργία, στον βιομηχανικό τομέα, στον τομέα ύδρευσης των πόλεων και άλλες δραστηριότητες που χρήζουν υδατικούς πόρους. Σε 70 δις κυβικά ανέρχεται η ποσότητα των ανανεώσιμων υδάτων, ενώ η ποσότητα κατανάλωσης είναι 5,5 δις κυβικά.



Σχήμα 2.4: Κύριες χρήσεις νερού στην Ελλάδα.

Λόγω της μορφολογίας του εδάφους που διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, υπάρχει και διαφοροποίηση της συχνότητας και του όγκου βροχόπτωσης. Το 36% των βροχοπτώσεων πραγματοποιείται στη δυτική Ελλάδα, δηλαδή σε μια περιοχή που αποτελεί το 24% της έκτασης

της χώρας. Σε 600 χιλιοστά ανέρχεται η τιμή του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης, το οποίο σε ποσοστό 45% είναι επιφανειακή απορροή ή κατείσδυση, ενώ το υπόλοιπο χάνεται λόγω εξάτμισης.

Η δυτική Ελλάδα είναι το πρώτο από πλευράς πλεονάσματος, εκ των υδατικών διαμερισμάτων. Η Θεσσαλία εμφανίζει το μεγαλύτερο έλλειμα διότι έχει τις υψηλότερες τιμές ζήτησης σε υδατικές χρήσεις. Έλλειμα εμφανίζουν επίσης η ανατολική Πελοπόννησος και νησιά του Αιγαίου. Σε αυτές τις περιοχές υπάρχει διασπορά των πηγών νερού, με τα αποθέματα να υπολογίζονται από τα ισοζύγια σε διάφορες μικρές υδρολογικές λεκάνες. Ανάλογα με τη χρήση νερού (αστική, γεωργική), υπάρχει επηρεασμός της χρονικής διακύμανσης με σημαντική αύξηση της ζήτησης τους καλοκαιρινούς μήνες.

Η ποιότητα των υδατικών πόρων της Ελλάδας είναι σε ικανοποιητικό επίπεδο και οι προϋποθέσεις για κατάλληλο νερό μετά από επεξεργασίες, ικανοποιούνται στην πλειονότητά τους.

Λόγω της ανθρωπογενούς δραστηριότητας και ρύπανσης, πολλές είναι οι περιοχές που υποβαθμίζονται σε ποιότητα μέσω της ύπαρξης θρεπτικών συστατικών. Επίσης ο ευτροφισμός έχει καταστήσει αρκετές λίμνες σε έκτακτη ανάγκη.

Έντονο είναι το πρόβλημα που παρατηρείται όσον αφορά την ποιότητα και ποσότητα των υπογείων υδροφορέων. Η υπερβολική άντληση σε παράκτιους υδροφορείς οδηγεί σε υφαλμύριση τους.

Οι γεωργικές δραστηριότητες ρυπαίνουν τον υδροφόρο ορίζοντα κυρίως λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων σε οργανικές ουσίες.

Παρά το πρόβλημα ποιότητας του νερού στη χώρα, σημαντικότερο είναι αυτό της ποσότητας. Όταν το διαθέσιμο των αποθεμάτων δεν επαρκεί για να καλυφθούν οι ανάγκες, τότε αυτό καλείται λειψυδρία.

Συνοπτικά οι αιτίες των προβλημάτων είναι:

- Ανισοκατανομή σε υδατικούς πόρους εξαιτίας της γεωμορφολογίας και του ανομοιόμορφου καταμερισμού των κατακρημνίσεων.
- Σημαντική εξάρτηση ποταμών από πηγές σε άλλες χώρες (Στρυμόνας, Νέστος, Αξιός).
- Μεγάλη πληθυσμιακή συγκέντρωση σε μεγάλες πόλεις και σε παραλιακές περιοχές.
- Υψηλή ζήτηση νερού λόγω τουρισμού κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου.
- Υψηλές καταναλώσεις στη γεωργία.
- Υφαλμύριση υδροφορέων λόγω πτώσης της στάθμης τους.
- Έλλειψη υδατικών πόρων σε νησιά.

Απαιτείται λοιπόν, να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί μια πολιτική που θα έχει ως στόχο να διευθετήσει τα ισοζύγια ζήτησης και προσφοράς νερού σε επίπεδο υδρολογικών λεκανών και υδατικών διαμερισμάτων.



Σχήμα 2.4: Τα δεκατέσσερα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας.

2.5 Θεσμικό πλαίσιο για το νερό

Η ολοένα και εντονότερη έλλειψη σε νερό και οι διαμάχες ως προς τη χρήση του, καθιστά σημαντικότερο ζήτημα την εφαρμογή πλαισίων που θα διατηρούν και θα κατανέμουν το νερό σύμφωνα με τους στόχους της κοινωνίας, τη δικαιοσύνη και τη βιωσιμότητα. Η διαδικασία υπολογισμού της αξίας του νερού είναι περίπλοκη διαδικασία, λόγω της φύσης του αλλά και της δυσκολίας οικονομικής αποτίμησης των υπηρεσιών και οφελών. Θεωρώντας το νερό ως οικονομικό αγαθό, με οικονομική αξία, μπορεί να υπάρξει βελτίωση της διαχείρισης του. Λόγω των διαφόρων μορφών με τις οποίες εντοπίζεται το νερό σε κάποιες περιοχές υπάρχει διακύμανση του κόστους αξιοποίησης του.

Οι βασικές αρχές για το νερό ορίστηκαν στη Διεθνή Διάσκεψη του Δουβλίνου, το 1992 (ICWE,1992) και οι οποίες είναι:

- Σύνδεση κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης με τη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων, διότι το νερό αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα ζωής και τα αποθέματά του είναι πεπερασμένα, καθιστώντας το έναν ευαίσθητο φυσικό πόρο.
- Η συμμετοχή της κοινωνίας είναι εξίσου σημαντική με ευαισθητοποίηση των καταναλωτών και των ανθρώπων που είναι υπεύθυνοι για τη λήψη αποφάσεων.
- Η αναγνώριση του νερού ως οικονομικό αγαθό με τις αντίστοιχες οικονομικές αξίες.

Όλοι οι άνθρωποι έχουν δικαίωμα πρόσβασης σε πόσιμο νερό και σε τιμή προσιτή, παρά τις οικονομικές αξίες που αναγνωρίζονται σε αυτό. Το νερό αν διαχειριστεί ως οικονομικό αγαθό τότε η χρήση του θα γίνει πιο αποδοτική και δίκαιη, θα προστατευθούν και θα εξοικονομηθούν τα διαθέσιμα αποθέματα.

Στη διάσκεψη του Δουβλίνου αναφέρεται για πρώτη φορά η ανάγκη θεώρησης του νερού ως οικονομικό αγαθό. Στο 2^ο Παγκόσμιο Φόρουμ για το Νερό (Χάγη 2000), ορίζεται η οικονομική αξία του νερού ως αγαθό (World Water Council, 2000).

2.6 Η Οδηγία 2000/60/ΕΕ

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων ή αλλιώς Οδηγία-Πλαίσιο για τα Νερά αναμορφώνει την υφιστάμενη Ευρωπαϊκή Νομοθεσία και θέτει το νομοθετικό πλαίσιο για την ορθή διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων. Ο βασικός στόχος της Οδηγίας είναι η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης όλων των υδάτων και η επίτευξη μιας «καλής κατάστασης» μέχρι το 2015.

Η νέα Οδηγία-Πλαίσιο, μεταξύ άλλων:

- Προστατεύει όλα τα ύδατα ποταμούς, λίμνες, παράκτια και υπόγεια.
- Θέτει φιλόδοξους στόχους για να εξασφαλιστεί ότι όλα τα ύδατα θα ανταποκρίνονται στην «καλή κατάσταση» μέχρι το 2015.
- Δημιουργεί σύστημα διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού
- Απαιτεί διασυνοριακή συνεργασία μεταξύ χωρών και όλων των εμπλεκόμενων μερών, (στην περίπτωση των διεθνών περιοχών λεκάνης απορροής ποταμού).
- Εξασφαλίζει ενεργό συμμετοχή όλων των φορέων, συμπεριλαμβανομένων των μη κυβερνητικών οργανισμών και των τοπικών αρχών, στις δραστηριότητες της διαχείρισης των υδάτων.
- Εξασφαλίζει μείωση και έλεγχο της ρύπανσης από όλες τις πηγές όπως η γεωργία, η βιομηχανική δραστηριότητα, οι αστικές περιοχές, κ.λπ.
- Απαιτεί πολιτικές τιμολόγησης του νερού και εξασφαλίζει ότι ο ρυπαίνων πληρώνει.
- Εξισορροπεί τα συμφέροντα του περιβάλλοντος με τα συμφέροντα αυτών που εξαρτώνται από αυτό.

Η Οδηγία καθιερώνει ως μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων, την ολοκληρωμένη διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού καθορίζει, μια σειρά από απαραίτητες ενέργειες που θα πρέπει να υλοποιηθούν εντός των καθορισμένων προθεσμιών, ώστε ο βασικός στόχος της Οδηγίας που είναι η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης όλων των υδάτων και η επίτευξη μιας «καλής κατάστασης» να επιτευχθεί μέχρι το 2015. Ωστόσο για συγκεκριμένα υδατικά συστήματα, εφόσον πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, η Οδηγία προβλέπει παράταση της προθεσμίας αυτής ή και επιδίωξη περιβαλλοντικών στόχων λιγότερο αυστηρών από αυτούς που απαιτούνται κανονικά. Όσον αφορά τα επιφανειακά νερά «καλή κατάσταση» θεωρείται η «καλή οικολογική» και η «καλή χημική κατάσταση», ενώ όσον αφορά τα υπόγεια νερά «καλή κατάσταση» θεωρείται η «καλή ποσοτική» και η «καλή χημική κατάσταση».

Η Οδηγία-Πλαίσιο για τα Νερά αποτελεί κατά γενική ομολογία μια τεράστια προσπάθεια, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, για την ορθή προστασία και χρήση όλων των υδάτων ώστε να εξασφαλιστεί η αειφόρος χρήση του νερού σε ολόκληρη την Ευρώπη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε τους στόχους και τις βάσεις με την Οδηγία και τώρα αναμένεται από κάθε κράτος μέλος να αξιολογήσει την υπάρχουσα κατάσταση και τις ιδιαιτερότητες των υδατικών του πόρων και να διαμορφώσει τη δική του εθνική στρατηγική.

2.7 Διαχείριση υδατικών πόρων

Ως Διαχείριση υδατικών πόρων καλείται ο τομέας που διαχειρίζεται τις διαδικασίες ζήτησης και προσφοράς του υδατικού δυναμικού, την αξιοποίηση αυτού και την κάλυψη των υδατικών αναγκών. Εκτός από τις συνήθεις αρμοδιότητές της, όπως μελέτη υδατικών ισοζυγίων και σχεδιασμός έργων, ασχολείται επίσης με τους οικονομικούς παράγοντες και τις συνθήκες που επηρεάζουν τη ζήτηση νερού.

Δύο είναι οι διαστάσεις της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων:

- *φυσική διάσταση*, που περιλαμβάνει τα φυσικά αποθέματα του νερού και παραπέμπει στις παραδοσιακές υδρολογικές επιστήμες, όπως η Υδρολογία, Υδρογεωλογία, Υπόγεια Υδραυλική, Υδραυλικά Έργα κ.α.
- *την κοινωνικοοικονομική διάσταση*, αναφέρεται στις συνθήκες διαμόρφωσης τη ζήτησης νερού και τους παράγοντες που την επηρεάζουν (οικονομικοί, κοινωνικοί).

Είναι μία επιστήμη περιβάλλοντος σχετιζόμενη με την ανάπτυξη αλλά και την κατανομή και διαθεσιμότητα ποσοτήτων νερού, και δεν μπορεί να μην έχει άμεση σχέση με αρχές και αντιλήψεις όπως η Βιώσιμη Ανάπτυξη.

Οι κυριότεροι στόχοι της είναι :

- η ικανοποίηση αναγκών με νερό επαρκούς ποσότητας και κατάλληλης ποιότητας
- η περιορισμός ρύπανσης υδάτων
- η προστασία οικοσυστημάτων και φυσικού περιβάλλοντος
- η βέλτιστη αποδοτικότητα των υδατικών πόρων
- η αντιμετώπιση συνεπειών ακραίων φαινομένων (πλημμύρες – ξηρασίες)
- η διατήρηση των αναγκαίων αποθεμάτων για τα επόμενα χρόνια

2.7.1 Βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων

Οι επιστημονικές και επιχειρησιακές πρακτικές που στόχο έχουν τη διευθέτηση του ισοζυγίου ζήτησης και προσφοράς, την προστασία των οικοσυστημάτων και την ολόπλευρη ικανοποίηση αναγκών νερού, ορίζουν τη Βιώσιμη Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Το περιορισμένο διαθέσιμο σε υδατικούς πόρους και η ανεπάρκειά τους σε κάποιες περιοχές, καθιστά την εφαρμογή της βιώσιμης διαχείρισης υδατικών πόρων ιδιαίτερα σημαντική.

Παρόλο που το διαθέσιμο αποθεμάτων είναι συγκεκριμένο, παρατηρείται μία ραγδαία αύξηση στις διάφορες χρήσεις του νερού (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία). Αντιστρόφως ανάλογη είναι η χρονική κατανομή ανάμεσα σε προσφορά και ζήτηση, δηλαδή ενώ η ζήτηση λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της κατά τους θερινούς μήνες, η προσφορά έχει την χαμηλότερη. Επίσης αντιστρόφως ανάλογη είναι και η χωρική κατανομή της προσφοράς και ζήτησης καθώς περιοχές με υψηλή πληθυσμιακή συγκέντρωση που συνεπάγεται και υψηλή ζήτηση είναι φτωχές σε υδατικούς πόρους ενώ αυτές με μικρό πληθυσμό παρουσιάζουν πλούσιο αποθεματικό .

Κρίνεται απαραίτητο λοιπόν, να υπάρξει μία ισορροπία ανάμεσα στη χρονική και χωρική κατανομή προσφοράς και ζήτησης.

Οι στόχοι που επιδιώκονται είναι:

- *Διατήρηση της βιολογικής ποικιλομορφίας* , πρόληψη περιβαλλοντικών επιπτώσεων από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες
- *Διατήρηση και αναβάθμιση των υδατικών πόρων*, οι προοπτικές για εναλλακτικές λύσεις στην γεωργία, στις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες και στην ενέργεια συντελούν στην μείωση υδατικής υποβάθμισης.
- *Διατήρηση της υγείας και ζωτικότητας των οικοσυστημάτων*, περιορισμός επιπτώσεων στην υγεία των υδατικών οικοσυστημάτων, καταπολέμηση υφιστάμενων ασθενειών από βιοτικούς παράγοντες (έντομα, μύκητες κλπ) και αποξήρανσης υδροβιοτόπων.
- *Δημογραφική σταθεροποίηση*, πόλεις περισσότερο βιώσιμες ως αποτέλεσμα μιας ορθολογικότερης χρήσης των υδατικών πόρων.
- *Αμβλυνση των κοινωνικών συγκρούσεων*, έλλειψη σεβασμού ανθρώπινου δικαιώματος χρήσης στοιχειωδών υπηρεσιών νερού ή μετεγκατάσταση πληθυσμών λόγω των μεγάλων υδραυλικών έργων.
- *Ανάπτυξη «πλαισίου» βιωσιμότητας*, ένα ολοκληρωμένο τεχνικά, οργανωτικά και θεσμικά πλαίσιο προστασίας, διαχείρισης και αξιοποίησης των υδατικών πόρων.

2.8 Ύδρευση

Ως ύδρευση καλούνται οι διαδικασίες άντλησης, προμήθειας του νερού, τα υδρευτικά έργα και μέσα που απαιτούνται για τη μεταφορά νερού σε περιοχές κατανάλωσης (πόλεις, βιομηχανίες κ.α.).

Η λειτουργία των σύγχρονων συστημάτων ύδρευσης περιλαμβάνει διαδικασίες περισυλλογής νερού (τεχνικά έργα) διαφόρων πηγών (λίμνη, ποτάμι, υπόγεια νερά), επεξεργασίας (καθαρισμός), μεταφοράς, αποθήκευσης, παροχής και διανομής προς κατανάλωση. Οι διαδικασίες περισυλλογής και διοχέτευσης πραγματοποιούνται με δίκτυα αγωγών και η κατανομή και παροχή στις περιοχές κατανάλωσης, μέσω του δικτύου ύδρευσης.

2.8.1 Πρόσβαση σε καθαρό νερό

Περίπου το μισό του πληθυσμού της γης θα στερείται πρόσβασης σε καθαρό νερό τα αμέσως επόμενα χρόνια, όπως επίσης και ένα σημαντικό ποσοστό πληθυσμού θα έχει έλλειψη σε υγειονομικές εγκαταστάσεις σχετιζόμενες με το νερό. Παρόλο που το νερό αποτελεί πηγή ζωής, έχει μετατραπεί σε μια από τις κυριότερες αιτίες θανάτων, λόγω κακής διαχείρισης, αλόγιστης και ανεξέλεγκτης χρήσης του.

2.8.2 Ατομική κατανάλωση νερού

Η ατομική κατανάλωση εξαρτάται από τις πολιτικές και νομοθετικές ρυθμίσεις, τις πολιτικές αξίες και συνήθειες, την οικονομική ανάπτυξη και το επίπεδο της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης των καταναλωτών.

Σε αφρικανικές και ασιατικές χώρες το υδατικό διαθέσιμο ανά άτομο την ημέρα δεν ξεπερνά τα 50 λίτρα, ενώ στις ΗΠΑ η ημερήσια ατομική κατανάλωση είναι περίπου 200-550 λίτρα. Στην Ελλάδα η αντίστοιχη ποσότητα είναι περίπου 175 λίτρα/άτομο.

Για να θεωρηθεί μια χώρα πλούσια σε υδατικούς πόρους πρέπει να διαθέτει περίπου 1700 κυβικά μέτρα/άτομο/έτος, ενώ χώρες που διαθέτουν λιγότερα από 500 κυβικά/άτομο/έτος αντιμετωπίζουν έντονα προβλήματα λειψυδρίας.

2.8.3 Τεχνικά στοιχεία ύδρευσης

Οι υδατοσυλλέκτες εφοδιασμένοι με δικτυωτά φίλτρα και κλείστρα επιτυγχάνουν έναν αρχικό μηχανικό καθαρισμό του νερού. Ο πλήρης και ολοκληρωτικός καθαρισμός του μέσω και της χλωρίωσης λαμβάνει χώρα σε ειδικές εγκαταστάσεις με θαλάμους χλωρίωσης και αμμωνίασης. Το δίκτυο ύδρευσης χρησιμοποιείται για τη μεταφορά νερού στις περιοχές κατανάλωσης ενώ με τεχνικά έργα ρύθμισης της πίεσης εξασφαλίζονται οι απαιτούμενες τιμές της σε όλα τα σημεία του δικτύου. Το νερό μετά τη χρησιμοποίηση του συλλέγεται με τη μορφή λυμάτων, μέσω του δικτύου

αποχέτευσης τα οποία οδηγούνται σταθμούς επεξεργασίας και μετά τον καθαρισμό τους από βλαβερές ουσίες, διοχετεύονται στους φυσικούς αποδέκτες (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα).

2.8.4 Διαχείριση ζήτησης νερού ύδρευσης

Όσον αφορά τη χρήση του νερού ύδρευσης κρίνεται αναγκαία η ύπαρξη μιας βιώσιμης διαχείρισης, μιας νέας πολιτικής και κουλτούρας, χρήσης του αστικού και ημιαστικού νερού.

Ο πληθυσμός, το πλήθος και μέγεθος των νοικοκυριών, οι αλλαγές στα φυσικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά, η συμπεριφορά των καταναλωτών, οι απαιτήσεις των οικονομικών τομέων (τουρισμός), η χημική σύνθεση του νερού και η διαχείριση της αποθήκευσης και μεταφοράς του, είναι οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την εξασφάλιση σταθερής παροχής νερού προς κατανάλωση. Επίσης σημαντικές είναι οι μεταβολές του κλίματος που μπορούν να επιφέρουν κύματα καύσωνα και περιόδους λειψυδρίας αλλά και απρόσμενα πλημμυρικά φαινόμενα.

Η διαχείριση για να είναι αποτελεσματική και να αποφευχθούν οι αστικές κρίσεις νερού, πρέπει να εφαρμόζεται σε κάθε στάδιο της διαδικασίας ύδρευσης. Η μείωση της κατανάλωσης, οι νέοι τρόποι για συλλογή και χρήση νερού πρέπει να συμπεριλαμβάνονται, ενώ και η διαχείριση υδάτων αυτή καθ' αυτή πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του πλαισίου αστικής διαχείρισης.

2.8.5 Συστήματα και τεχνικές εξοικονόμησης νερού

Παράγοντες, όπως οι συνήθειες και η περιβαλλοντική συνείδηση, οι υποδομές κτιρίων και της πόλης, το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο, κτλ., επηρεάζουν την υδρευτική κατανάλωση. Η Ελλάδα κατέχει την πρώτη θέση στην κατανάλωση νερού ανάμεσα στις αναπτυγμένες χώρες του κόσμου.

Χωρίς την απαίτηση σημαντικών παρεμβάσεων και υποδομών και με μηδενικό επηρεασμό της κοινωνίας, είναι δυνατόν, σύμφωνα με μελέτες, να υπάρξει μείωση κατά 50% της κατανάλωσης νερού. Η συλλογή και αξιοποίηση βρόχινου νερού, η ανακύκλωση, η επαναχρησιμοποίηση και η χρησιμοποίηση εναλλακτικών πηγών νερού μπορούν να επιφέρουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση και έτσι η μείωση της κατανάλωσης μπορεί να είναι αρκετά μεγαλύτερη του 1/2.

Η εφαρμογή υποχρεωτικών κανόνων, η εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου εθνικού στρατηγικού σχεδίου για τις υδατικές χρήσεις (άρδευσης, ύδρευσης, βιομηχανίας, ενέργειας και αναψυχής) είναι απαραίτητες προϋποθέσεις μείωσης της ζήτησης και της εξοικονόμησης νερού.

Ορισμένες ενδεικτικές δράσεις προς αυτή την κατεύθυνση είναι:

- χρήση σε εξωτερικούς χώρους (άρδευση, καθαρισμός), επεξεργασμένων εκροών από μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων,
- χρήση εναλλακτικών μεθόδων άρδευσης πάρκων, χώρων πρασίνου (π.χ. στάγδην άρδευση),
- επιλογή φυτών με χαμηλές υδατικές απαιτήσεις, και άρδευση κατάλληλες ώρες για αποφυγή εξάτμισης,

- κατασκευή δεξαμενών για συλλογή και αποθήκευση νερού βροχής,
- επαναχρησιμοποίηση βιομηχανικών νερών μετά από επεξεργασία για ψύξη μηχανημάτων,
- χρησιμοποίηση αρδευτικών συστημάτων με μεγάλη αποδοτικότητα,
- νέες τεχνολογίες υδροδότησης και εφαρμογή σε απομακρυσμένους οικισμούς,
- νέος μηχανολογικού εξοπλισμού και συσκευές,
- προγράμματα εξοικονόμησης για προμήθεια και χρήση συστημάτων χαμηλής ή μειωμένης ροής.

Με την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης, μπορεί σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕΕ) να επιτευχθεί μείωση της μέσης οικιακής κατανάλωσης από 150 λίτρα/άτομο/ημέρα (μέσος ευρωπαϊκός όρος) σε 80 λίτρα/άτομο/ημέρα, δηλαδή περίπου 46%. (Οδηγός βιώσιμης διαχείρισης και εξοικονόμησης νερού, 2008).

2.8.6 Μέτρα εξοικονόμησης νερού

Οι εταιρίες ύδρευσης και αποχέτευσης, εφαρμόζουν ορισμένα μέτρα για εξοικονόμηση του νερού μέσω προγραμμάτων που υλοποιούν, (Πρόγραμμα Μέτρων, 2011), όπως:

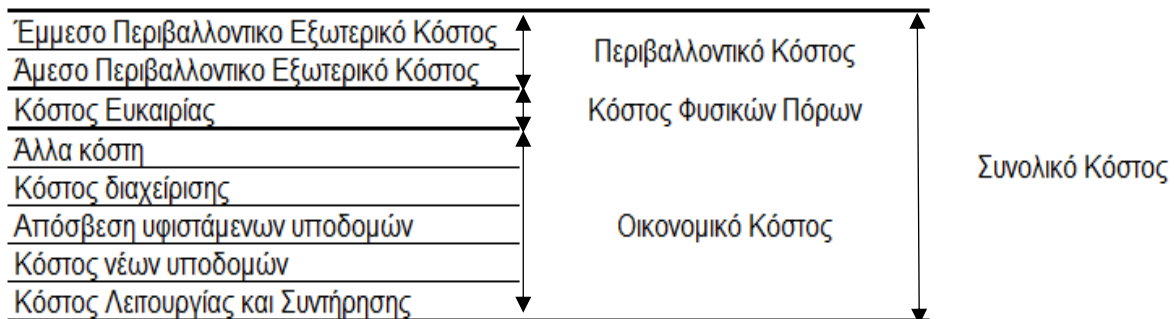
- Υποχρεωτική εγκατάσταση εξοπλισμού εξοικονόμησης νερού σε νέες ή ανακαινιζόμενες κατοικίες,
- Χρήση βρόχινου νερού για δευτερεύουσες χρήσεις, πότισμα, σε περιοχές προτεραιότητας με υποχρεωτική κατασκευή ομβροδεξαμενών /στερνών.
- Παροχή οικονομικών κινήτρων, με τη μορφή άμεσης ή έμμεσης επιδότησης, για εγκατάσταση εξοπλισμού σε παλιές κατοικίες με (α) επιδότηση αντικατάστασης βασικού εξοπλισμού εξοικονόμησης νερού σε παλιές οικίες (προ του 2000), που αφορά σε καζανάκια, κεφαλές ντους και βρύσες και (β) επιδότηση εγκατάστασης ομβροδεξαμενής σε παλιές και νέες κατοικίες σε περιοχές προτεραιότητας.
- Ενίσχυση επιχειρήσεων ύδρευσης σε δράσεις ευαισθητοποίησης. Προβολή πληροφοριών (μέσω των ιστοσελίδων των φορέων διαχείρισης) σχετικά με καλές πρακτικές εξοικονόμησης νερού, παραγωγή επικοινωνιακού υλικού και δωρεάν διανομή «kit» εξοικονόμησης νερού με τον απαραίτητο εξοπλισμό.
- Σε βασικά κτήρια (δημόσια και δημοτικά κτήρια διοίκησης, νοσοκομεία, δικαστήρια, εργατικές κατοικίες, κ.ά.) μπορούν να εφαρμοστούν ολοκληρωμένες παρεμβάσεις που θα περιλαμβάνουν τις εσωτερικές χρήσεις αλλά και τις εξωτερικές με την εγκατάσταση συστημάτων συλλογής όμβριων και επαναχρησιμοποίησης. Το κόστος μιας μέσης παρέμβασης εκτιμάται ότι θα είναι της τάξης των 20.000 - 50.000 €. Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται συμπληρωματική χρηματοδότηση των Οργανισμών Ύδρευσης, που συμμετέχουν στις ανωτέρω δράσεις από πόρους ΕΣΠΑ Ολοκληρωμένων Πιλοτικών Παρεμβάσεων Εξοικονόμησης.

2.8.7 Η τιμολόγηση ως εργαλείο διαχείρισης νερού

2.8.7.1 Κόστος υπηρεσιών νερού

Το συνολικό κόστος των υπηρεσιών νερού και η αναλυτική εκτίμηση των συνιστωσών του παραθέτονται στο Σχήμα 2.5 και περιλαμβάνουν:

- *Οικονομικό (άμεσο) κόστος*, επενδύσεις, λειτουργία και συντήρηση εγκαταστάσεων, διαχείριση και διοίκηση και άλλα οικονομικά κόστη.
- *Κόστος φυσικών πόρων*, απώλεια οφέλους εξαιτίας μείωσης του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού με μεγαλύτερο ρυθμό από αυτόν της φυσικής ανανέωσης τους.
- *Περιβαλλοντικό κόστος*, περιβάλλοντος και υδατικών οικοσυστημάτων λόγω κόστους ζημιών από τη χρήση νερού.



Σχήμα 2.5: Συνιστώσες συνολικού κόστους των υπηρεσιών νερού

Τα αναφερόμενα κόστη, είναι κόστη που αφορούν το κοινωνικό σύνολο. Μεγαλύτερη ευκολία εκτίμησης έχει το οικονομικό κόστος σε σχέση με το κόστος φυσικών πόρων και το περιβαλλοντικό. Σημαντικό ζήτημα αποτελεί η επιλογή των κατάλληλων τιμών των παραμέτρων που είναι η διάρκεια επενδύσεων, οι αποσβέσεις και ο υπολογισμός τους, τα επιτόκια.

Το περιβαλλοντικό κόστος περιλαμβάνει τους περιβαλλοντικούς φόρους ενώ δε γίνεται συνυπολογισμός επιδοτήσεων και γενικών φόρων.

Ως προς τους φυσικούς πόρους το κόστος υπολογίζεται σύμφωνα με την παραδοχή ότι η ποσότητα ζήτησης είναι ίση με αυτή της προσφοράς, παρά τη μείωση των υδατικών πόρων.

2.8.7.2 Ανάκτηση πλήρους κόστους των υπηρεσιών ύδρευσης

Η διαδικασία τιμολόγησης νερού μπορεί να χαρακτηριστεί αρκετά περιπλοκή αλλά και συνάμα σημαντική ως προς τη διαχείριση ύδρευσης. Τα έργα τα οποία απαιτούνται για την παροχή ύδρευσης, πρέπει να είναι ολοκληρωμένα και να περιλαμβάνουν όλα τα στάδια προκειμένου ο υδατικός πόρος να διατεθεί προς κατανάλωση. Ταυτόχρονα όμως απαιτούν και μεγάλα κόστη για τη κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση τους, τα οποία περιλαμβάνονται στη διαδικασία τιμολόγησης.

Οι συνιστώσες του συνολικού κόστους είναι αναγκαίο να εκτιμηθούν και να ανακτηθούν πλήρως. (Οδηγία Πλαίσιο για νερό 2000/60)

Το συνολικό κόστος περιλαμβάνει τις εξής συνιστώσες:

- χρηματοοικονομική (επενδύσεις, λειτουργία-συντήρηση, διαχείριση, διοίκηση)
- φυσικών πόρων (μείωση διαθέσιμου δυναμικού πόρων)
- περιβαλλοντική (ρύπανση, υποβάθμιση οικοσυστημάτων)

Οι τιμές που καταβάλλονται από τους καταναλωτές πρέπει να είναι ανάλογες τις ποσότητας κατανάλωσης και της ρύπανσης που προκαλείται. Το περιβαλλοντικό κόστος πρέπει να αποσκοπεί στην εφαρμογή μιας ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης υδατικών πόρων. (Οδηγία Πλαίσιο για νερό 2000/60)

3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Η μείζων περιοχή του Βόλου

Οι οικιστικές περιοχές του δήμου Βόλου, η Νέα Ιωνία, η Αισωνία και οι βιομηχανικές περιοχές καλούνται ως η μείζων περιοχή του Βόλου. Η επέκταση του δήμου, ο οποίος συνενώθηκε με προ υπάρχουσες δημοτικές ενότητες (Νέα Αγχιάλος, Πορταριά, Ιωλκός, Αγριά, Αρτέμιδα, Νέα Ιωνία Μακρινίτσα, Αισωνία), πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα Καλλικράτη.



Εικόνα 3.1: Κάτοψη της πόλης του Βόλου. (πηγή: Google Earth)

3.2 Πληθυσμιακά και Γεωγραφικά στοιχεία

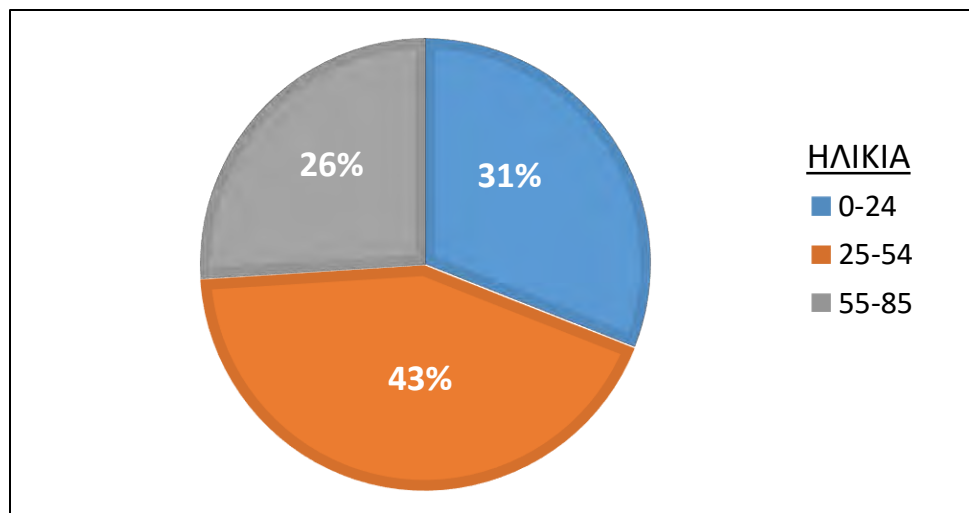
Ο πληθυσμός του δήμου Βόλου είναι 144.449 κάτοικοι, είναι ο έβδομος σε μέγεθος δήμος της Ελλάδας, κέντρο της περιφερειακής ενότητας Μαγνησίας και Σποράδων και βρίσκεται στην κεντρική ηπειρωτική Ελλάδα.

Χαρακτηριστικό της πόλης είναι η έντονη αστική λειτουργία, η σημαντική λειτουργία αρκετών βιομηχανιών, η προτίμηση της από το τουριστικό δυναμικό και ο αξιοσημείωτος αριθμός από νέους ανθρώπους λόγω των πανεπιστημιακών σχολών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Όσον αφορά τη γεωγραφική της τοποθέτηση, η πόλη περικλείεται από το Πήλιο βόρεια και ανατολικά, τη θάλασσα του Παγασητικού κόλπου νότια, δυτικά και βόρεια από την πεδιάδα της Θεσσαλίας.

Έτος Απογραφής	Πληθυσμός Δήμου Βόλου
1991	132.917
2001	141.975
2011	144.449

Πίνακας 3.1: Ο πληθυσμός του Δήμου Βόλου στις τρεις τελευταίες χρονικά απογραφές (Οι πληθυσμιακές συγκρίσεις με τα προηγούμενα έτη γίνονται σε επίπεδα "Καλλικρατικών" δήμων).



Σχήμα 3.1: Ηλικιακή κατανομή πληθυσμού του δήμου Βόλου.

3.3 Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης - Αποχέτευσης Μείζονος περιοχής Βόλου (ΔΕΥΑΜΒ)

Το 1979 ιδρύεται η ΔΕΥΑΜΒ έχοντας ως σκοπό την κατασκευή του δικτύων ύδρευσης-αποχέτευσης και παροχέτευσης όμβριων υδάτων, τη συντήρηση, λειτουργία, διοίκηση, και εκμετάλλευση αυτών. Αρχικά το πεδίο ευθύνης της Προσδιορίζεται στο Δήμο Βόλου, τα δημοτικά διαμερίσματα Αισωνίας, Ν. Ιωνίας και τις βιομηχανικές περιοχές. Με την εφαρμογή του Καλλικρατικού νόμου (2011) προσαρτήθηκαν στο χώρο ευθύνης της οι περιοχές Ν. Αγχίαλος, Αρτέμιδα, Ιωλκός, Μακρινίτσα, Πορταριά.

Πέρα από τις υπηρεσίες που αφορούν την ύδρευση και αποχέτευση, σημαντική είναι η συμβολή που έχει η ΔΕΥΑΜΒ στον έλεγχο της ρύπανσης (ατμόσφαιρα, θάλασσα) και στα βιομηχανικά απόβλητα.

3.3.1 Η διοικητική οργάνωση της ΔΕΥΑΜΒ

Η διοίκηση της ΔΕΥΑΜΒ από εντεκαμελές Διοικητικό Συμβούλιο που περιλαμβάνει τον Πρόεδρο και τον Αντιπρόεδρο, των οποίων ο ορισμός γίνεται βάσει θεσμικών διατάξεων. Η διοίκηση της υπηρεσίας και ο διαχωρισμός των περιουσιακών στοιχείων και πόρων, πραγματοποιούνται από το Διοικητικό Συμβούλιο.

Η επιλογή των προϊσταμένων επιμέρους τμημάτων γίνεται από το Διοικητικό Συμβούλιο με ορίζοντα τριετίας. Άτομα του προσωπικού με τα κατάλληλα προσόντα μπορούν να οριστούν στις θέσεις αυτές. Για τους υπεύθυνους Γραφείων η απόφαση είναι του αντίστοιχου Διευθυντή κάθε τμήματος με την αντικατάστασή τους να είναι αορίστου χρόνου.

Πέραν του Διοικητικού Συμβουλίου και του Γενικού Διευθυντή στην υπηρεσία συμπεριλαμβάνονται το Τεχνικό Συμβούλιο, οι Ειδικοί Σύμβουλοι, οι Νομικοί Σύμβουλοι και Δικηγόροι.

Στη ΔΕΥΑΜΒ λειτουργούν τρεις διευθύνσεις οι οποίες είναι υπαγόμενες της Γενικής Διευθύνσεως:

➤ *Η διεύθυνση Οικονομικών Υπηρεσιών*

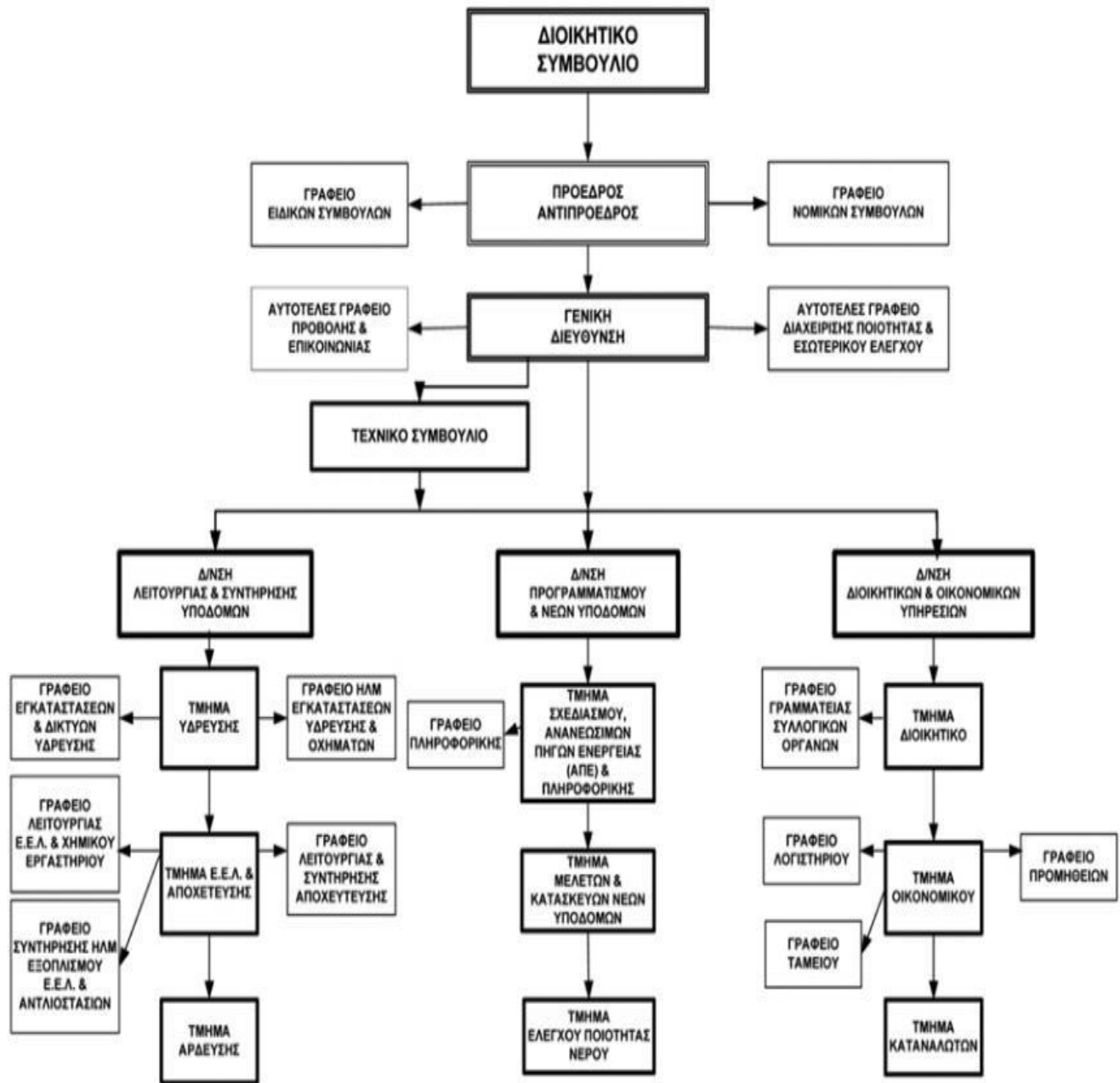
Αρμοδιότητες εκτέλεσης των Οικονομικών Προγραμμάτων, σύνταξης σχεδίου προϋπολογισμού, ισολογισμοί και απολογισμός που ελέγχονται από το Δ.Σ. .

➤ *Η διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών*

Παρακολούθηση, έλεγχος, εποπτεία, εκπόνηση μελετών, εκτέλεση έργων, συντονισμός εργασιών. Κατασκευή δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης, η συντήρηση και η επίβλεψή τους. Οι εγκαταστάσεις και τα αντλιοστάσια ύδρευσης, ο βιολογικός καθαρισμός και η εποπτεία τους, και οι νέες συνδέσεις ύδρευσης αποχέτευσης.

➤ *Η διεύθυνση Προγραμματισμού και Ανάπτυξης*

Διοίκηση, παρακολούθηση, έλεγχος και εποπτεία εκπόνησης μελετών και εκτέλεσης ενεργειών, τα προγράμματα χρηματοδοτούμενα από την ΔΕΥΑΜΒ, την Ευρωπαϊκή ένωση από Εθνικούς και άλλους πόρους, ο προγραμματισμός, η υποβολή και υλοποίηση του κοινοτικό πλαίσιο στήριξης, ερευνητικά προγράμματα, ταμείο συνοχής, προγράμματα Υπουργείου Ανάπτυξης, κοινοτικές πρωτοβουλίες. Επίσης παρακολουθεί την ποιότητα του πόσιμου νερού, ο ελέγχει μέγεθος ρύπανσης, ερευνά τρόπους προστασίας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων του Παγασητικού κόλπου, μηχανογραφεί, επεξεργάζεται στοιχεία και εκδίδει χάρτες σε σύστημα GIS.

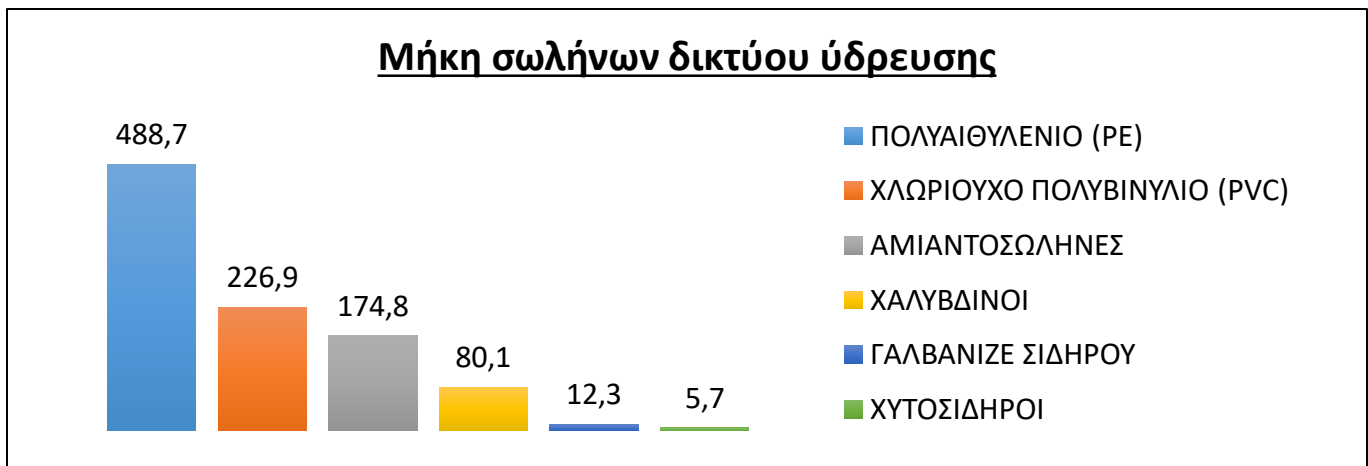


Σχήμα 3.1: Το οργανόγραμμα της ΔΕΥΑΜΒ (Πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

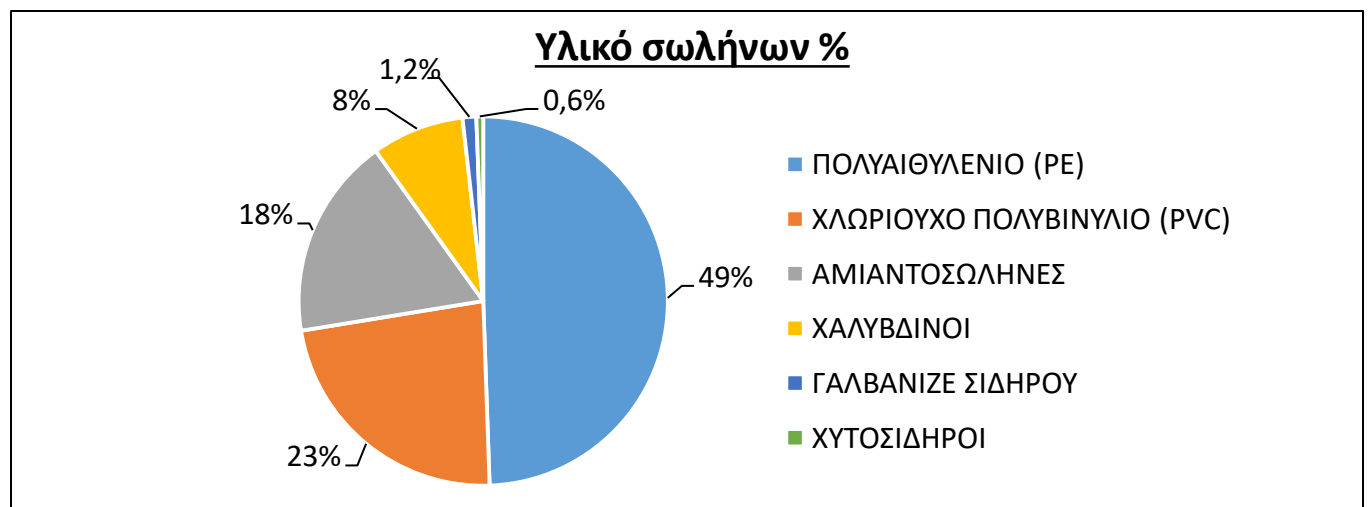
3.3.2 Το δίκτυο ύδρευσης του Βόλου

Η ανάγκη για υδροδότηση του οικιστικού ιστού καλύπτεται από τις πέντε πηγές του Πηλίου (Κουκουράβας, Ξηρακίων, Καλακούδας, Γερακίας, Μάνα) και από σαράντα γεωτρήσεις περιμετρικά της πόλης και του κάμπου. Οι δεξαμενές οι οποίες συγκεντρώνουν τις αντλούμενες ποσότητες νερού, είναι οχτώ και βρίσκονται σε διαφορές θέσεις του πολεοδομικού ιστού (Οδός Χατζηαργύρη, Αλιβέρι, Γηροκομείο, Σαρακηνός, Ξηρόκαμπος, Α ΒΙ.ΠΕ., Αλυκές, Δεξαμενή Εργοστασίου Αρμάτων).

Η προώθηση, μεταφορά και διανομή νερού πραγματοποιείται μέσω ενός δικτύου αγωγών, το οποίο είναι σχεδιασμένο και συντηρείται από τη ΔΕΥΑΜΒ, συνολικού μήκους 988,5 χιλιομέτρων.



Σχήμα 3.2: Τα μήκη των αγωγών ύδρευσης και το συνολικό μήκος του δικτύου ύδρευσης για το έτος 2015 (Πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)



Σχήμα 3.2 : Τα ποσοστά που κατέχει κάθε υλικό σωλήνα στο δίκτυο ύδρευσης για το έτος 2015 (Πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

3.3.3 Εκσυγχρονισμός δικτύου ύδρευσης για τη μείωση απωλειών νερού

Οι διαδικασίες εκσυγχρονισμού του δικτύου ύδρευσης του πολεοδομικού συγκροτήματος Βόλου-Ν. Ιωνίας, αντιμετώπισαν ουσιαστικά τα προβλήματα επάρκειας νερού, μέσω της ένταξης της περιοχής στο ΠΕΠ 2014-2020 με προϋπολογισμό 16,4 εκατ. ευρώ. Με τις συγκεκριμένες βελτιώσεις αντιμετωπίζονται οι διαρροές του δικτύου (εκτιμώνται ως το 40% του παραγόμενου νερού στις περιόδους υψηλής ζήτησης). Η ΔΕΥΑΜΒ, με μέτρα όπως η μείωση των ποσοτήτων νερού που παρέχονται στους καταναλωτές με διαχείριση της πίεσης του δικτύου, η διακοπή υδροδότησης σε περιοχές υψηλού φορτίου του οικιστικού ιστού κατά τις ώρες με αυξημένη κατανάλωση.

Στο πλαίσιο του έργου, η υλοποίηση του οποίου είναι ευθύνη της ΔΕΥΑΜΒ, περιλαμβάνονται διαδικασίες, εκσυγχρονισμού δικτύου, αντικατάστασης αγωγών, διαμόρφωσης νέων ζωνών ελέγχου, έτσι ώστε να καταστεί ευκολότερος ο έλεγχος λειτουργίας, ο εντοπισμός και περιορισμός διαρροών, η κατάρτιση ξεχωριστών υδατικών ισοζυγίων και η εξασφάλιση επαρκούς παροχής νερού.

Το έργο εφαρμόζεται στις εξής περιοχές :

- Στο κεντρικό σημείο της πόλης του Βόλου (οριοθέτηση από χειμάρρους Άναβρο και Κραυσίδωνα, την οδό Αναλήψεως και την ακτογραμμή)
- Στη Ν. Ιωνίας, περιοχή η οποία περιβάλλεται από τις οδούς, Μαιάνδρου, Μάρκου Μπότσαρη, Ιερολοχιτών, Εθνικών Αγώνων, Βενιζέλου, Μανδηλαρά, Παρασκευοπούλου και Ικάρων.

Οι αυτόνομες ζώνες λειτουργίας και ελέγχου διαχωρίζονται ως εξής :

- 14 ζώνες ελέγχου για την περιοχή του Βόλου, και
- 4 ζώνες ελέγχου για την περιοχή της Νέας Ιωνίας

Στο έργο περιλαμβάνονται:

- Προσθήκη, στο υπάρχον δίκτυο ύδρευσης, νέων αγωγών.
- Τοποθέτηση διατάξεων για τον έλεγχο των νέων ζωνών ύδρευσης.
- Προσθήκη συσκευών για έλεγχο δικτύου (πίεση, παροχή, μεταφορά δεδομένων).
- Νέες ιδιωτικές συνδέσεις.
- Αποκατάσταση οδικού δικτύου και πεζοδρομίων κατά την ολοκλήρωση των εργασιών.

3.3.4 Το οικιακό και το βιομηχανικό τιμολόγιο της ΔΕΥΑΜΒ

Αρκετές είναι οι μορφές τιμολογίου που έχουν χρησιμοποιηθεί από τη ΔΕΥΑΜΒ, με την κύρια να είναι ωστόσο η αυξανόμενη κλιμακωτή χρέωση, η οποία περιέχει κλίμακες αυξανόμενης κατανάλωσης και χρέωσης. Με τη συγκεκριμένη μορφή τιμολογίου, παρά την περιπλοκή σχεδίαση αλλά και τον κίνδυνο που εγκυμονεί ως προς την ανισότητα στις χρεώσεις, προάγεται η εξοικονόμηση νερού.

Αυτό το σύστημα τιμολόγησης έχει καλύτερα αποτελέσματα εφαρμογής όταν μπορεί να υπάρξει διαχωρισμός των διαφόρων τάξεων κοστολόγησης, για προαναγγελία ανόδου τιμών και όταν υπάρχει η δυνατότητα σχεδιασμού κλιμάκων χρέωσης με γνώμονα τις ποσότητες νερού κάθε κλίμακας και πιθανής διαμόρφωσης ζήτησης ανάλογα με τις χρεώσεις.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά το οικιακό και το βιομηχανικό τιμολόγιο για το Δημοτικό διαμέρισμα του Βόλου, σύμφωνα με την τελευταία τροποποίηση που έχει γίνει και αποτελεί απόφαση του Δημοτικού Συμβουλίου Βόλου. Στο οικιακό τιμολόγιο η χρέωση των τελών Ύδρευσης-Αποχέτευσης γίνεται ανά τρίμηνο, ενώ στο βιομηχανικό τιμολόγιο η χρέωση των λογαριασμών γίνεται ανά μήνα.

**Οικιακό τιμολόγιο
Τέλη Ύδρευσης – Αποχέτευσης
Δημοτικά Διαμερίσματα Βόλου – Ν. Ιωνίας – Αισωνίας**

	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ	ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ
1	από 0 m ³ /τρίμηνο	8,74 €	3,64 €
2	1 - 25 m ³ /τρίμηνο	+ 0,43 €/m ³	+ 0,26 €/m ³
3	26 - 40 m ³ /τρίμηνο	+ 0,99 €/m ³	+ 0,57 €/m ³
4	41 - 50 m ³ /τρίμηνο	+ 1,02 €/m ³	+ 0,62 €/m ³
5	51 - 60 m ³ /τρίμηνο	+ 1,16 €/m ³	+ 0,64 €/m ³
6	61 - 80 m ³ /τρίμηνο	+ 1,38 €/m ³	+ 0,73 €/m ³
7	81 - 100 m ³ /τρίμηνο	+ 1,84 €/m ³	+ 0,96 €/m ³
8	101 και άνω m ³ /τρίμηνο	+ 2,00 €/m ³	+ 0,96 €/m ³

Σχήμα 3.4: Οικιακό τιμολόγιο – Απόφαση του Δημοτικού Συμβουλίου Βόλου (άρθρο 79 παρ.4 του Ν.3463/2006)

Τιμολόγιο Βιομηχανικής Περιοχής Βόλου (ΒΙ.ΠΕ. Βόλου)

Ειδικά για τις καταναλώσεις στις ΒΙ.ΠΕ. για βιομηχανική χρήση, η χρέωση των λογαριασμών γίνεται ανά μήνα.

Α. Τα τέλη ύδρευσης καθορίζονται για καταναλώσεις μέχρι 28.700 m³/μήνα με βάση τον τύπο:

$$K = \frac{(197 - 1,5 q) \cdot (1,455575)}{340,75} + 0,285 \text{ €/M}^3$$

Όπου q= μηνιαία κατανάλωση m³/1.000, K= τιμή σε €/m³ νερού.

Β. Η πάγια (κατώτατη) χρέωση για τέλη ύδρευσης-αποχέτευσης, καθορίζονται ανάλογα με το μέγεθος (διάμετρο) του υδρομέτρου ως εξής:

- I. για διάμετρο ½" : Πάγιο 5 m³/μήνα
- II. για διάμετρο 5/8" & ¾" : Πάγιο 5 m³/μήνα
- III. για διάμετρο 1" : Πάγιο 100 m³/μήνα
- IV. για διάμετρο 1 ½" : Πάγιο 150 m³/μήνα
- V. για διάμετρο 2" : Πάγιο 250 m³/μήνα
- VI. για διάμετρο 2 1/2" & 3" : Πάγιο 500 m³/μήνα
- VII. για διάμετρο 4" : Πάγιο 1.000 m³/μήνα
- VIII. για διάμετρο 6" : Πάγιο 3.000 m³/μήνα
- IX. για διάμετρο 8" : Πάγιο 4.500 m³/μήνα

Γ. Η τιμή της αποχέτευσης ακαθάρτων ανά m³ καταναλισκόμενου νερού ορίζεται σε 0,57 €/m³ νερού.

4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ R & Rstudio

4.1 Τι είναι η R;

Η R είναι μία δωρεάν γλώσσα προγραμματισμού ανοικτού κώδικα που αναπτύχθηκε το 1995 στο Πανεπιστήμιο του Όκλαντ ως περιβάλλον στατιστικών υπολογισμών και γραφικών αναπαραστάσεων (Ihaka and Gentleman, 1996). Από τότε, η R έχει καταστεί ένα από τα κυρίαρχα περιβάλλοντα λογισμικού για την ανάλυση δεδομένων και χρησιμοποιείται από μια πληθώρα επιστημονικών κλάδων, όπως η επιστήμη του εδάφους, η οικολογία και η γεωπληροφορική (Envirometrics CRAN Task View, Spatial CRAN Task View). Η R είναι ιδιαίτερα δημοφιλής για τις γραφικές της δυνατότητες, αλλά είναι επίσης πολύτιμη για τις δυνατότητές της στο GIS που την καθιστούν σχετικά εύκολη να δημιουργήσει μοντέλα βασισμένα σε ράστερ. Πιο πρόσφατα, η R έχει επίσης αποκτήσει αρκετά πακέτα που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για την ανάλυση δεδομένων εδάφους.

1. ένα περιβάλλον λογισμικού:

στατιστικών
γραφικών
προγραμματισμού
υπολογισμών
GIS
και τα λοιπά...

2. μια γλώσσα που θα διερευνήσει, θα συνοψίσει και θα διαμορφώσει δεδομένα
λειτουργίες (functions) = ρήματα
αντικείμενα (objects) = ουσιαστικά

4.2 Πλεονεκτήματα λογισμικού

Ενώ η συντριπτική πλειονότητα των χρηστών χρησιμοποιούν το Microsoft Excel για ανάλυση δεδομένων, η R προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όπως:

1. Κόστος. Η R είναι ένα δωρεάν λογισμικό!
2. Αναπαραγωγίσιμη - επαναλαμβανόμενη έρευνα)
κώδικας & αρχείο εξόδου σε ένα ενιαίο έγγραφο
κλιμακούμενη: εφαρμόσιμη σε μικρά ή μεγάλα προβλήματα
3. Η R σε μια Κοινότητα
πολυάριθμες ειδικές ομάδες υποστήριξης
πολλές τοπικές ομάδες χρηστών R

4. Εκπαιδευτικοί πόροι (ποσότητα και ποιότητα)

Βιβλία σχετικά με την R

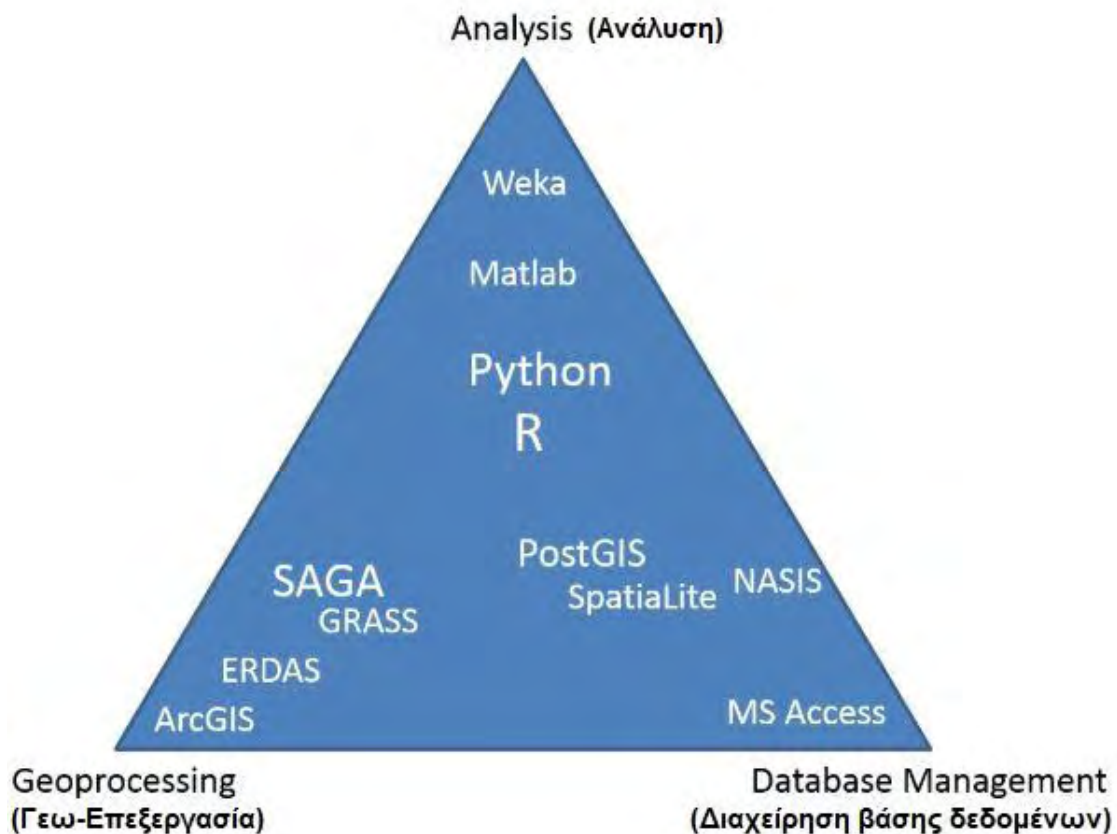
Δωρεάν Online Βιβλία R

5. Η R 'γίνεται' ένα νέο πρότυπο προγραμματισμού

Ενώ μερικοί άνθρωποι βρίσκουν τη χρήση ενός περιβάλλοντος με γραμμές εντολών αποθαρρυντική, για τους επιστήμονες αποτελεί ένα απαραίτητο εργαλείο καθώς ο όγκος και η ποικιλία των δεδομένων έχει αυξηθεί.

Έτσι, η δέσμη ενεργειών ή ο προγραμματισμός έχουν γίνει μια τρίτη γλώσσα για πολλούς επιστήμονες, εκτός από τη μητρική τους γλώσσα και συγκεκριμένων επιστημονικών ορολογιών.

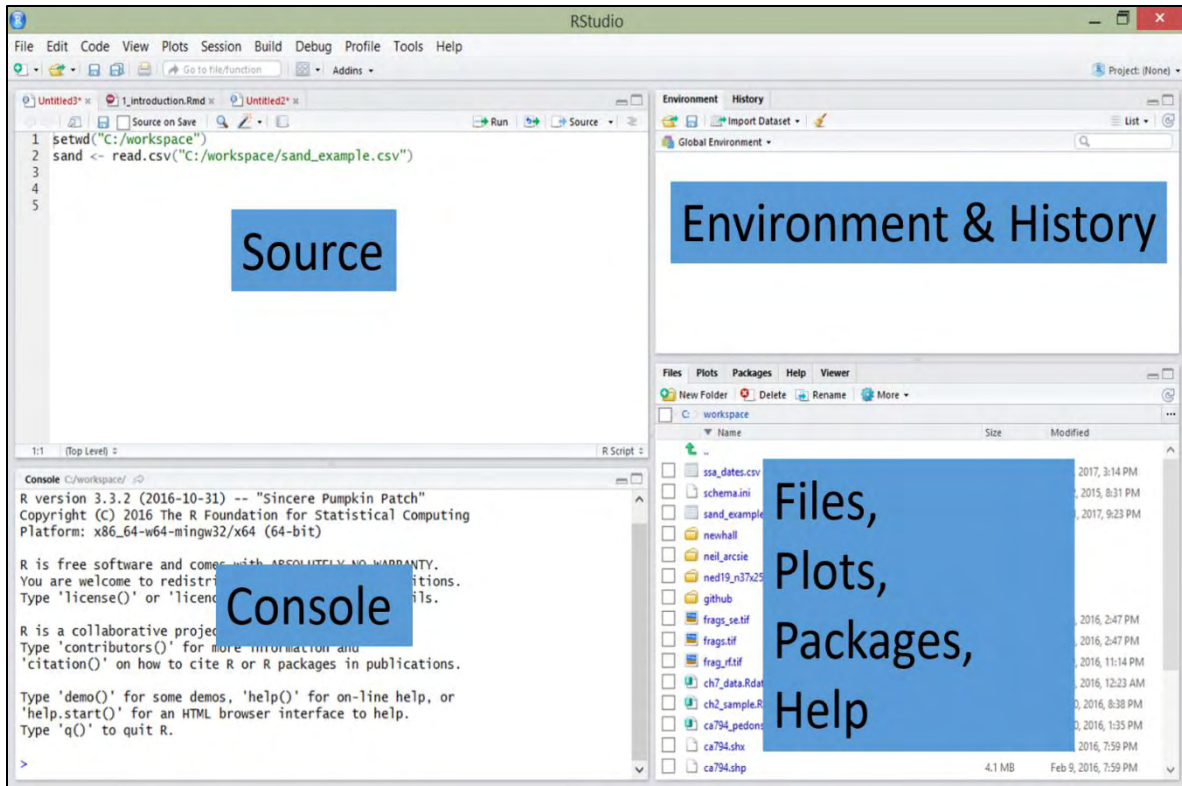
Άλλες δημοφιλείς γλώσσες προγραμματισμού είναι: SQL (δηλ. NAsIS), Python (δηλ. ArcGIS) και JavaScript.



Σχήμα 4.1: Η R σε σχεδόν όλες τις δυνατές μορφές / διεπαφές

4.3 Το Rstudio ως ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης της R

Το RStudio είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης που επιτρέπει στον χρήστη να αλληλεπιδράσει με την R πιο εύκολα. Το RStudio είναι παρόμοιο με το πρότυπο RGui, αλλά είναι πολύ πιο φιλικό προς το χρήστη. Έχει περισσότερα drop-down μενού, παράθυρα με πολλές καρτέλες και πολλές επιλογές προσαρμογής. Στο αρχικό άνοιγμα του RStudio, υπάρχουν τρία παράθυρα. Ένα τέταρτο παράθυρο “κρύβεται” λόγω προεπιλογής, αλλά εμφανίζεται κάνοντας κλικ στο αναπτυσσόμενο μενού Αρχείο (File), στη συνέχεια Νέο αρχείο (File) και έπειτα R (Script).



Σχήμα 4.2: Περιβάλλον Rstudio

Console Window	παράθυρο όπου εισάγονται εντολές και τυπώνεται η έξοδος
Source Tabs	ενσωματωμένο πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου
Environment Tab	διαδραστική λίστα φορτωμένων αντικειμένων
History Tab	λίστα με τις εντολές που εισήχθησαν στην Κονσόλα
Files Tab	εξερευνητής αρχείων για να περιηγηθείτε στους φακέλους της μονάδας δίσκου
Plots Tab	παράθυρο εκτυπώσεων
Packages Tab	λίστα εγκατεστημένων πακέτων
Help Tab	παράθυρο αναζήτησης βοήθειας και εντολών βοήθειας

Πίνακας 4.1: Περιγραφή παραθύρων Rstudio

5 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

5.1 Συλλογή δεδομένων

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για την παρούσα εργασία είναι, οι τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης από την αρμόδια υπηρεσία ύδρευσης του Βόλου (ΔΕΥΑΜΒ), οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες και τα ημερήσια ύψη βροχόπτωσης από την ελληνική μετεωρολογική υπηρεσία (ΕΜΥ), για τη χρονική περίοδο 2007-2017.

5.1.1 Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα λήφθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό στον Βόλο (LG51), ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 52 μέτρων, στην οροφή κτηρίου στο κέντρο της πόλης και το ύψος των αισθητήρων θερμοκρασίας/υγρασίας είναι 2 μέτρα, ενώ το ύψος του ανεμόμετρου είναι 2,5 μέτρα.

Ως δεδομένα βροχοπτώσεως ελήφθησαν οι μηνιαίες τιμές συνολικού ύψους βροχής για την χρονική περίοδο 2007-2017.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΝΙΑΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (mm)											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ΙΑΝ	5,0	4,2	68,0	47,2	32,4	28,8	10,2	28,6	21,2	43,8	64,8
ΦΕΒ	32,0	20,4	21,4	43,0	47,7	182,2	119,6	22,0	76,8	30,6	44,6
ΜΑΡ	22,2	18,6	32,2	20,4	60,0	62,8	25,0	54,4	123,8	156,2	75,0
ΑΠΡ	5,6	39,0	15,4	8,0	23,6	30,8	7,2	49,4	27,4	4,6	33,0
ΜΑΪ	49,0	9,6	11,0	54,6	21,8	108,3	39,6	33,4	7,6	87,4	54,6
ΙΟΥΝ	39,8	12,0	17,8	29,4	22,2	11,0	31,6	32,2	85,8	77,0	18,6
ΙΟΥΛ	0,0	12,8	8,4	8,2	0,2	2,2	65,4	20,6	11,2	34,4	93,6
ΑΥΓ	11,4	90,2	11,8	0,0	39,6	0,0	0,0	38,4	3,6	1,2	24,0
ΣΕΠ	5,8	75,0	49,2	56,2	41,8	53,4	13,4	59,4	190,2	45,0	43,0
ΟΚΤ	48,8	47,8	74,4	92,8	51,2	58,2	11,0	63,2	104,4	95,0	63,0
ΝΟΕ	104,8	33,8	28,4	18,8	11,0	132,0	45,0	81,6	36,8	60,4	65,6
ΔΕΚ	31,6	142,4	204,4	19,8	104,3	98,4	50,0	70,8	14,8	15,4	32,8

Πίνακας 5.1: Το συνολικό μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης της πόλης του Βόλου ανά έτος για τη χρονική περίοδο 2007-2017. (πηγή: MeteoSearch)

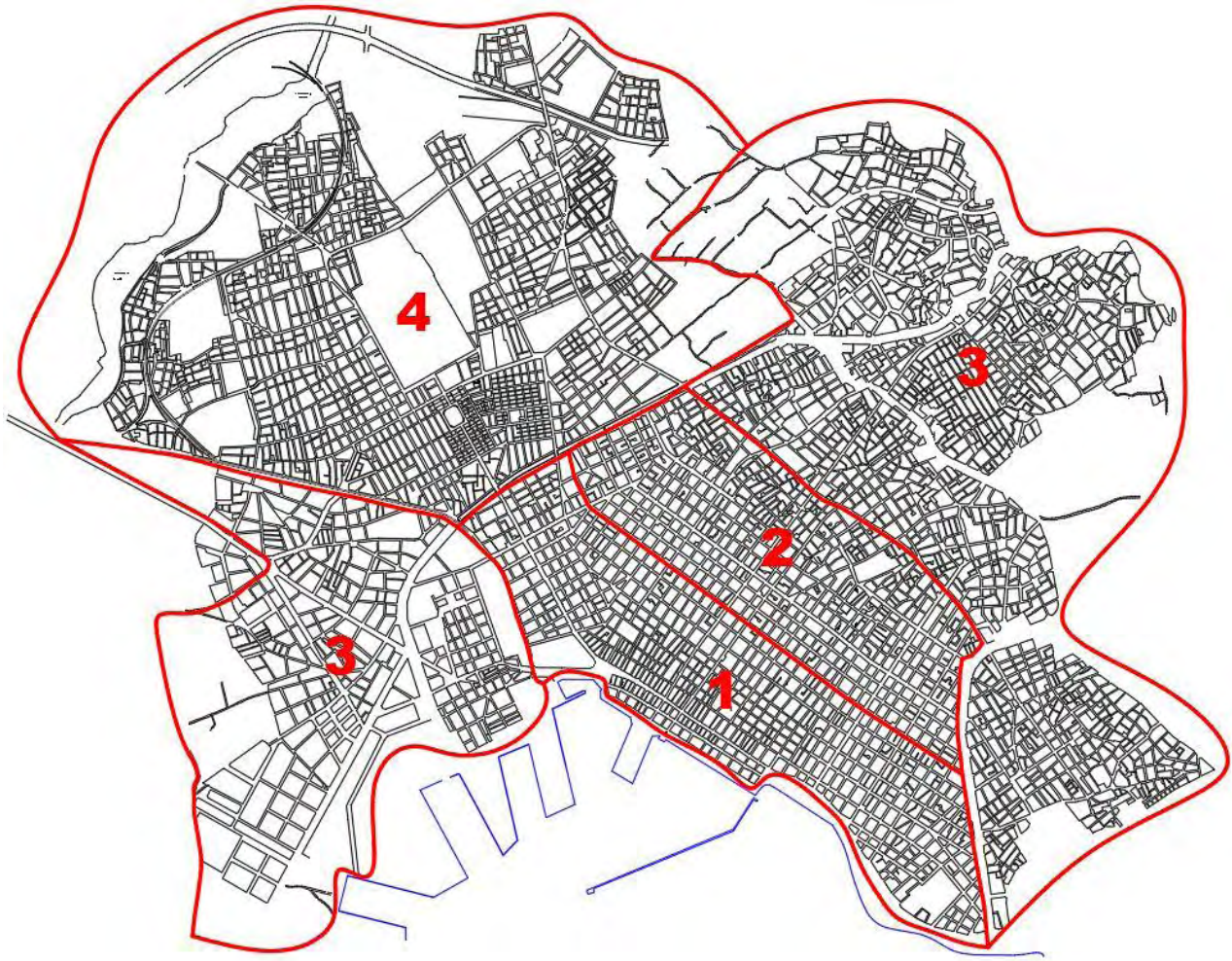
Αυξημένες είναι οι ανάγκες ύδρευσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (ξηρές περίοδοι) καθώς επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες,. Αντίθετα, η κατανάλωση παρουσιάζει κάμψη κατά τη χειμερινή περίοδο λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (και περισσότερων βροχοπτώσεων). Για τα δεδομένα θερμοκρασίας ελήφθησαν οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας για την χρονική περίοδο 2007-2017.

ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (C°)											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ΙΑΝ	11,1	7,8	9	9,4	8,7	6,4	9,6	10,9	8,7	8,9	4,2
ΦΕΒ	10,3	9,1	8,8	11,2	9,6	7,1	11	11,6	9,1	13,8	11,1
ΜΑΡ	12,6	14,7	11,8	12,4	11,1	11,8	13,1	13,3	10,9	13,1	13,5
ΑΠΡ	15,6	16,7	14,9	16,5	14,2	16,9	17,6	16	15,5	18,4	16
ΜΑΪ	21,3	20,9	21,3	21,5	19,5	20,6	22,7	20,7	21,5	20,6	21
ΙΟΥΝ	26,9	26,1	25,3	25,4	24,9	26,9	24,9	25,8	23,9	26,5	26,1
ΙΟΥΛ	29,3	28	28,1	28,4	28,7	29,9	27,3	27,7	28,2	28,1	27,7
ΑΥΓ	28,3	28,1	26,9	29,9	27	28,8	28,3	28	28,2	27,7	27,9
ΣΕΠ	22,8	21,8	22	23,6	24,9	23,9	24,2	23	24,7	23,3	24
ΟΚΤ	18,1	17,9	19,1	16,9	16,2	20,9	18,1	17,8	18,1	18,1	17,4
ΝΟΕ	12,7	13,9	14,4	16,4	10,5	15	14,9	13,6	15,4	13,4	13,2
ΔΕΚ	8	10,1	12,3	10,7	9,9	8,8	8,6	10,2	9,3	7,5	10,9

Πίνακας 5.2: Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες της πόλης του Βόλου ανά έτος για τη χρονική περίοδο 2007-2017. (πηγή: MeteoSearch)

5.1.2 Δεδομένα κατανάλωσης ύδρευσης

Οι καταναλώσεις ύδρευσης ταξινομήθηκαν στο σύνολο της πόλης του Βόλου, σε τέσσερις επιμέρους τομείς σύμφωνα με το διαχωρισμό της ΔΕΥΑΜΒ (οι Τομείς 1,2 και 3 αποτελούν τον πρώην Δήμο Βόλου, ενώ ο Τομέας 4 τους πρώην Δήμους Νέας Ιωνίας και Αισωνίας) και στη βιομηχανική περιοχή.



Σχήμα 5.1: Οριζοντιογραφία της πόλης του Βόλου και οι τέσσερις επιμέρους τομείς ύδρευσης. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΣΥΝΟΛΟ ΠΟΛΗΣ						
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	1.575.608	1.760.656	1.800.057	1.975.639	1.516.475	1.639.658
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	2.125.673	1.722.446	1.713.157	2.133.635	1.946.114	2.019.263
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	2.320.246	2.254.204	2.138.272	1.995.634	2.123.940	2.158.321
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	2.386.701	2.125.036	1.994.800	1.702.996	1.841.083	1.561.576
ΣΥΝΟΛΟ	8.408.228	7.862.342	7.646.286	7.807.904	7.427.612	7.378.818

Πίνακας 5.3: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης του συνόλου της πόλης του Βόλου για τη χρονική περίοδο 2007-2012. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΣΥΝΟΛΟ ΠΟΛΗΣ					
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)					
	2013	2014	2015	2016	2017
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	1.865.974	1.538.955	1.564.830	1.569.322	1.483.877
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	1.407.329	1.726.209	1.617.118	1.818.959	1.621.207
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	1.364.992	1.790.499	1.863.025	1.606.997	1.784.027
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	1.724.456	1.694.842	1.899.967	1.586.620	1.504.179
ΣΥΝΟΛΟ	6.362.751	6.750.505	6.944.940	6.581.898	6.393.290

Πίνακας 5.4: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης του συνόλου της πόλης του Βόλου για τη χρονική περίοδο 2013-2017. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΤΟΜΕΑΣ 1						
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	396.314	442.472	440.764	522.658	379.448	401.631
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	538.595	384.656	404.428	473.773	504.219	454.394
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	542.200	527.581	528.073	444.701	450.948	496.372
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	540.143	610.765	492.454	448.126	455.835	371.109
ΣΥΝΟΛΟ	2.017.252	1.965.474	1.865.719	1.889.258	1.790.450	1.723.506

Πίνακας 5.5: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης του τομέα 1 της πόλης του Βόλου για τη χρονική περίοδο 2007-2012. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΤΟΜΕΑΣ 1					
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)					
	2013	2014	2015	2016	2017
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	393.428	385.940	377.224	378.232	369.041
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	307.053	382.239	392.249	416.823	398.360
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	298.721	394.295	399.796	364.473	422.798
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	406.300	377.323	444.634	394.846	375.393
ΣΥΝΟΛΟ	1.405.502	1.539.797	1.613.903	1.554.374	1.565.592

Πίνακας 5.6: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης του τομέα 1 της πόλης του Βόλου για τη χρονική περίοδο 2013-2017. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΤΟΜΕΑΣ 2						
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	279.484	264.846	281.983	347.696	253.308	294.219
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	337.202	261.372	256.050	327.176	338.577	335.173
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	357.233	370.594	355.988	291.030	280.521	335.948
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	342.117	341.174	339.235	283.893	300.960	265.444
ΣΥΝΟΛΟ	1.316.036	1.237.986	1.233.256	1.249.795	1.173.366	1.230.784

Πίνακας 5.7: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης του τομέα 2 της πόλης του Βόλου για τη χρονική περίοδο 2007-2012. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΤΟΜΕΑΣ 2					
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)					
	2013	2014	2015	2016	2017
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	277.433	287.257	265.580	270.314	263.663
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	224.981	292.608	280.252	293.914	273.550
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	217.858	268.637	323.475	229.187	274.527
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	290.620	269.800	275.048	365.887	247.792
ΣΥΝΟΛΟ	1.010.892	1.118.302	1.144.355	1.159.302	1.059.532

Πίνακας 5.8: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης του τομέα 2 της πόλης του Βόλου για τη χρονική περίοδο 2013-2017. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΤΟΜΕΑΣ 3						
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	504.612	609.031	576.215	573.761	462.363	514.864
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	639.910	566.624	556.285	718.345	559.458	648.987
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	770.408	727.379	683.564	717.576	784.463	779.390
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	916.474	628.522	604.064	514.662	638.536	514.724
ΣΥΝΟΛΟ	2.831.404	2.531.556	2.420.128	2.524.344	2.444.820	2.457.965

Πίνακας 5.9: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης του τομέα 3 της πόλης του Βόλου για τη χρονική περίοδο 2007-2012. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΤΟΜΕΑΣ 3					
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)					
	2013	2014	2015	2016	2017
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	654.132	480.182	545.593	513.614	484.056
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	499.341	575.878	515.221	608.038	505.451
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	482.062	631.312	599.511	568.054	598.345
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	575.534	553.355	655.100	424.225	481.602
ΣΥΝΟΛΟ	2.211.069	2.240.727	2.315.425	2.113.931	2.069.454

Πίνακας 5.10: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης του τομέα 3 της πόλης του Βόλου για τη χρονική περίοδο 2013-2017. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΤΟΜΕΑΣ 4						
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	395.198	444.307	501.095	531.524	421.356	428.944
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	609.966	509.794	496.394	614.341	543.860	580.709
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	650.405	628.650	570.647	542.327	608.008	546.611
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	587.967	544.575	559.047	456.315	445.752	410.299
ΣΥΝΟΛΟ	2.243.536	2.127.326	2.127.183	2.144.507	2.018.976	1.966.563

Πίνακας 5.11: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης του τομέα 4 της πόλης του Βόλου για τη χρονική περίοδο 2007-2012. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΤΟΜΕΑΣ 4					
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)					
	2013	2014	2015	2016	2017
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	540.981	385.576	376.433	407.162	367.117
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	375.954	475.484	429.396	500.184	443.846
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	366.351	496.255	540.243	445.283	488.357
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	452.002	494.364	525.185	401.662	399.392
ΣΥΝΟΛΟ	1.735.288	1.851.679	1.871.257	1.754.291	1.698.712

Πίνακας 5.12: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης του τομέα 4 της πόλης του Βόλου για τη χρονική περίοδο 2013-2017. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

Οι καταγραφές των καταναλώσεων της βιομηχανικής περιοχής είναι μηνιαίες, διότι το βιομηχανικό τιμολόγιο εκδίδεται ανά μήνα.

ΒΙ. ΠΕ.						
ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙ.ΠΕ. ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ΙΑΝ	85.481	94.844	81.127	78.812	65.186	110.525
ΦΕΒ	77.666	90.648	80.792	78.518	74.875	92.968
ΜΑΡ	87.371	99.322	76.934	92.590	74.291	74.478
ΑΠΡ	82.379	112.692	89.657	80.762	74.302	79.769
ΜΑΪ	93.886	104.414	101.777	85.106	83.279	93.614
ΙΟΥΝ	102.278	120.857	113.808	108.794	81.812	100.730
ΙΟΥΛ	113.512	123.522	126.867	102.188	106.054	122.646
ΑΥΓ	96.006	315.679	99.255	92.499	104.473	116.119
ΣΕΠ	88.007	135.938	97.317	77.231	92.606	90.777
ΟΚΤ	90.413	118.537	95.600	75.463	73.499	101.636
ΝΟΕ	74.906	91.619	87.659	75.188	69.775	88.803
ΔΕΚ	71.007	88.528	80.869	69.953	61.192	45.472
ΣΥΝΟΛΟ	1.062.912	1.496.600	1.131.662	1.017.104	961.344	1.117.537

Πίνακας 5.13: Μηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης της βιομηχανικής περιοχής Βόλου για τη χρονική περίοδο 2007-2012. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

ΒΙ. ΠΕ.					
ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙ.ΠΕ. ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)					
	2013	2014	2015	2016	2017
ΙΑΝ	85.780	58.515	75.108	49.143	53.720
ΦΕΒ	63.781	61.869	75.647	61.146	54.536
ΜΑΡ	59.533	65.366	76.541	53.380	55.494
ΑΠΡ	86.208	66.860	46.610	49.366	49.856
ΜΑΪ	71.550	57.224	51.242	59.273	60.344
ΙΟΥΝ	86.959	64.919	58.863	72.477	54.363
ΙΟΥΛ	85.943	73.281	57.616	57.116	57.794
ΑΥΓ	77.864	67.687	57.689	61.956	51.520
ΣΕΠ	58.982	62.639	51.415	55.341	49.019
ΟΚΤ	59.242	59.964	56.135	44.052	45.670
ΝΟΕ	49.592	48.922	90.553	36.919	43.088
ΔΕΚ	50.467	48.677	41.451	42.500	42.776
ΣΥΝΟΛΟ	835.901	735.923	738.870	642.669	618.180

Πίνακας 5.14: Μηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης της βιομηχανικής περιοχής Βόλου για τη χρονική περίοδο 2013-2017. (πηγή: ΔΕΥΑΜΒ)

5.2 Επεξεργασία δεδομένων

5.2.1 Δεδομένα και ζητούμενα

Τα αρχικά δεδομένα είναι:

Οι συνολικές καταναλώσεις για τις χρονιές 2007-2017 των τεσσάρων τομέων κατανάλωσης της πόλης. Οι καταναλώσεις αυτές υπάρχουν σε τριμηνιαία βάση, διότι αυτό είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο εκδίδει η ΔΕΥΑΜΒ τους λογαριασμούς ύδρευσης.

Οι συνολικές καταναλώσεις για τις χρονιές 2007-2017 της Βιομηχανικής περιοχής (ΒΙ.ΠΕ.). Οι καταγραφές αυτές είναι μηνιαίες, διότι το βιομηχανικό τιμολόγιο εκδίδεται ανά μήνα.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα, βροχόπτωση και θερμοκρασία, για τη χρονική περίοδο 2007-2017, τα οποία ελήφθησαν από μετεωρολογικό σταθμό στο κέντρο του Βόλου σε μηνιαία βάση.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας πρέπει όλα τα δεδομένα να αναχθούν σε τριμηνιαία βάση.

5.2.2 Μετατροπή δεδομένων μηνιαίας βάσης σε τριμηνιαία

Οι μηνιαίες καταναλώσεις της ΒΙ.ΠΕ. και οι μηνιαίες καταγραφές της θερμοκρασίας και βροχόπτωσης πρέπει να μετατραπούν σε τριμηνιαίες.

Όσον αφορά τις καταναλώσεις της ΒΙ.ΠΕ. γίνεται άθροισμα των καταναλώσεων τριμήνου για κάθε έτος.

Παράδειγμα 5.1:

Για το έτος 2007 υπολογίζεται η κατανάλωση των δύο πρώτων τριμήνων:

Ιανουάριος	85.481 m ³	Απρίλιος	82.379 m ³
Φεβρουάριος	77.666 m ³	Μάιος	93.886 m ³
Μάρτιος	87.371 m ³ (+)	Ιούνιος	102.278 m ³ (+)
<hr/>		<hr/>	
Α' Τρίμηνο	250.518 m ³	Β' Τρίμηνο	278.543 m ³

Με την ίδια διαδικασία υπολογίζονται οι τριμηνιαίες καταναλώσεις της ΒΙ.ΠΕ. για τη χρονική περίοδο 2007-2017.

ΒΙ. ΠΕ.						
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙ.ΠΕ. ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m ³)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	250.518	284.814	238.853	249.920	214.352	277.971
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	278.543	337.963	305.242	274.662	239.393	274.113
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	297.525	575.139	323.439	271.918	303.133	329.542
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	236.326	298.684	264.128	220.604	204.466	235.911
ΣΥΝΟΛΟ	1.062.912	1.496.600	1.131.662	1.017.104	961.344	1.117.537

Πίνακας 5.15: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης της βιομηχανικής περιοχής Βόλου για τη χρονική περίοδο 2007-2012.

ΒΙ. ΠΕ.					
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙ.ΠΕ. ΑΝΑ ΕΤΟΣ (m³)					
	2013	2014	2015	2016	2017
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	209.094	185.750	227.296	163.669	163.750
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	244.717	189.003	156.715	181.116	164.563
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	222.789	203.607	166.720	174.413	158.333
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	159.301	157.563	188.139	123.471	131.534
ΣΥΝΟΛΟ	835.901	735.923	738.870	642.669	618.180

Πίνακας 5.16: Τριμηνιαίες καταναλώσεις ύδρευσης της βιομηχανικής περιοχής Βόλου για τη χρονική περίοδο 2013-2017.

Ως προς το ύψος βροχόπτωσης γίνεται άθροισμα των υψών κάθε τριμήνου για κάθε έτος, ενώ ως προς τη μέση θερμοκρασία υπολογίζεται ο μέσος όρος θερμοκρασιών τριμήνου.

Παράδειγμα 5.2:

Για το έτος 2007 υπολογίζεται η βροχόπτωση των δύο πρώτων τριμήνων:

Ιανουάριος	5,0 mm	Απρίλιος	5,6 mm
Φεβρουάριος	32,0 mm	Μάιος	49,0 mm
Μάρτιος	22,2 mm (+)	Ιούνιος	39,8 mm (+)
Α' Τρίμηνο	59,2 mm	Β' Τρίμηνο	94,4 mm

Με την ίδια διαδικασία υπολογίζονται τα τριμηνιαία ύψη βροχόπτωσης για τη χρονική περίοδο 2007-2017.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΝΙΑΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (mm)											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	59,2	43,2	121,6	110,6	140,1	273,8	154,8	105,0	221,8	230,6	184,4
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	94,4	60,6	44,2	92,0	67,6	150,1	78,4	115,0	120,8	169,0	106,2
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	17,2	178,0	69,4	64,4	81,6	55,6	78,8	118,4	205,0	80,6	160,6
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	185,2	224,0	307,2	131,4	166,5	288,6	106,0	215,6	156,0	170,8	161,4

Πίνακας 5.17: Τριμηνιαία ύψη βροχόπτωσης για τη χρονική περίοδο 2007-2017.

Παράδειγμα 5.3:

Για το έτος 2007 υπολογίζεται η μέση θερμοκρασία των δύο πρώτων τριμήνων:

Ιανουάριος	11,1 C°	Απρίλιος	15,6 C°
Φεβρουάριος	10,3 C°	Μάιος	21,3 C°
Μάρτιος	12,6 C° (+)	Ιούνιος	26,9 C° (+)
	<u>34,0 C° (÷3)</u>		<u>63,8 C° (÷3)</u>
Α' Τρίμηνο	11,33 C°	Β' Τρίμηνο	21,27 C°

Με την ίδια διαδικασία υπολογίζονται τα τριμηνιαία ύψη βροχόπτωσης για τη χρονική περίοδο 2007-2017.

ΜΕΣΗ ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (C°)											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Α' ΤΡΙΜΗΝΟ	11,33	10,53	9,87	11,00	9,80	8,43	11,23	11,93	9,57	11,93	9,60
Β' ΤΡΙΜΗΝΟ	21,27	21,23	20,50	21,13	19,53	21,47	21,73	20,83	20,30	21,83	21,03
Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ	26,80	25,97	25,67	27,30	26,87	27,53	26,60	26,23	27,03	26,37	26,53
Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ	12,93	13,97	15,27	14,67	12,20	14,90	13,87	13,87	14,27	13,00	13,83

Πίνακας 5.18: Μέσες τριμηνιαίες θερμοκρασίες για τη χρονική περίοδο 2007-2017.

6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟ RSTUDIO

6.1 Εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα

Οι τριμηνιαίες τιμές της Κατανάλωσης (Water Consumption) σε m³, της μέσης Θερμοκρασίας (Temperature) σε C^o και της συνολικής Βροχόπτωσης (Rainfall) σε mm, εισάγονται στο πρόγραμμα Rstudio. Τα δεδομένα αντιστοιχούν στην εντεκαετία 2007 έως 2017, δηλαδή σε 44 τρίμηνα όπως φαίνεται παρακάτω.

	Semester	WaterConsumption	Temperature	Rainfall
1	year07/1	1575608	11.33	59.2
2	year07/2	2125673	21.27	94.4
3	year07/3	2320246	26.80	17.2
4	year07/4	2386701	12.93	185.2
5	year08/1	1760656	10.53	43.2
6	year08/2	1722446	21.23	60.6
7	year08/3	2254204	25.97	178.0
8	year08/4	2125036	13.97	224.0
9	year09/1	1800057	9.87	121.6
10	year09/2	1713157	20.50	44.2
11	year09/3	2138272	25.67	69.4
12	year09/4	1994800	15.27	307.2
13	year10/1	1975639	11.00	110.6
14	year10/2	2133635	21.13	92.0
15	year10/3	1995634	27.30	64.4
16	year10/4	1702996	14.67	131.4
17	year11/1	1516475	9.80	140.1
18	year11/2	1946114	19.53	67.6
19	year11/3	2123940	26.87	81.6
20	year11/4	1841083	12.20	166.5
21	year12/1	1639658	8.43	273.8
22	year12/2	2019263	21.47	150.1
23	year12/3	2158321	27.53	55.6
24	year12/4	1561576	14.90	288.6

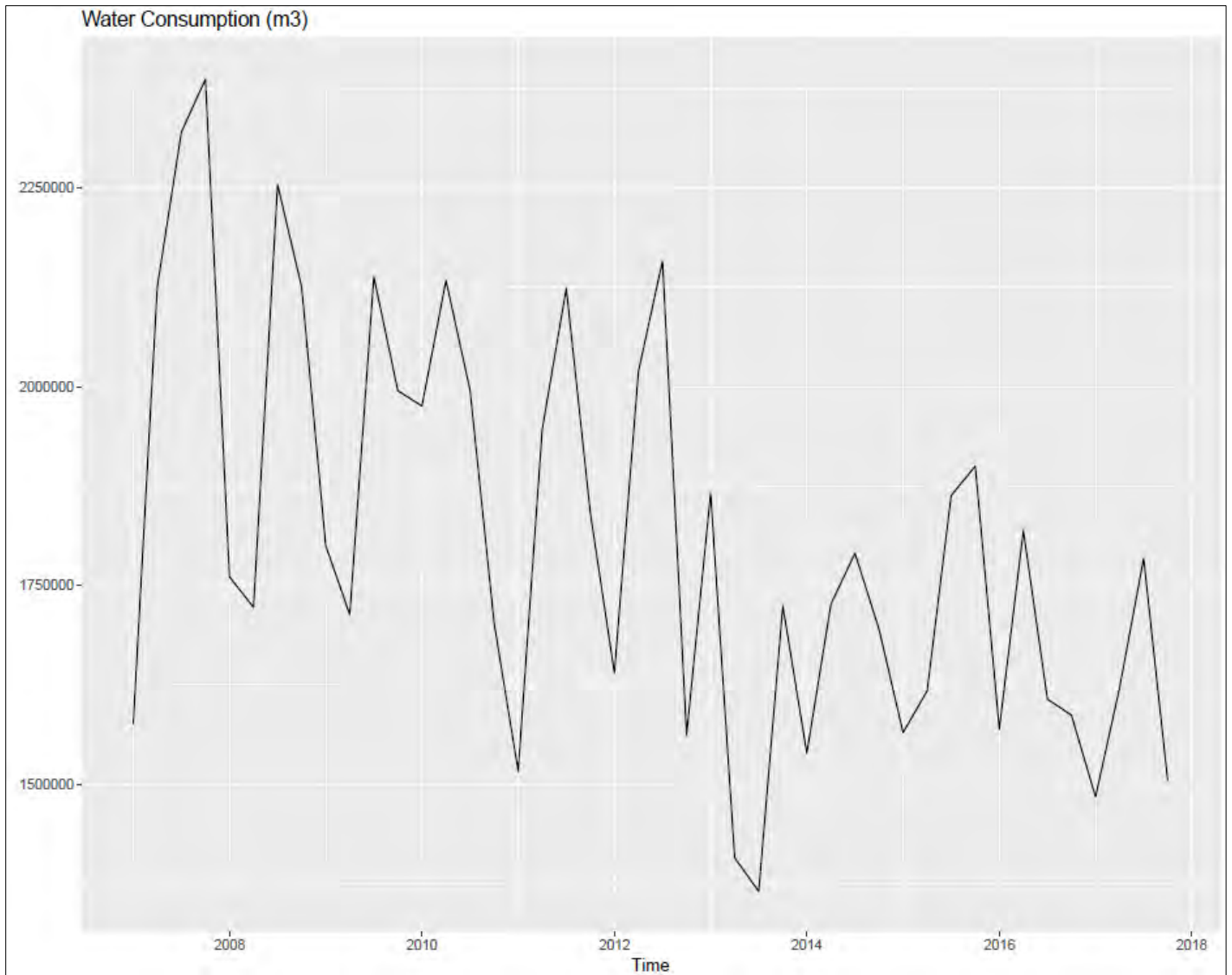
(...)

(...)

25	year13/1	1865974	11.23	154.8
26	year13/2	1407329	21.73	78.4
27	year13/3	1364992	26.60	78.8
28	year13/4	1724456	13.87	106.0
29	year14/1	1538955	11.93	105.0
30	year14/2	1726209	20.83	115.0
31	year14/3	1790499	26.23	118.4
32	year14/4	1694842	13.87	215.6
33	year15/1	1564830	9.57	221.8
34	year15/2	1617118	20.30	120.8
35	year15/3	1863025	27.03	205.0
36	year15/4	1899967	14.27	156.0
37	year16/1	1569322	11.93	230.6
38	year16/2	1818959	21.83	169.0
39	year16/3	1606997	26.37	80.6
40	year16/4	1586620	13.00	170.8
41	year17/1	1483877	9.60	184.4
42	year17/2	1621207	21.03	106.2
43	year17/3	1784027	26.53	160.6
44	year17/4	1504179	13.83	161.4

Σχήμα 6.1: Τριμηνιαίες τιμές κατανάλωσης νερού, θερμοκρασίας και βροχόπτωσης.

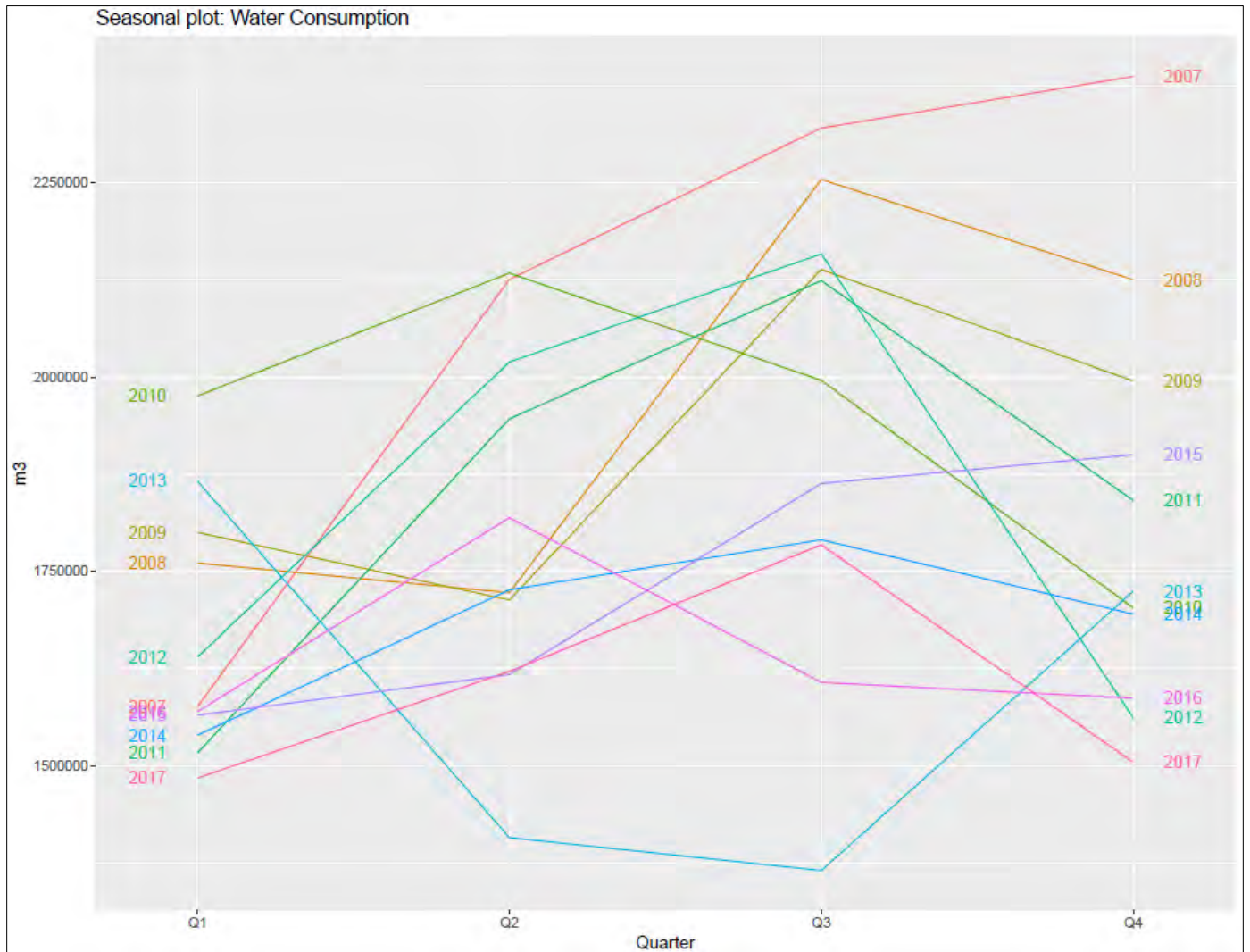
Η χρονοσειρά της τριμηνιαίας κατανάλωσης του συνόλου της πόλης του Βόλου, δίνεται στο παρακάτω γράφημα.



Σχήμα 6.2: Χρονοσειρά τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού.

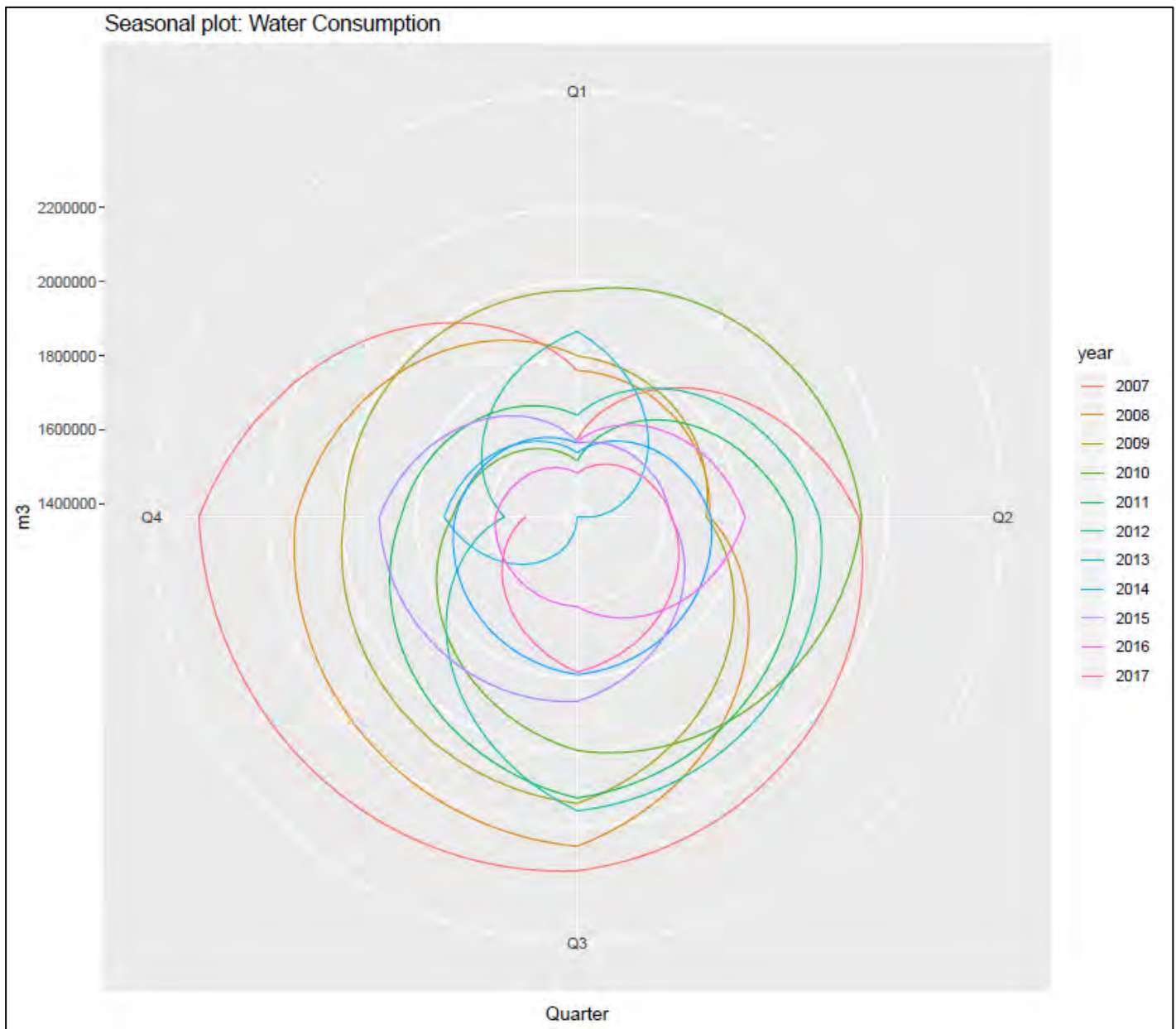
Η χρονοσειρά δεν εμφανίζει μία ξεκάθαρη περιοδικότητα ωστόσο παρουσιάζει μία φθίνουσα τάση στην πάροδο των χρόνων.

Η σημαντική αυτή μείωση της κατανάλωσης οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αντικατάσταση και αναβάθμιση των αγωγών του δικτύου ύδρευσης, με αποτέλεσμα να υπάρχουν λιγότερες απώλειες σε βάθος χρόνου και η μέτρηση να πλησιάζει τις πραγματικές τιμές κατανάλωσης.



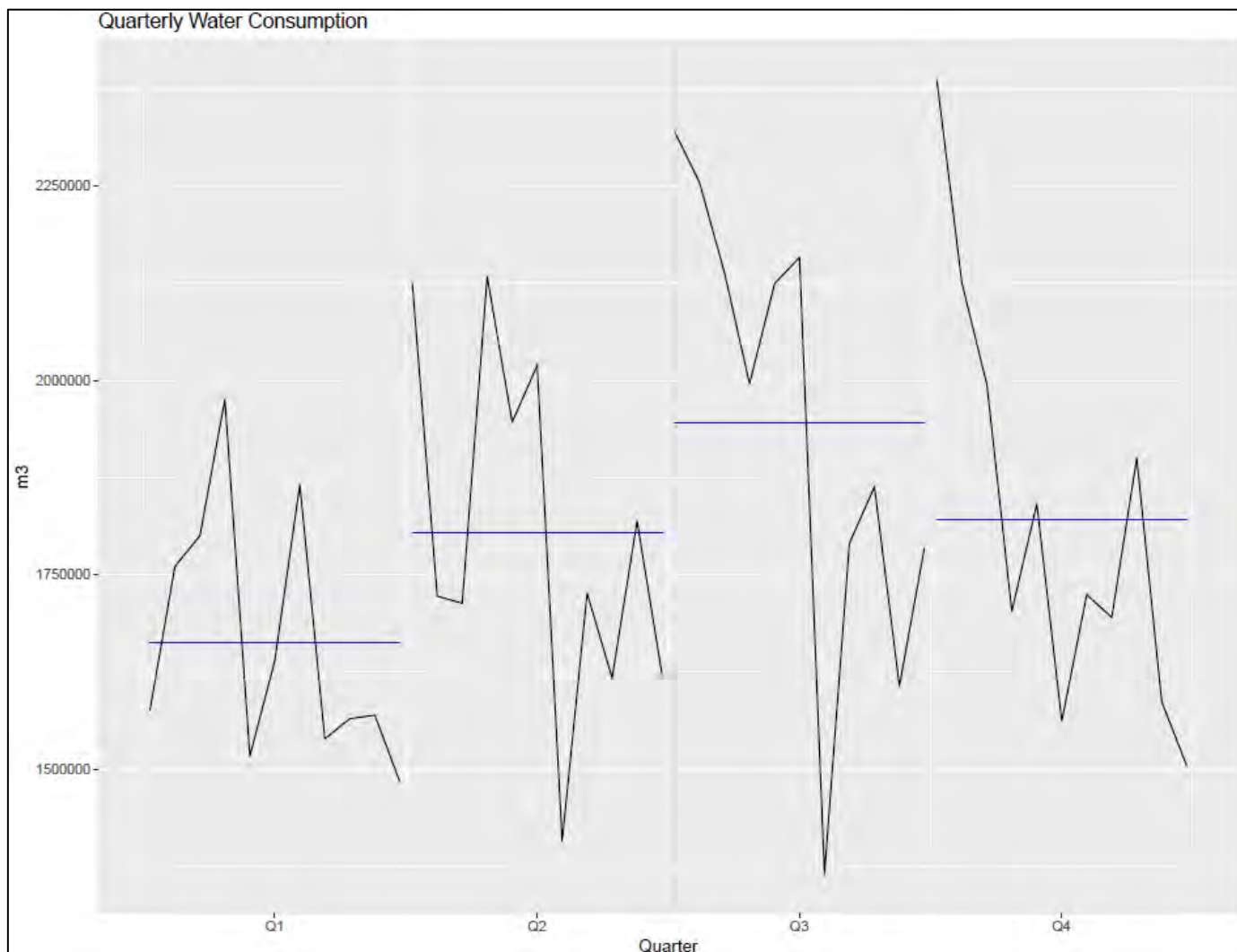
Σχήμα 6.3: Τριμηνιαία κατανάλωση νερού για κάθε έτος.

Όπως προκύπτει από το γράφημα, η κατανάλωση δεν παρουσιάζει ένα ξεκάθαρο μοτίβο μεταβολής.



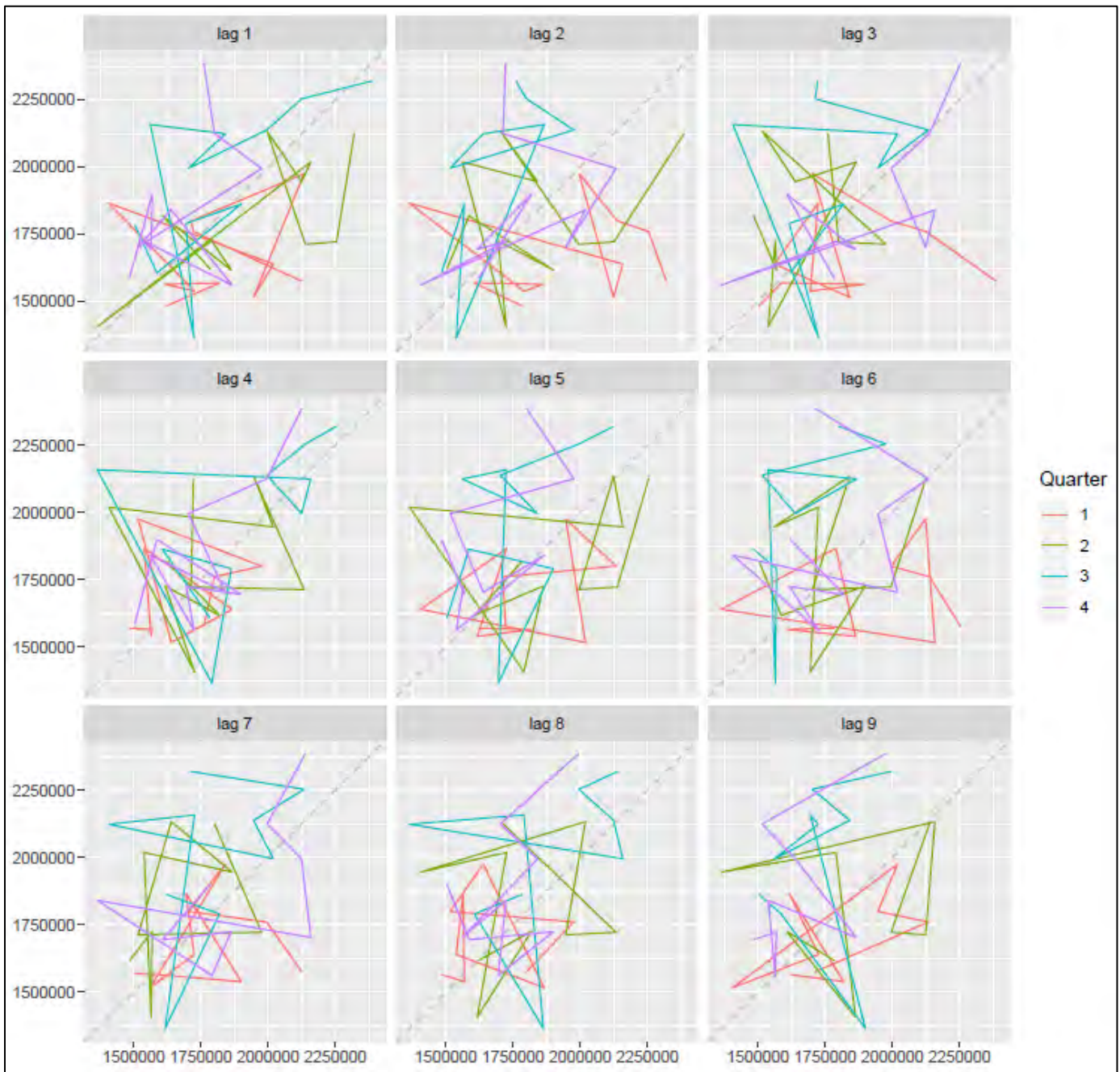
Σχήμα 6.4: Κυκλική αναπαράσταση τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού για κάθε έτος.

Στο παραπάνω γράφημα η ακτίνα κάθε κυκλικής καμπύλης είναι ανάλογη της κατανάλωσης.



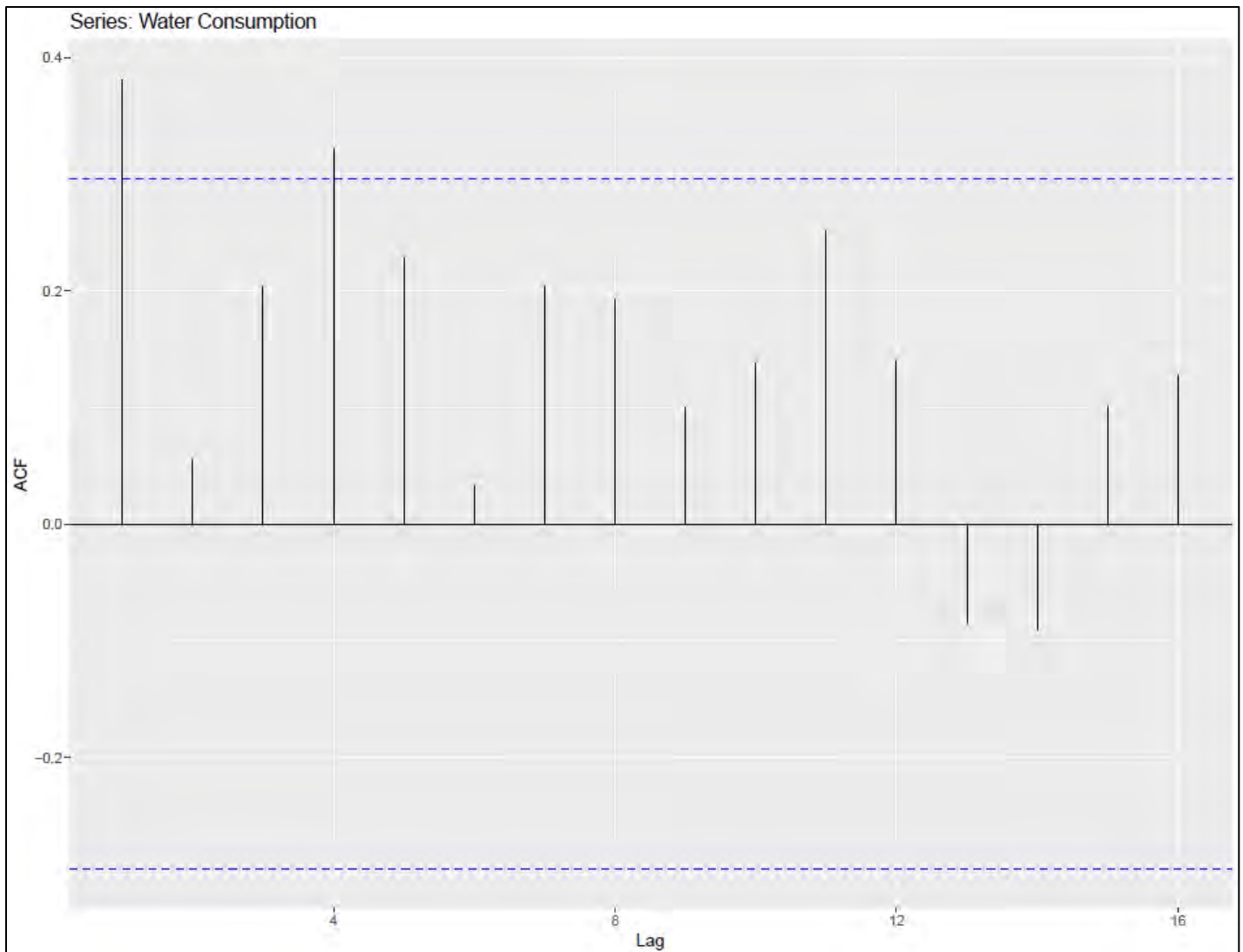
Σχήμα 6.5: Διακύμανση κατανάλωσης των τεσσάρων τριμήνων.

Στο παραπάνω γράφημα δίνεται η διακύμανση της κατανάλωσης των τεσσάρων τριμήνων για κάθε έτος. Κάθε τρίμηνο παρουσιάζει έντεκα τιμές στην εντεκαετία 2007-2017.



Σχήμα 6.6: Διαγράμματα υστέρησης των τεσσάρων τριμήνων.

Από τα παραπάνω διαγράμματα δε προκύπτει κάποιο ξεκάθαρο συμπέρασμα όσον αφορά την εποχικότητα των δεδομένων.



Σχήμα 6.7: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού.

Στο διάγραμμα αυτοσυσχέτισης οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται στο lag 1 και lag 4. Συνεπώς υπάρχει σημαντική συσχέτιση για κάθε πρώτο και τέταρτο τρίμηνο της χρονοσειράς δεδομένων.

6.2 Γραμμική Παλινδρόμηση

Η παλινδρόμηση ασχολείται με την περιγραφή και αξιολόγηση των σχέσεων μεταξύ μιας μεταβλητής (η οποία πολύ συχνά ονομάζεται εξαρτημένη) με μία ή περισσότερες μεταβλητές, οι οποίες ονομάζονται ανεξάρτητες. Συγκεκριμένα η παλινδρόμηση εξετάζει πως οι μεταβολές των ανεξάρτητων μεταβλητών επηρεάζουν την εξαρτημένη. Η ανάλυση της συσχέτισης χρησιμοποιείται στο πρώτο στάδιο της ανάλυσης προκειμένου να διαπιστώσουμε εάν υπάρχει στατιστική σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_n * X_n$$

Y = Εξαρτημένη Μεταβλητή

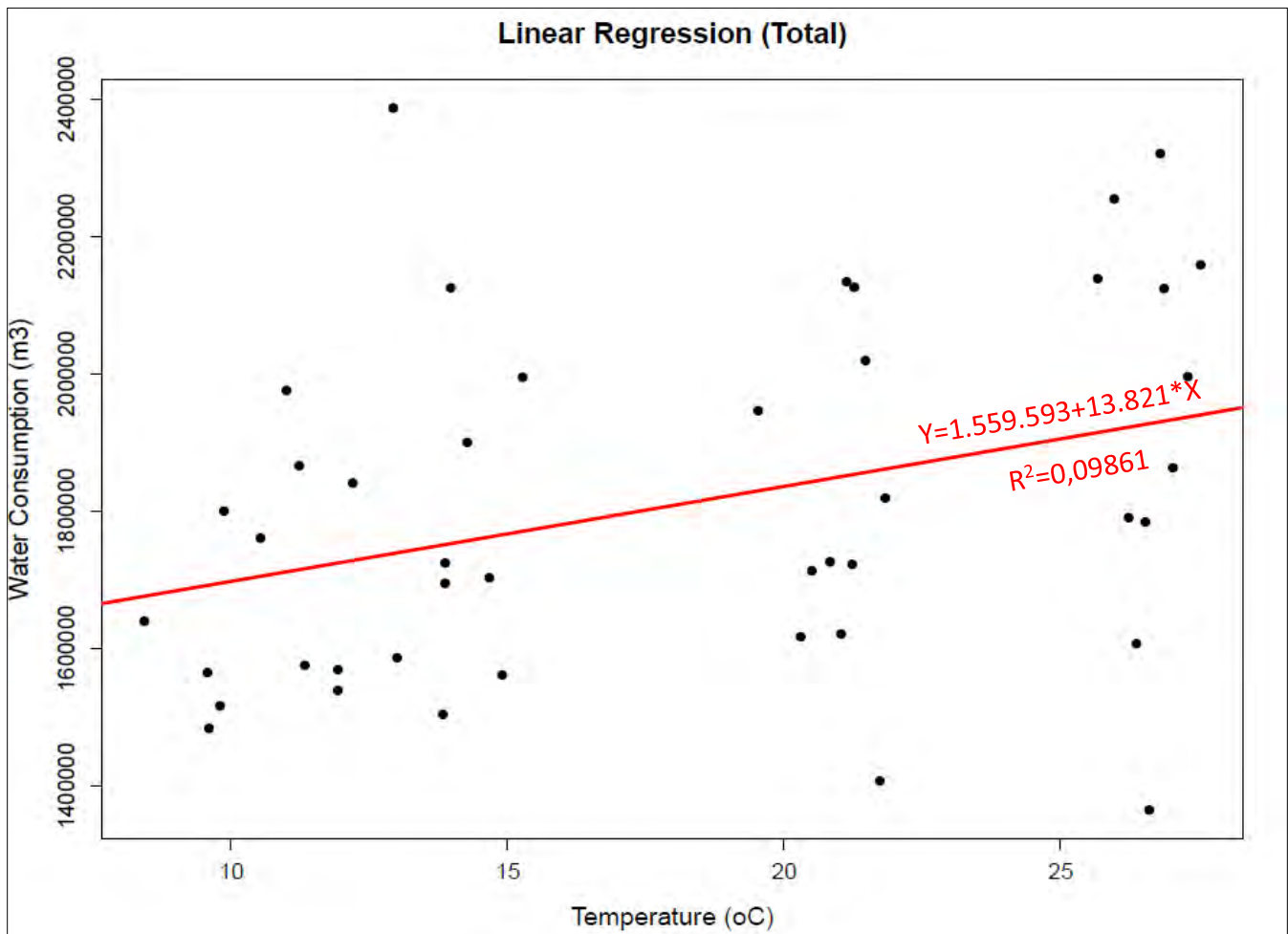
X₁, X₂, X_n = Ανεξάρτητες Μεταβλητές

β₀ = Σταθερός όρος

β₁, β₂ = Συντελεστές (κλίσεις)

n = πλήθος μεταβλητών

Γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή την τριμηνιαία κατανάλωση νερού και ανεξάρτητη μεταβλητή τη μέση τριμηνιαία θερμοκρασία.



Σχήμα 6.8: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και θερμοκρασίας.

Η τριμηνιαία κατανάλωση νερού εμφανίζει μία αυξητική τάση για μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας ωστόσο η συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι μικρή όπως προκύπτει από τον συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,09861$.

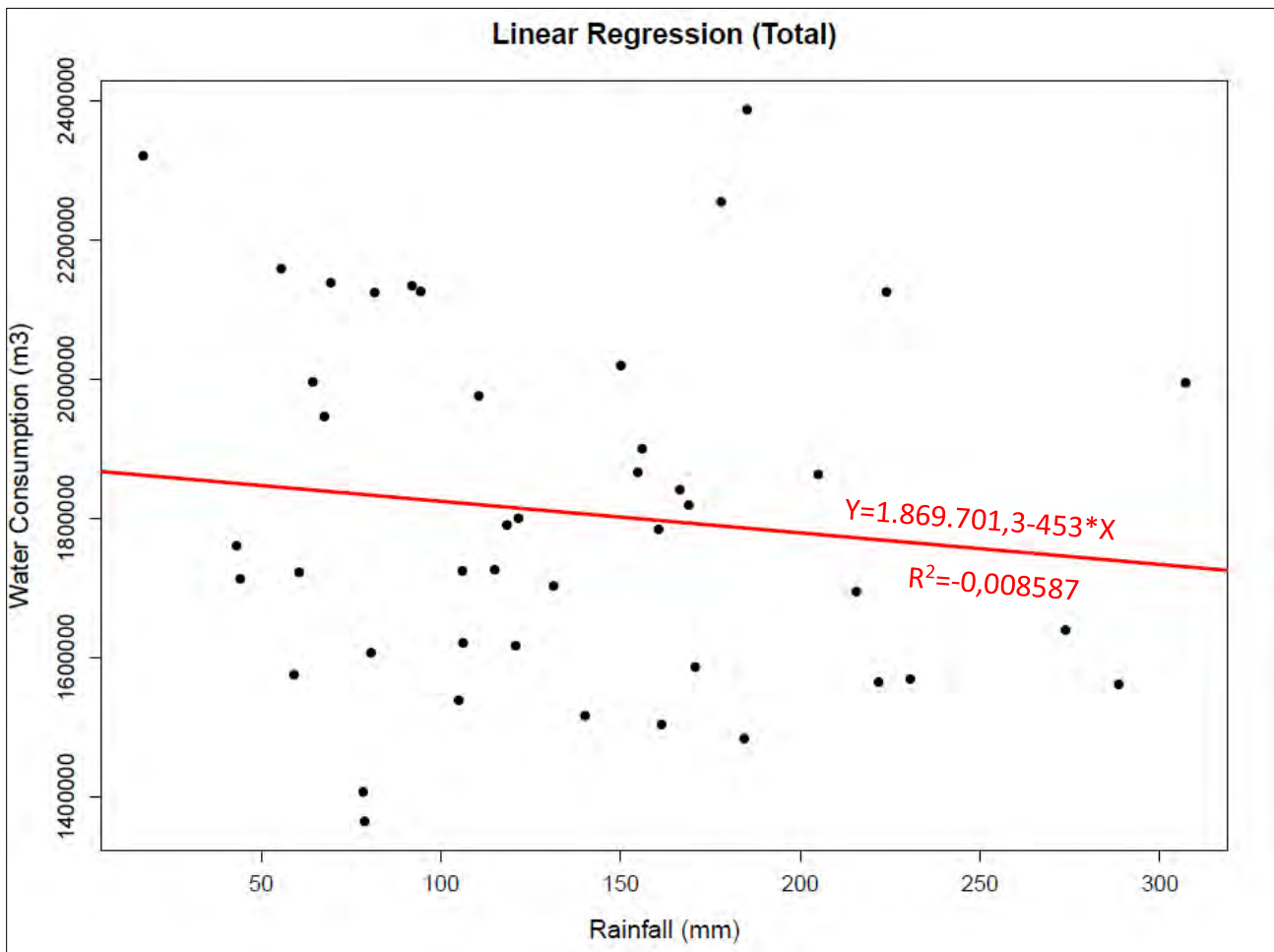
```
> summary(mod1)
Call:
lm(formula = waterConsumption ~ Temperature)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-562230 -153269  -49391  170452  648407

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1559593    110353   14.133  <2e-16 ***
Temperature   13821      5787     2.388   0.0215 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 242400 on 42 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1196,    Adjusted R-squared:  0.09861
F-statistic: 5.704 on 1 and 42 DF,  p-value: 0.0215
```

Γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή την τριμηνιαία κατανάλωση νερού και ανεξάρτητη μεταβλητή τη συνολική τριμηνιαία βροχόπτωση.



Σχήμα 6.9: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και βροχόπτωσης.

Η τριμηνιαία κατανάλωση νερού εμφανίζει φθίνουσα τάση για μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης ωστόσο η συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι μικρή όπως προκύπτει από τον συντελεστή συσχέτισης $R^2=-0,008587$.

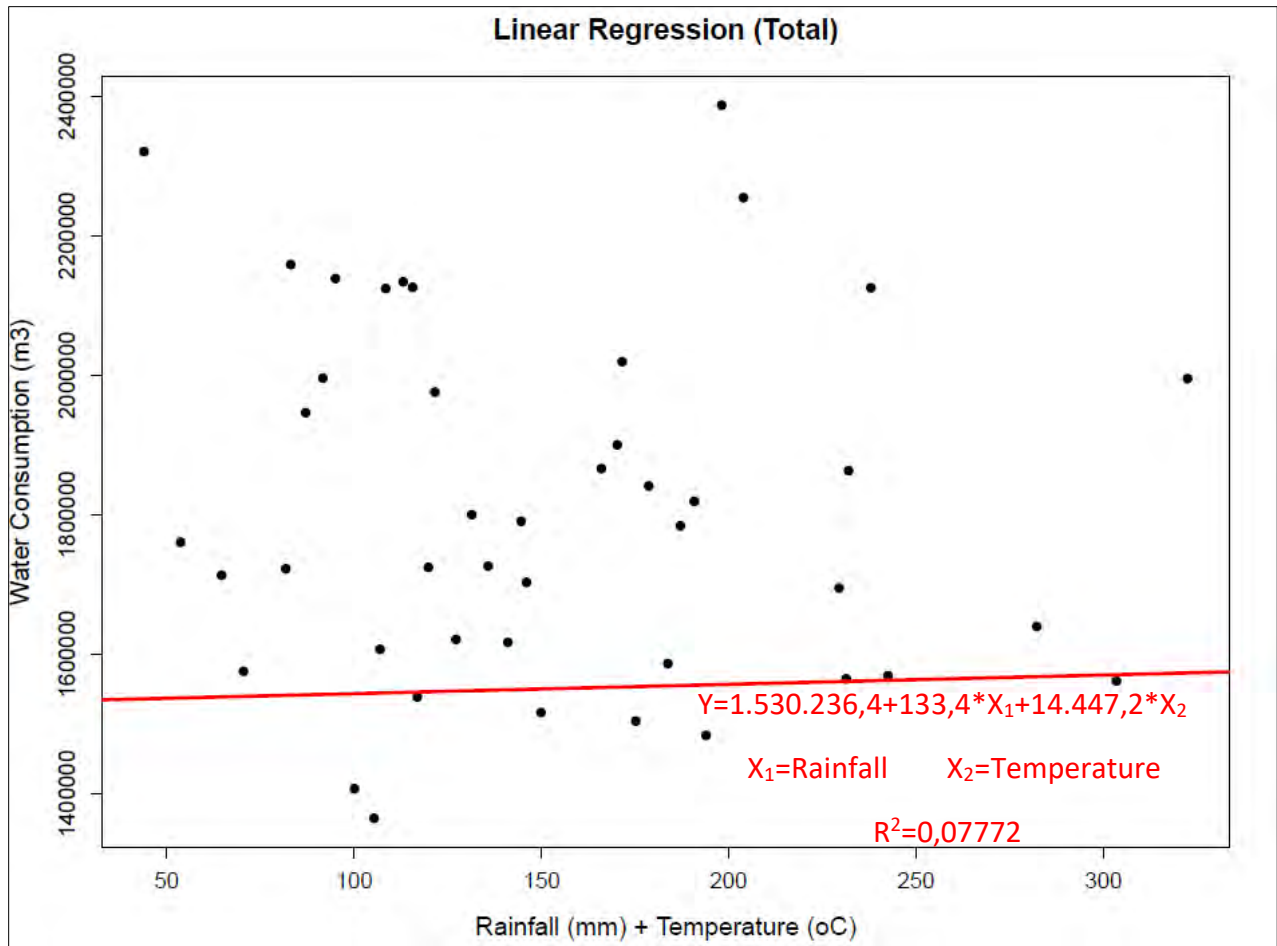
```
> summary(mod2)
Call:
lm(formula = waterConsumption ~ Rainfall)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-469015 -198496  -51385  171415  600890

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1869701.3    86278.2   21.671  <2e-16 ***
Rainfall     -453.0       568.9   -0.796    0.43
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 256400 on 42 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.01487,    Adjusted R-squared:  -0.008587
F-statistic: 0.6339 on 1 and 42 DF,  p-value: 0.4304
```

Γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή την τριμηνιαία κατανάλωση νερού και ανεξάρτητες μεταβλητές τη συνολική τριμηνιαία βροχόπτωση και τη μέση τριμηνιαία θερμοκρασία.



Σχήμα 6.10: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού, βροχόπτωσης και θερμοκρασίας.

Η τριμηνιαία κατανάλωση νερού εμφανίζει μία αύξουσα τάση για μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας ωστόσο η συσχέτιση μεταξύ των τριών μεταβλητών είναι μικρή όπως προκύπτει από τον συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,07772$.

```
> summary(mod3)
Call:
lm(formula = waterConsumption ~ Rainfall + Temperature)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-560049 -156662  -52951  167777  644963

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1530236.4   173725.0     8.808  5.3e-11 ***
Rainfall      133.4       604.7     0.221  0.827
Temperature  14447.2      6506.5     2.220  0.032 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 245100 on 41 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1206,    Adjusted R-squared:  0.07772
F-statistic: 2.812 on 2 and 41 DF,  p-value: 0.07173
```


Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού (εξαρτημένη μεταβλητή), της συνολικής τριμηνιαίας βροχόπτωσης (ανεξάρτητη μεταβλητή) και της μέσης τριμηνιαίας θερμοκρασίας (ανεξάρτητη μεταβλητή) δίνεται συνοπτικά στον πίνακα:

Adjusted R-squared (R^2)			
	Temperature (C°)	Rainfall (mm)	Temperature (C°) + Rainfall (mm)
Water Consumption (m ³)	0,09861	-0,008587	0,07772

Πίνακας 6.1: Συντελεστής συσχέτισης μεταβλητών

Η μεγαλύτερη συσχέτιση εμφανίζεται ανάμεσα στην τριμηνιαία κατανάλωση νερού και τη μέση τριμηνιαία θερμοκρασία.

6.3 Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης

Πρόγνωση τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού της πόλης του Βόλου για το έτος 2017 με τις μεθόδους: Average, Naïve, Seasonal naïve.

Αρχικά λαμβάνεται η χρονοσειρά της δεκαετίας 2007-2016 ως όρισμα και το τελευταίο έτος 2017 ως έτος πρόγνωσης. Οι τιμές κατανάλωσης νερού που θα προκύψουν από τις μεθόδους πρόγνωσης θα συγκριθούν με τις πραγματικές μετρήσεις κατανάλωσης για τα τέσσερα τρίμηνα του ωρολογιακού έτους 2017.

6.3.1 Τα μοντέλα πρόγνωσης Average, Naïve, Seasonal naïve

Average (mean) method

Η πρόβλεψη όλων των μελλοντικών τιμών είναι ίση με τη μέση τιμή των ιστορικών δεδομένων $\{y_1, \dots, y_T\}$.

$$y_{T+h|T} = \bar{y} = (y_1 + \dots + y_T) / T$$

Naïve method

Πρόβλεψη ίση με την τελευταία παρατηρούμενη τιμή.

$$y_{T+h|T} = y_T$$

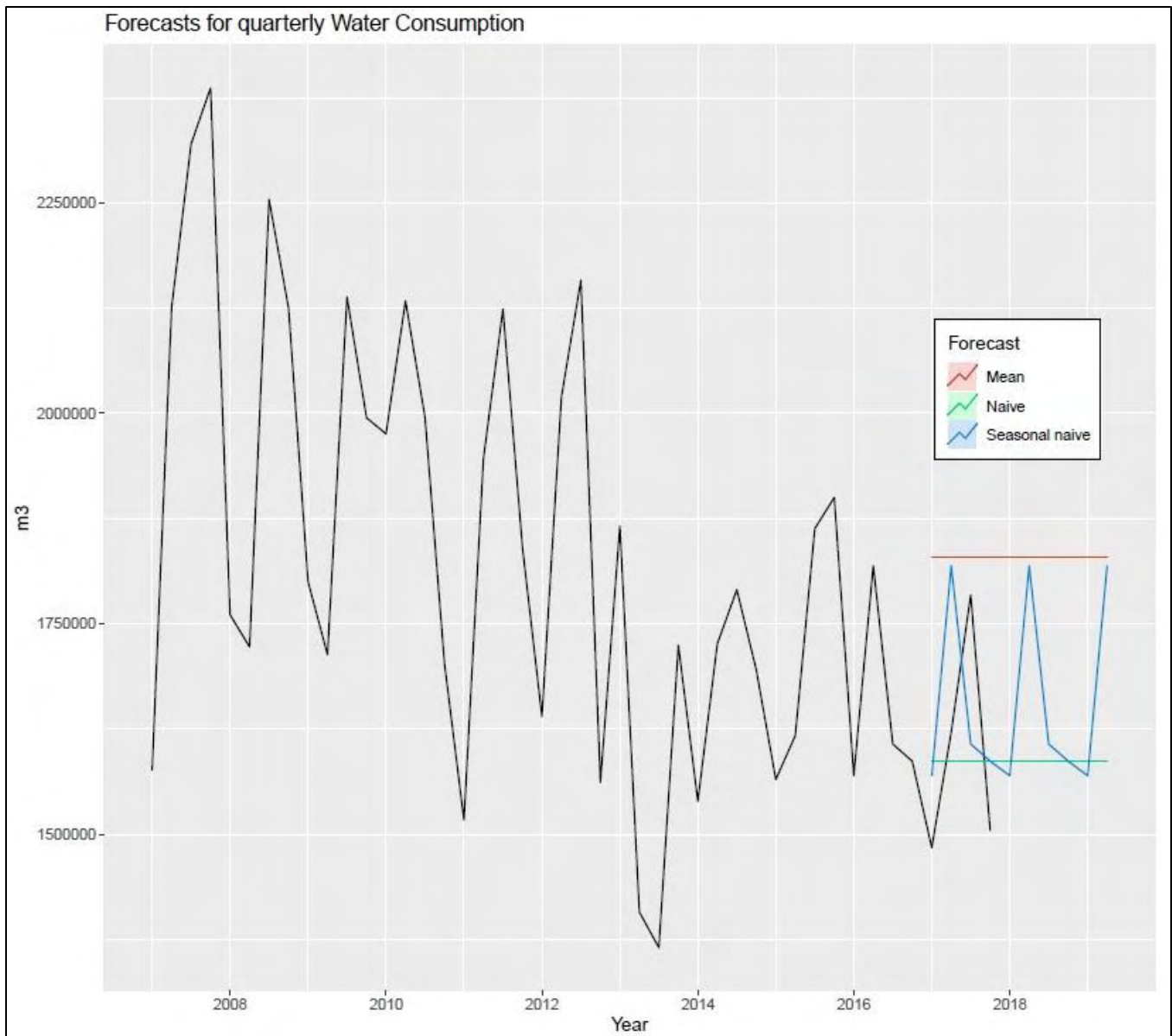
Seasonal naïve method

Πρόβλεψη ίση με την τελευταία τιμή από την ίδια εποχή.

$$y_{T+h|T} = y_{T+h-km}$$

m = εποχιακή περίοδος

$k = \{(h-1)/m\} + 1$



Σχήμα 6.11: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τις μεθόδους Average, Naïve, Seasonal naïve.

Τα αποτελέσματα των μεθόδων πρόγνωσης είναι τα ακόλουθα:

Average (mean) method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	1829282	1491733	2166831	1305550	2353014
2017 Q2	1829282	1491733	2166831	1305550	2353014
2017 Q3	1829282	1491733	2166831	1305550	2353014
2017 Q4	1829282	1491733	2166831	1305550	2353014
2018 Q1	1829282	1491733	2166831	1305550	2353014
2018 Q2	1829282	1491733	2166831	1305550	2353014
2018 Q3	1829282	1491733	2166831	1305550	2353014
2018 Q4	1829282	1491733	2166831	1305550	2353014
2019 Q1	1829282	1491733	2166831	1305550	2353014
2019 Q2	1829282	1491733	2166831	1305550	2353014

Naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	1586620	1220183.1	1953057	1026203.095	2147037
2017 Q2	1586620	1068399.9	2104840	794070.813	2379169
2017 Q3	1586620	951932.6	2221307	615949.447	2557291
2017 Q4	1586620	853746.2	2319494	465786.190	2707454
2018 Q1	1586620	767242.1	2405998	333489.705	2839750
2018 Q2	1586620	689036.5	2484203	213884.540	2959355
2018 Q3	1586620	617119.0	2556121	103896.239	3069344
2018 Q4	1586620	550179.9	2623060	1521.625	3171718
2019 Q1	1586620	487309.2	2685931	-94630.715	3267871
2019 Q2	1586620	427844.7	2745395	-185573.859	3358814

Seasonal naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	1569322	1216233.6	1922410	1029319.8	2109324
2017 Q2	1818959	1465870.6	2172047	1278956.8	2358961
2017 Q3	1606997	1253908.6	1960085	1066994.8	2146999
2017 Q4	1586620	1233531.6	1939708	1046617.8	2126622
2018 Q1	1569322	1069979.5	2068664	805643.6	2333000
2018 Q2	1818959	1319616.5	2318301	1055280.6	2582637
2018 Q3	1606997	1107654.5	2106339	843318.6	2370675
2018 Q4	1586620	1087277.5	2085962	822941.6	2350298
2019 Q1	1569322	957754.9	2180889	634010.8	2504633
2019 Q2	1818959	1207391.9	2430526	883647.8	2754270

Όπως φαίνεται η καλύτερη προσέγγιση εκ των τριών είναι αυτή της μεθόδου Seasonal naïve διότι έχει εποχικότητα στα δεδομένα πρόγνωσης.

6.3.2 Το μοντέλο πρόγνωσης Regression

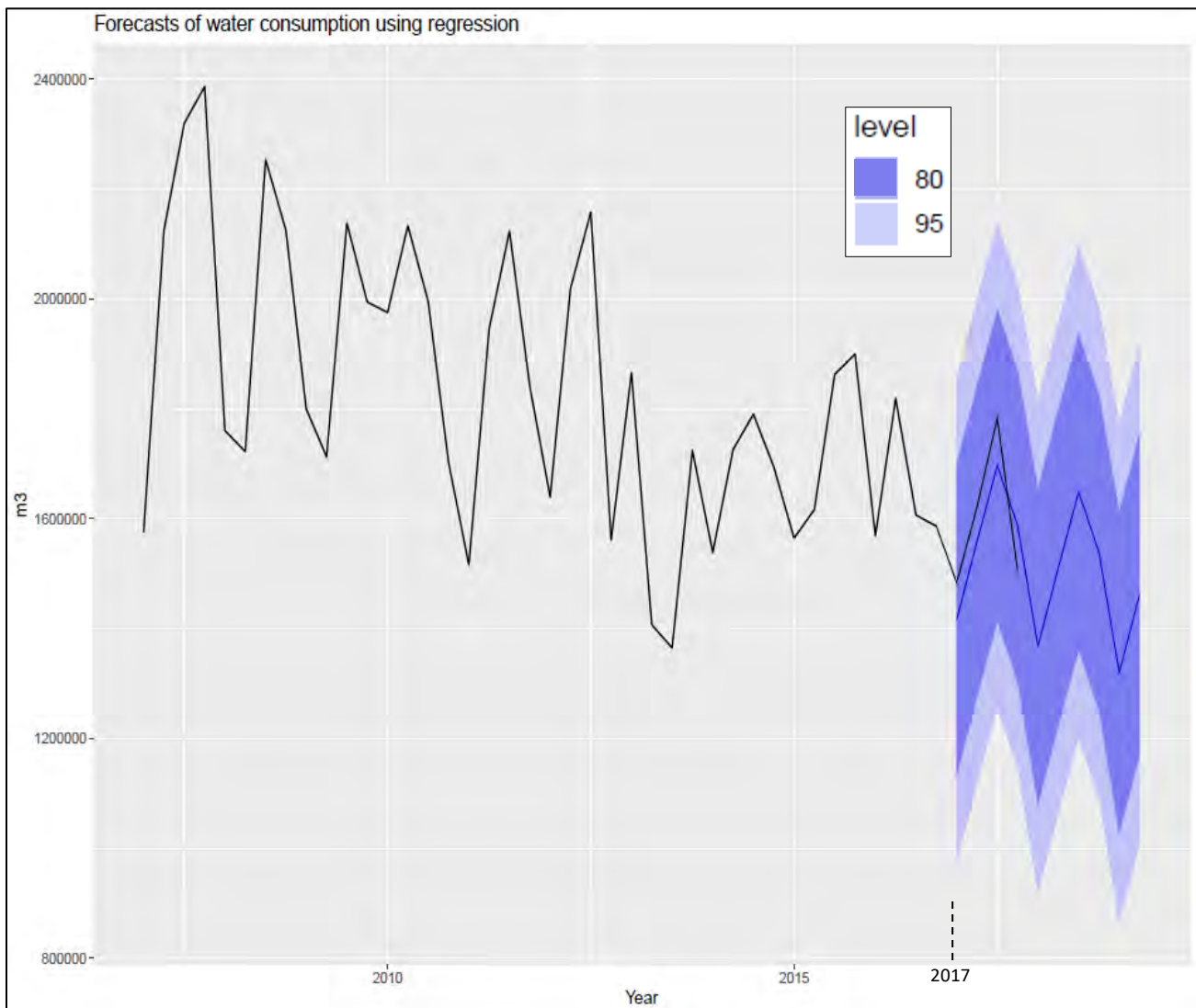
Η εξίσωση παλινδρόμησης: $y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1,t} + \beta_2 x_{2,t} + \dots + \beta_k x_{k,t}$

όπου:

$x_{j,t}$ μεταβλητές πρόγνωσης, συνήθως θεωρείται ότι είναι γνωστές για όλες τις περιόδους του παρελθόντος και του μέλλοντος.

Οι συντελεστές β_0, \dots, β_k μετρούν την επίδραση κάθε πρόγνωσης αφού λάβουν υπόψη την επίδραση όλων των άλλων προγνώσεων στο μοντέλο.

Το σφάλμα αγνοείται στην εξίσωση παλινδρόμησης.



Σχήμα 6.12: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο παλινδρόμησης.

Τα αποτελέσματα της πρόγνωσης κατανάλωσης με τη μέθοδο παλινδρόμησης είναι τα ακόλουθα:

Regression method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	1416368	1132482	1700253	975154.6	1857581
2017 Q2	1558641	1274755	1842526	1117427.5	1999854
2017 Q3	1697263	1413378	1981149	1256050.2	2138477
2017 Q4	1587458	1303573	1871344	1146244.9	2028671
2018 Q1	1368304	1080120	1656489	920409.8	1816199
2018 Q2	1510577	1222393	1798761	1062682.7	1958472
2018 Q3	1649200	1361016	1937384	1201305.4	2097094
2018 Q4	1539395	1251210	1827579	1091500.1	1987289
2019 Q1	1320241	1027121	1613361	864675.4	1775806
2019 Q2	1462514	1169394	1755634	1006948.3	1918079

6.3.3 Το μοντέλο πρόγνωσης Decomposition

Μέθοδος αποσύνθεσης: $Y_t = f(S_t, T_t, E_t)$

S_t = εποχική συνιστώσα κατά την περίοδο t

T_t = συνιστώσα της τάσης στην περίοδο t

E_t = υπόλοιπο (ή σφάλμα) στην περίοδο t

Πρόσθετη αποσύνθεση: $Y_t = S_t + T_t + E_t$

Πολλαπλασιαστική αποσύνθεση: $Y_t = S_t \times T_t \times E_t \iff \log Y_t = \log S_t + \log T_t + \log E_t$

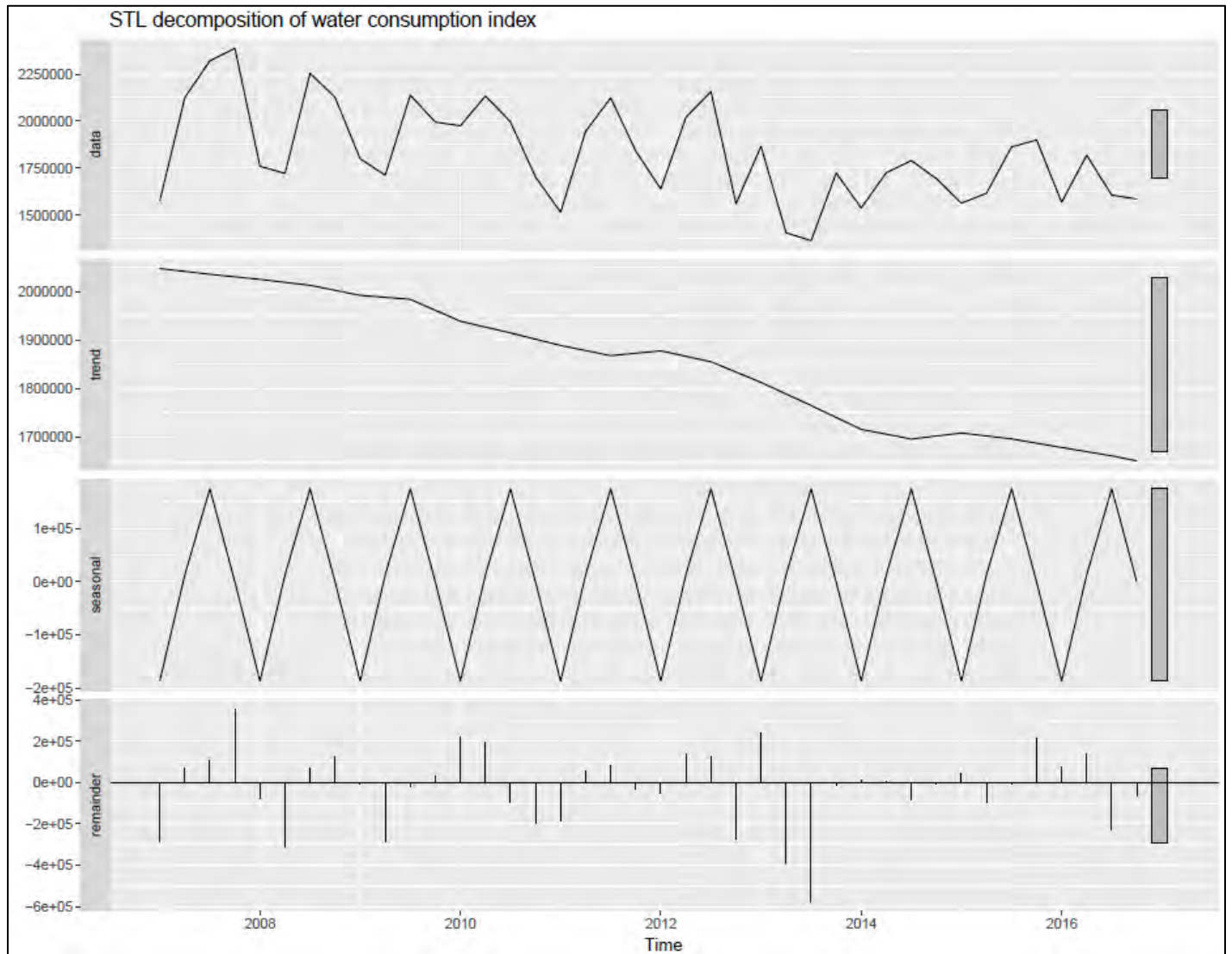
Η STL (Seasonal and Trend decomposition using Loess) είναι μια ευέλικτη και στιβαρή μέθοδος για την αποσύνθεση των χρονοσειρών.

Η μέθοδος χειρίζεται κάθε είδους εποχικότητα, όχι μόνο μηνιαία και τριμηνιαία δεδομένα.

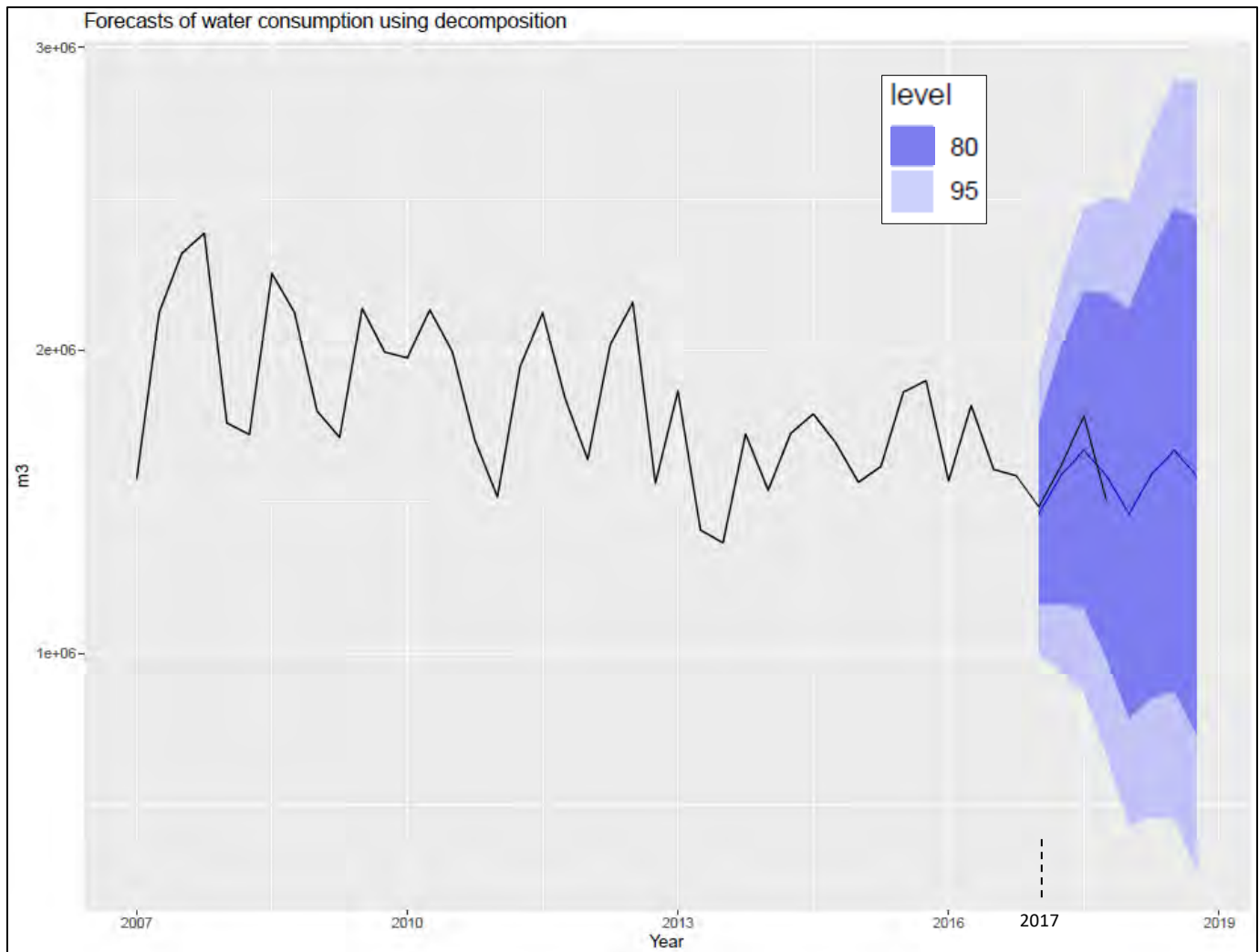
Το εποχικό στοιχείο μπορεί να αλλάζει με την πάροδο του χρόνου και ο ρυθμός αλλαγής να ελεγχθεί από τον χρήστη.

Η ομαλότητα του κύκλου τάσεων μπορεί επίσης να ελέγχεται από τον χρήστη.

Μπορεί να είναι ανθεκτική στις αποκλίσεις (δηλ. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει μια ισχυρή αποσύνθεση), έτσι ώστε οι περιστασιακές ασυνήθιστες παρατηρήσεις να μην επηρεάζουν τις εκτιμήσεις του κύκλου τάσεων και των εποχιακών συνιστωσών.



Σχήμα 6.13: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων.



Σχήμα 6.14: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης με τη μέθοδο αποσύνθεσης.

Τα αποτελέσματα της πρόγνωσης κατανάλωσης με τη μέθοδο αποσύνθεσης δίνονται παρακάτω:

Decomposition method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	1460950	1159417.0	1762484	999794.9	1922106
2017 Q2	1590702	1164269.1	2017134	938529.3	2242874
2017 Q3	1670469	1148197.7	2192740	871724.1	2469213
2017 Q4	1586620	983553.3	2189687	664309.1	2508931
2018 Q1	1460950	786701.3	2135199	429775.4	2492125
2018 Q2	1590702	852098.8	2329304	461106.1	2720297
2018 Q3	1670469	872686.6	2468251	450366.2	2890571
2018 Q4	1586620	733755.0	2439485	282275.5	2890965

6.3.4 Το μοντέλο πρόγνωσης ETS

Exponential **S**moothering / **E**rror, **T**rend, **S**easonal

Κάθε μοντέλο έχει εξισώσεις παρατήρησης και εξισώσεις μετάβασης, μία για κάθε κατάσταση (επίπεδο, τάση, εποχική), δηλ. Μοντέλα διαστήματος κατάστασης.

Δύο μοντέλα για κάθε μέθοδο: ένα με πρόσθετο και ένα με πολλαπλασιαστικά σφάλματα, δηλαδή συνολικά 30 μοντέλα.

Όλα τα μοντέλα ETS μπορούν να γραφτούν σε φόρμα κρατικών διαστάσεων καινοτομιών.

Οι πρόσθετες και πολλαπλασιαστικές εκδόσεις δίνουν τις ίδιες προβλέψεις σημείου αλλά διαφορετικά διαστήματα προβλέψεων.

ETS (M,A,M): Πολλαπλασιαστική μέθοδος Holt-Winters με πολλαπλασιαστικά σφάλματα.

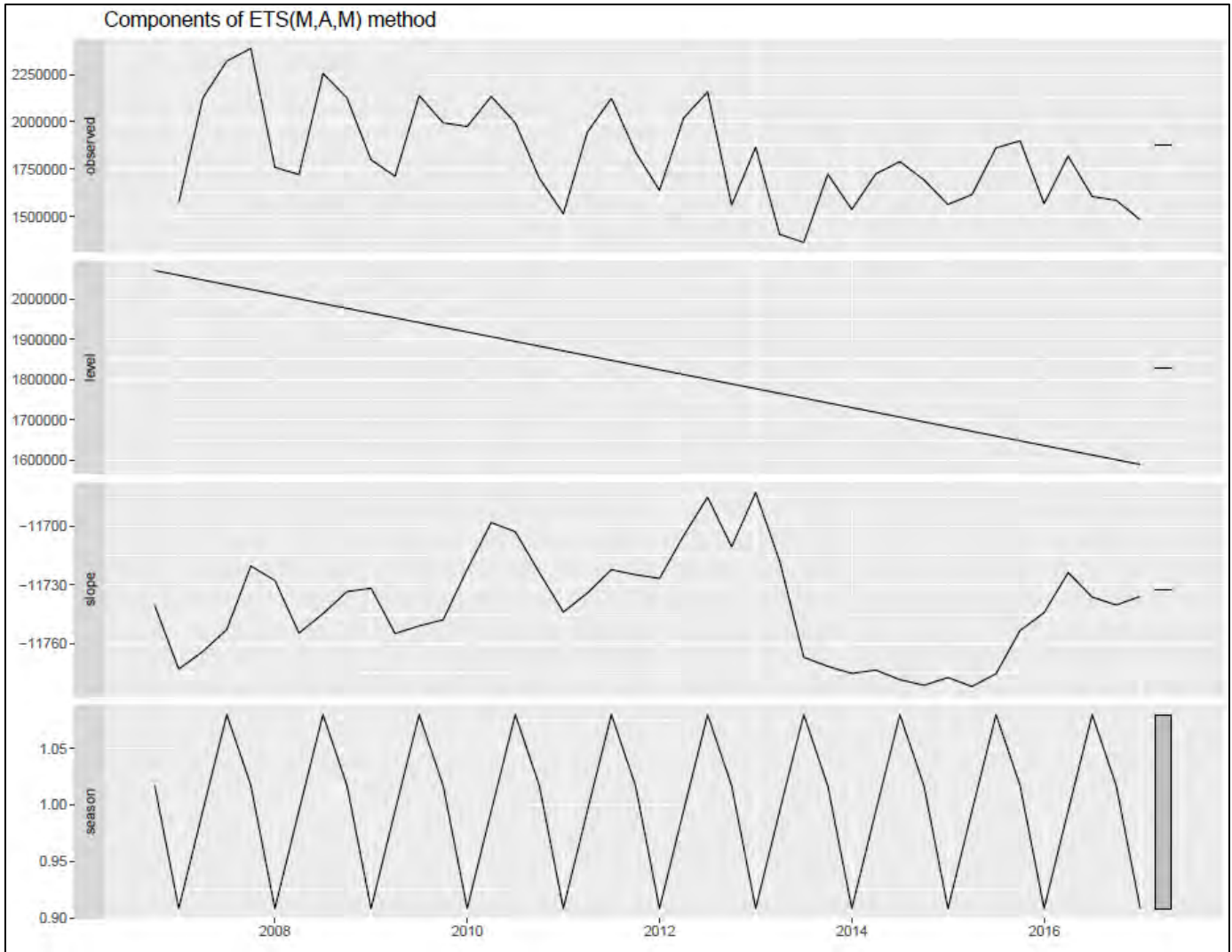
$$y_t = (\lambda_{t-1} + b_{t-1})s_{t-m}(1 + \varepsilon_t)$$

$$\lambda_t = (\lambda_{t-1} + b_{t-1})(1 + \alpha\varepsilon_t)$$

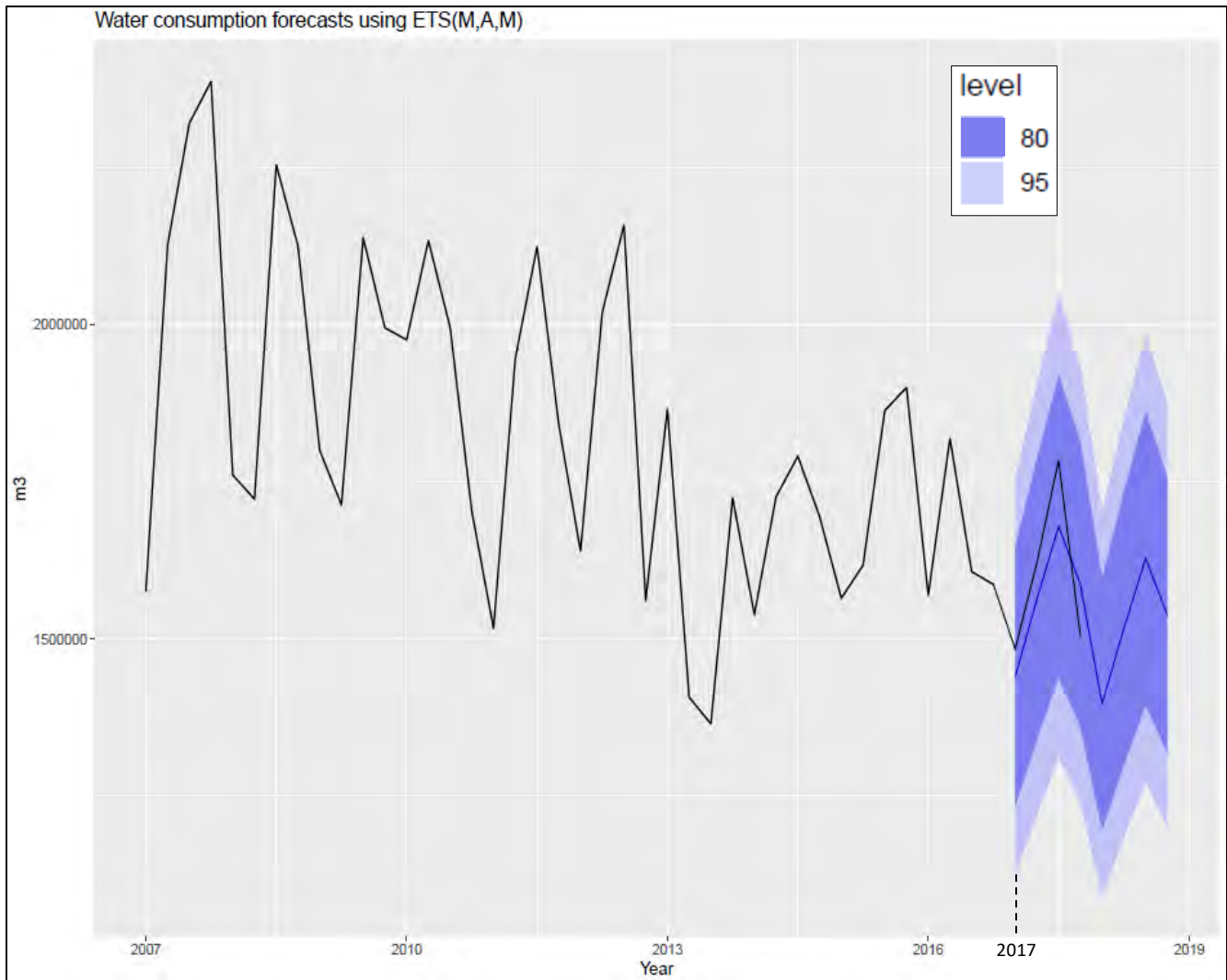
$$b_t = b_{t-1} + \beta(\lambda_{t-1} + b_{t-1})\varepsilon_t$$

$$s_t = s_{t-m}(1 + \gamma\varepsilon_t).$$

όπου α , β , γ , παράμετροι προς εκτίμηση.



Σχήμα 6.15: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων.



Σχήμα 6.16: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης με τη μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης.

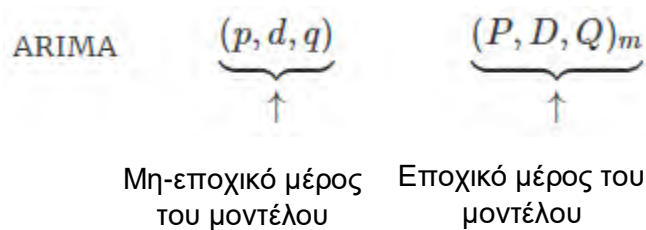
Τα αποτελέσματα της πρόγνωσης κατανάλωσης με τη μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης είναι:

Forecasts:		ETS method			
	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	1439843	1233930	1645755	1124926	1754759
2017 Q2	1563042	1339510	1786574	1221180	1904904
2017 Q3	1678963	1438853	1919072	1311747	2046178
2017 Q4	1586982	1360027	1813938	1239884	1934080
2018 Q1	1396906	1197133	1596678	1091380	1702431
2018 Q2	1516081	1299265	1732897	1184490	1847673
2018 Q3	1628137	1395296	1860978	1272038	1984237
2018 Q4	1538575	1318542	1758608	1202064	1875086

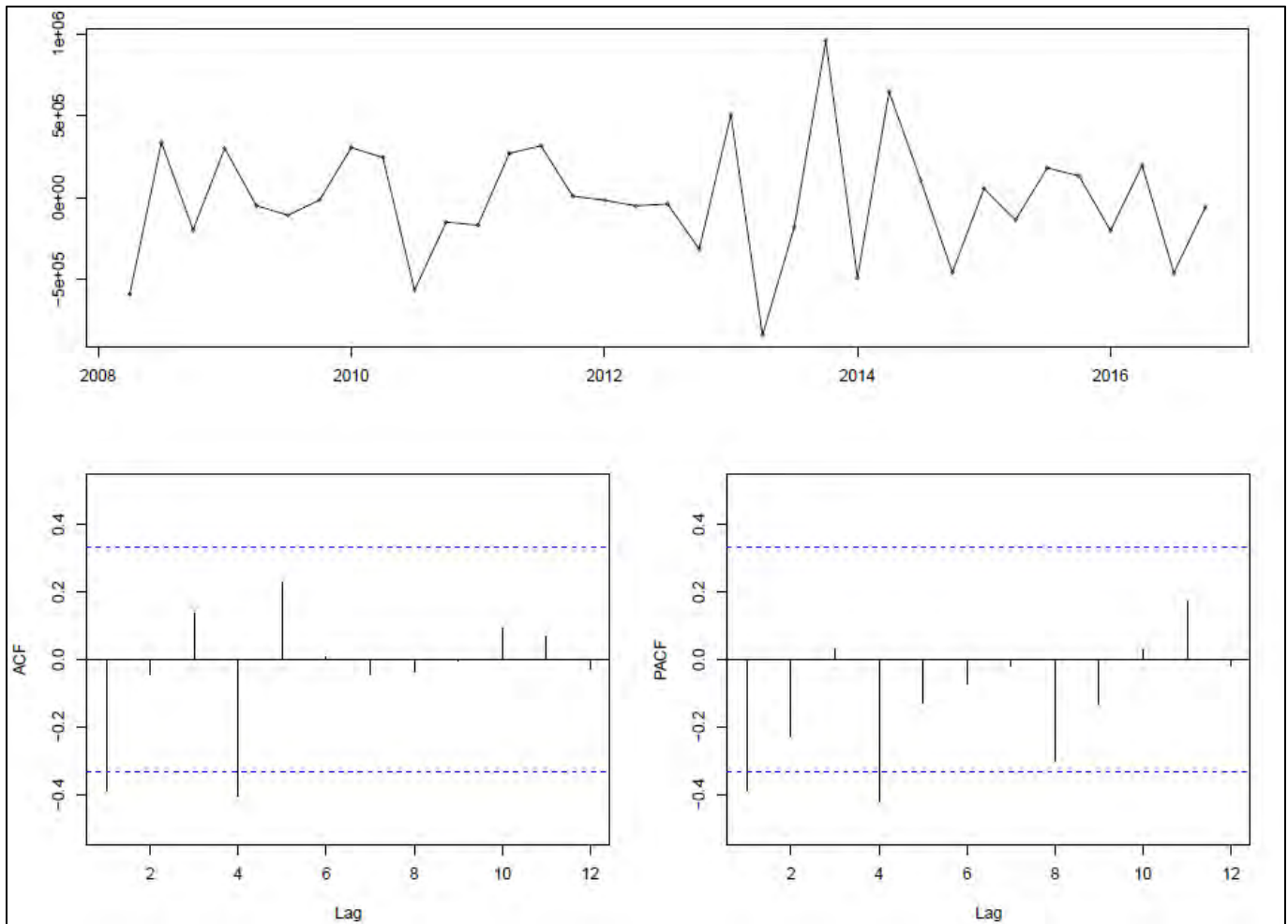
6.3.5 Το μοντέλο πρόγνωσης ARIMA

Τα μοντέλα ARIMA παρέχουν μια ακόμα προσέγγιση για την πρόβλεψη χρονολογικών σειρών. Τα μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης (ETS) και ARIMA είναι τα δύο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα για την πρόβλεψη χρονολογικών σειρών και παρέχουν συμπληρωματικές προσεγγίσεις στο πρόβλημα. Ενώ τα εκθετικά μοντέλα εξομάλυνσης (ETS) βασίζονται σε μια περιγραφή της τάσης και της εποχικότητας στα δεδομένα, τα μοντέλα ARIMA αποσκοπούν στην περιγραφή των αυτοσυσχετίσεων στα δεδομένα.

Seasonal ARIMA models (εποχιακό μοντέλο ARIMA):



όπου m = σύνολο παρατηρήσεων ανά έτος.

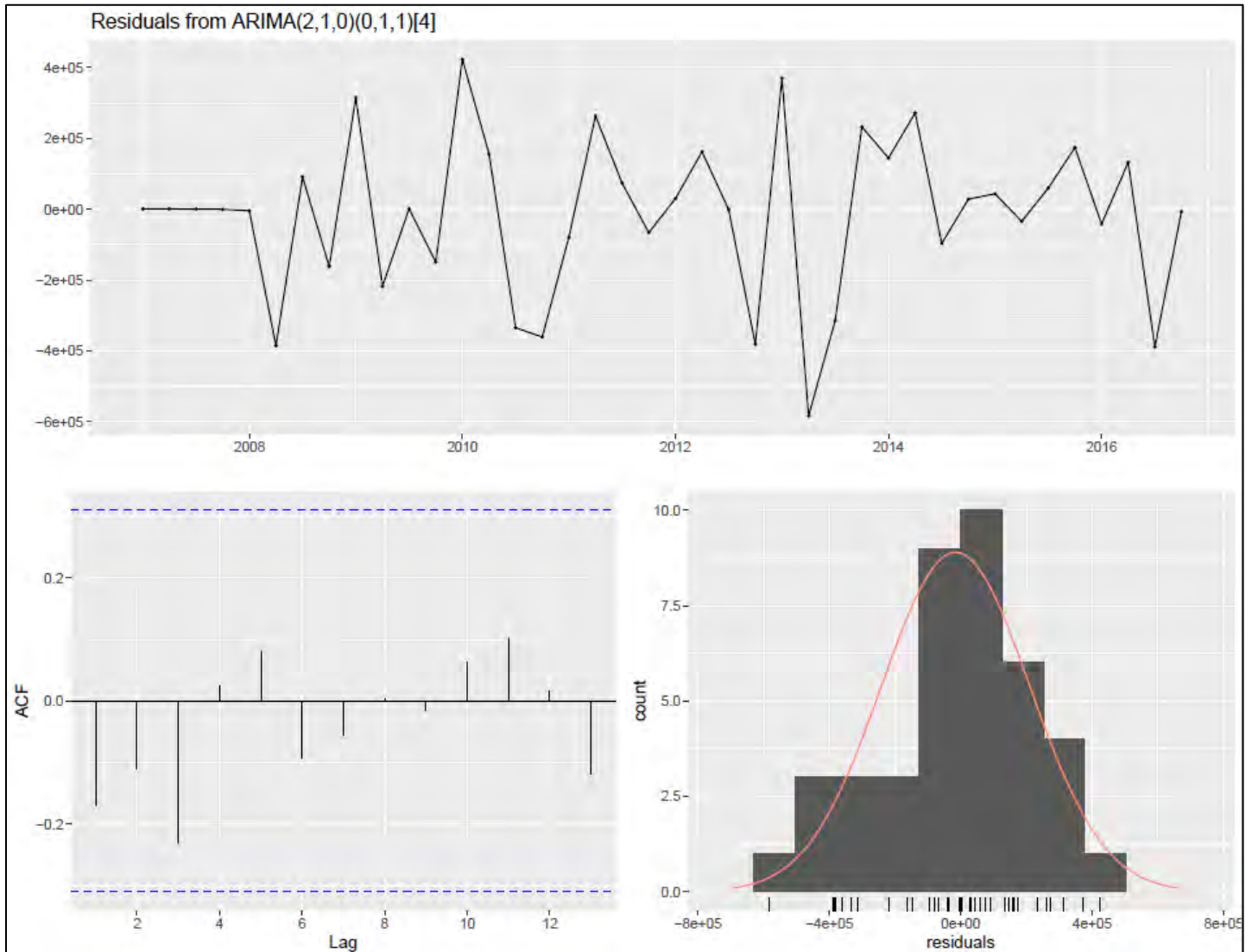


Σχήμα 6.17: Διαγράμματα αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης.

Τόσο το διάγραμμα ACF όσο και το PACF παρουσιάζουν σημαντικές αιχμές στα Lag 1 και Lag 4 οι οποίες υποδηλώνουν ένα μη εποχικό και ένα εποχικό στοιχείο αντίστοιχα.

Στη χρονοσειρά κατανάλωσης εφαρμόζεται η συνάρτηση `auto.arima ()` η οποία δίνει ως αποτέλεσμα το καταλληλότερο μοντέλο ARIMA, δηλαδή το μοντέλο με το μικρότερο σφάλμα.

Η μορφή που προκύπτει είναι η $ARIMA(2,1,0)(0,1,1)_4$.



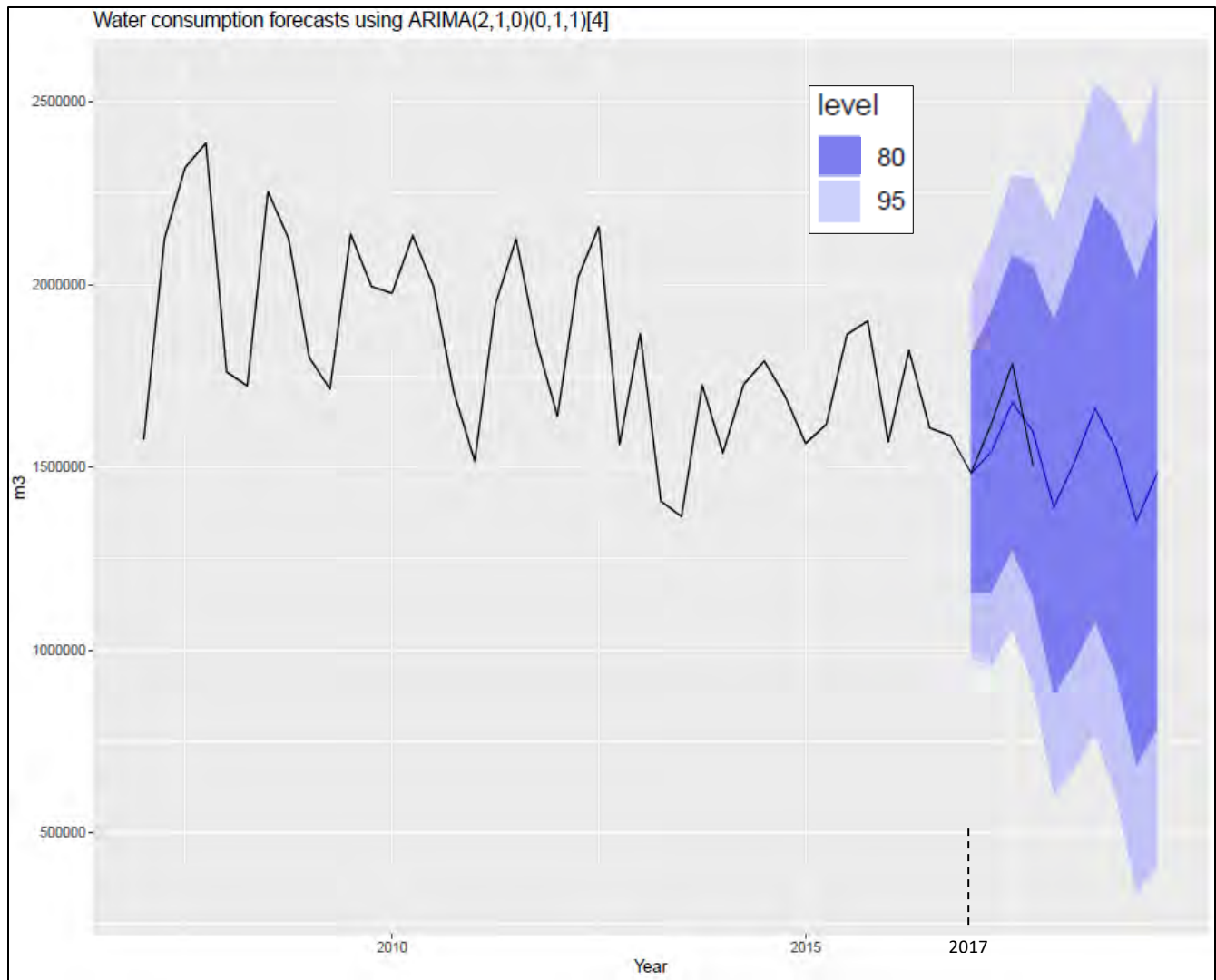
Σχήμα 6.18: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης και υπολειμμάτων μοντέλου ARIMA(2,1,0)(0,1,1)₄.

```
> summary(arimafit)
Series: waterconsfcast
ARIMA(2,1,0)(0,1,1)[4]

Coefficients:
      ar1      ar2      sma1
    -0.3906  -0.3660  -0.9388
s.e.    0.1661   0.1703   0.6202

sigma^2 estimated as 6.236e+10:  log likelihood=-486.79
AIC=981.58  AICc=982.91  BIC=987.8

Training set error measures:
              ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE      MASE      ACF1
Training set -15640.59 223360.8 164475.6 -1.516456 9.514238 0.7641691 -0.1702041
```



Σχήμα 6.19: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης με το μοντέλο $ARIMA(2,1,0)(0,1,1)_4$.

Τα αποτελέσματα της πρόγνωσης είναι:

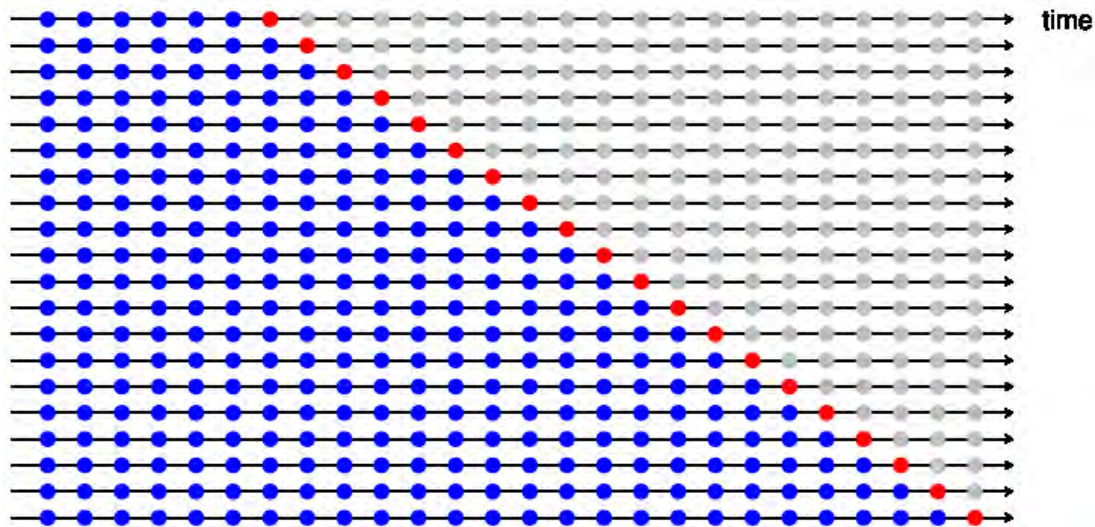
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	1482854	1154330.8	1811377	980421.1	1985287
2017 Q2	1543989	1159462.3	1928515	955906.4	2132071
2017 Q3	1677602	1272054.8	2083149	1057371.0	2297833
2017 Q4	1596870	1143005.9	2050734	902744.8	2290995
2018 Q1	1390183	877929.3	1902438	606758.4	2173609
2018 Q2	1513607	965537.2	2061678	675406.3	2351809
2018 Q3	1660565	1077922.0	2243209	769489.2	2551642
2018 Q4	1551821	931988.1	2171654	603868.2	2499774
2019 Q1	1351191	685299.4	2017082	332797.8	2369584
2019 Q2	1482503	780501.2	2184505	408883.9	2556122

6.3.6 Η μέθοδος Cross Validation για χρονοσειρές

Σε αυτήν τη διαδικασία, υπάρχει μια σειρά από σετ δοκιμών, καθένα από τα οποία αποτελείται από μία μόνο παρατήρηση. Το αντίστοιχο σετ δεδομένων αποτελείται μόνο από παρατηρήσεις που έγιναν πριν από την παρατήρηση που σχηματίζει το σύνολο δοκιμών. Έτσι, καμία μελλοντική παρατήρηση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή της πρόβλεψης. Δεδομένου ότι δεν είναι δυνατή η απόκτηση αξιόπιστης πρόβλεψης βάσει ενός μικρού σετ δεδομένων, οι πρώτες παρατηρήσεις δεν θεωρούνται ως δοκιμαστικά σύνολα.

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη σειρά των σετ δεδομένων και δοκιμών, όπου οι μπλε παρατηρήσεις σχηματίζουν τα σετ δεδομένων και οι κόκκινες παρατηρήσεις από τα σετ δοκιμών.



Η ακρίβεια της πρόβλεψης υπολογίζεται με μέσο όρο στα σύνολα δοκιμών. Αυτή η διαδικασία είναι μερικές φορές γνωστή ως «αξιολόγηση της κυλιόμενης προέλευσης πρόβλεψης» επειδή η «προέλευση» στην οποία βασίζεται η πρόβλεψη προχωρά μπροστά.

Η παραπάνω διαδικασία εφαρμόζεται για τέσσερα μοντέλα πρόγνωσης τα οποία είναι:

μοντέλο Seasonal Naïve

μοντέλο παλινδρόμησης (Regression)

αποσύνθεσης (Decomposition)

εκθετικής εξομάλυνσης (ETS)

μοντέλο ARIMA

Το αποτέλεσμα της συνάρτησης Cross Validation είναι ένα σύνολο σφαλμάτων που προκύπτουν για κάθε χρονική μετατόπιση κατά τη διαδικασία πρόγνωσης του κάθε μοντέλου.

7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ

7.1 Εύρεση σφαλμάτων μέσω σύγκρισης των τιμών πρόγνωσης και των πραγματικών δεδομένων

Τα αποτελέσματα των μοντέλων πρόγνωσης συγκρίνονται με τα πραγματικά δεδομένα με τον όρο Root Mean Square Error (RMSE) και έτσι προκύπτει το σφάλμα πρόγνωσης του κάθε μοντέλου.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

Όπου: $\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_n$, οι τιμές πρόγνωσης
 y_1, y_2, \dots, y_n , οι παρατηρούμενες τιμές

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα σφάλματα των καταλληλότερων μεθόδων πρόγνωσης όπως αυτά υπολογίστηκαν:

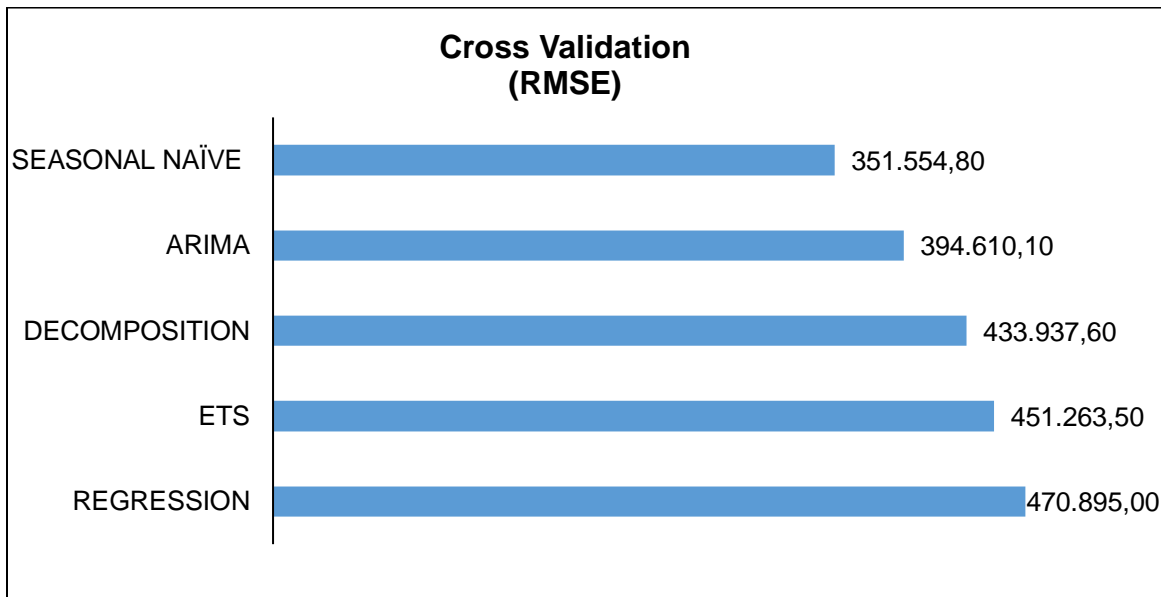
Root Mean Square Error (RMSE)				
Regression	Seasonal Naïve	<i>Decomposition</i>	ETS	ARIMA
75.722,11	145.381,26	72.712,00	76.185,73	80.438,75

Πίνακας 7.1: Σφάλματα μεθόδων πρόγνωσης

Όπως προκύπτει από τον πίνακα σφαλμάτων, το μοντέλο **Decomposition** είναι αυτό με το μικρότερο σφάλμα πρόγνωσης άρα είναι και το καταλληλότερο μοντέλο πρόγνωσης για τη συγκεκριμένη χρονοσειρά ύδρευσης.

7.2 Εύρεση σφαλμάτων μέσω της μεθόδου Cross Validation

Τα σφάλματα της μεθόδου Cross Validation συνοψίζονται με τον όρο RMSE ο οποίος εξάγεται για κάθε μοντέλο.

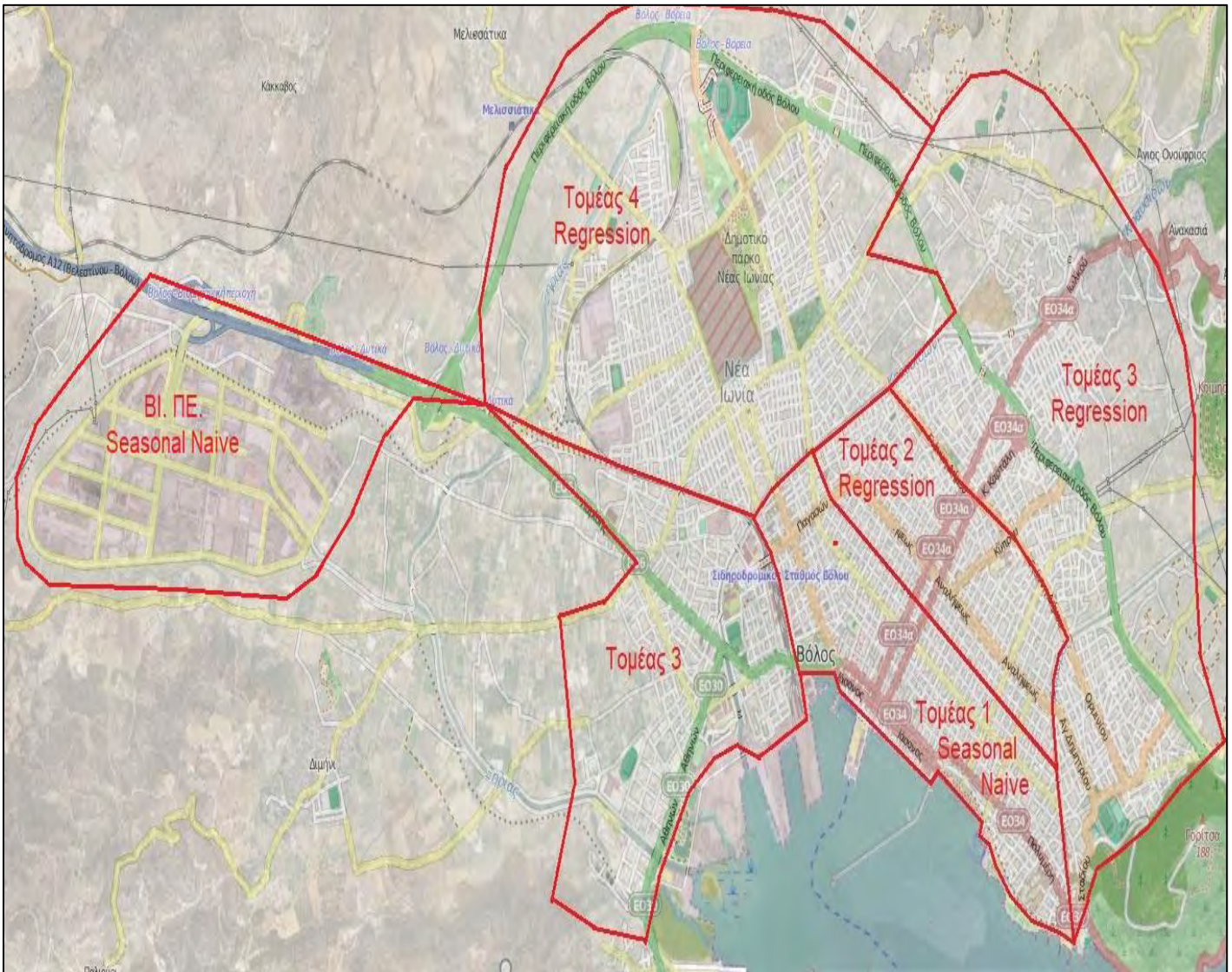


Σχήμα 7.20: Διάγραμμα σφαλμάτων μεθόδου cross validation.

Το μοντέλο πρόγνωσης με το μικρότερο σφάλμα είναι το Seasonal Naïve .

Η εφαρμογή των μοντέλων πρόγνωσης για τους επιμέρους τομείς ύδρευσης της πόλης του Βόλου και τα αποτελέσματα αυτών, παρατίθενται στο παράρτημα Α.

8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ



Σχήμα 8.1: Κάτοψη της πόλης του Βόλου με τους επιμέρους τομείς ύδρευσης και το μοντέλο πρόγνωσης ύδρευσης κάθε τομέα.

ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2017				
ΤΟΜΕΙΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗ (m3)	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ (m3)	ΣΦΑΛΜΑ %
1	Seasonal Naïve	1.554.374,0	1.565.592,0	0,7
2	Regression	1.077.404,6	1.059.532,0	1,7
3	Regression	2.082.674,9	2.069.454,0	0,6
4	Regression	1.688.951,4	1.698.712,0	0,6
ΒΙ. ΠΕ.	Seasonal Naïve	642.669,0	618.180,0	4,0
ΣΥΝΟΛΟ ΠΟΛΗΣ	Decomposition	6.308.741,0	6.393.290,0	1,3

Πίνακας 8.1: Σύνοψη μοντέλων πρόγνωσης κάθε τομέα αποτελεσμάτων και σφαλμάτων αυτών.

- Στη διαδικασία ανάλυσης της σχέσης της κατανάλωσης ύδρευσης με τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση, ο συντελεστής συσχέτισης R^2 που προκύπτει είναι αρκετά μικρός. Οι μεταβλητές της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας έχουν γραμμική σχέση με τη μέση τάση της αστικής κατανάλωσης νερού και την πρόβλεψη τριμήνων της μέσης τάσης κατανάλωσης αιχμής, αλλά όχι με τη μεταβολή της. Για τον προσδιορισμό της μεταβολής των ακραίων τιμών της αστικής κατανάλωσης νερού απαιτείται η ένταξη μεταβλητών όπως η μεταβολή πληθυσμού, οι τουριστικές εισροές, οι εργασιακές αργίες, οι οποίες δεν αποτελούν αντικείμενο έρευνας της παρούσης διατριβής
- Ο χρονικός ορίζοντας πρόβλεψης με τη συγκεκριμένη μορφή δεδομένων δεν μπορεί να είναι πολύ μεγάλος, παρά μόνο εντός ενός χρονικού πλαισίου τριετίας. Για να διευρευνηθεί το εύρος πρόγνωσης τα δεδομένα πρέπει να είναι ακριβέστερα και πιο λεπτομερή.
- Επίσης νέα δεδομένα για καλύτερη και ακριβέστερη πρόβλεψη κατανάλωσης, μπορούν να προκύψουν με την εγκατάσταση συσκευών παρακολούθησης της κατανάλωσης του νερού στα υδρόμετρα, αλλά και η μείωση του χρονικού διαστήματος ανάμεσα στις μετρήσεις ώστε να είναι δυνατή η διερεύνηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών σε πραγματικό χρόνο και η εξαγωγή συμπερασμάτων και αναλυτικών δεδομένων για την περαιτέρω αξιοποίηση.

- Προτάσεις χρήσης του μοντέλου για τη βραχυχρόνια πρόβλεψη της αστικής κατανάλωσης νερού με σκοπό την καλύτερη διαχείριση των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού είναι:
 - Πρόβλεψη της μέσης τάσης της αστικής κατανάλωσης για τα επόμενα 3 έτη ανά τομέα αστικού δικτύου
 - Πρόβλεψη με βάση τα τελικά αποτελέσματα των τελικών μοντέλων για κάθε τομέα, και την τιμολόγηση του νερού, μπορεί να γίνει μια εκτίμηση του αναμενόμενου μέσου κόστους του νερού ανά χρήστη/καταναλωτή για τα επόμενα 3 έτη.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στο να καλλιεργήσει το αίσθημα ευθύνης απέναντι στους υδατικούς πόρους. Επίσης αναπτύχθηκαν μοντέλα πρόβλεψης των καταναλώσεων της πόλης του Βόλου. Η επέκταση και η υποστήριξη αυτού του συστήματος στο μέλλον μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων. Η τροφοδοσία του με καινούρια δεδομένα στο μέλλον είναι αναγκαία για την αποδοτικότερη λειτουργία του.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν πρωτογενή δεδομένα, δηλαδή τιμές των μεταβλητών όπως αυτές μετρήθηκαν υπολογίστηκες η μελλοντική ζήτηση σε νερό λαμβάνοντας υπόψη τη χρονοσειρά καταναλώσεων των τελευταίων χρόνων και έγινε η επιλογή του μοντέλου πρόβλεψης που προσομοιάζει καλύτερα τη μελλοντική κατάσταση ζήτησης για το σύνολο της πόλης του Βόλου αλλά και κάθε τομέα ξεχωριστά.

Μέσω της παρούσας διπλωματικής εργασίας δίνεται η δυνατότητα στη Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Μείζονος περιοχής του Βόλου (ΔΕΥΑΜΒ), να γνωρίσει τις μελλοντικές ανάγκες σε υδατικούς πόρους και να μπορέσει να διασφαλίσει την ύπαρξη και εξοικονόμηση τους μέσω διαφόρων μέτρων.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η συνέχιση της ζωής στον πλανήτη είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το νερό. Η αυξημένη ζήτηση (λόγω της αύξησης του πληθυσμού και της ισχύουσας αναπτυξιακής διαδικασίας), η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού (τα τελευταία 50 χρόνια σηματοδοτούν μια άνευ προηγουμένου ρύπανση των νερών παγκοσμίως, καθώς στον αναπτυσσόμενο κόσμο το 90% των λυμάτων και το 70% των ανεπεξέργαστων βιομηχανικών αποβλήτων καταλήγουν στα επιφανειακά νερά) και η κλιματική απορρύθμιση, έχουν οδηγήσει σε εξάντληση των αποθεμάτων. Ειδικότερα η κλιματική απορρύθμιση έχει οδηγήσει, σε μείωση των αποθεμάτων γλυκού νερού λόγω της αύξησης των ακραίων καιρικών φαινομένων (ξηρασία-βροχοπτώσεις μικρής διάρκειας και μεγάλης έντασης), με αλυσιδωτές επιπτώσεις στην αγροτική οικονομία και την παραγωγή τροφίμων, στην οικιακή και βιομηχανική χρήση.

Επομένως είναι αναγκαίο και πιο επίκαιρο από ποτέ, να υιοθετηθεί μια υδατική πολιτική, που θα διασφαλίζει διαχρονικά : α) την οικονομική ανάπτυξη, με την ικανοποίηση των αναγκών των οικονομικών δραστηριοτήτων σε νερό, β) την περιβαλλοντική προστασία, με τη διατήρηση της υγείας και της ακεραιότητας των υδατικών συστημάτων, και γ) την κοινωνική ευημερία, με τη διασφάλιση της ισότιμης πρόσβασης σε νερό.

Απαιτείται άμεση ενίσχυση του προσωπικού της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων και των Διευθύνσεων Υδάτων των Περιφερειών. Είναι ανάγκη να αξιοποιηθεί το επιστημονικό και τεχνικό δυναμικό και να ενισχυθούν οι υπάρχουσες κρατικές δομές π.χ. ΙΓΜΕ στην κατεύθυνση της δημιουργίας βάσεων δεδομένων με την χρήση των νέων τεχνολογιών για μια αξιόπιστη και συνεχή παρακολούθηση της ποιότητας των νερών. Επίσης είναι απαραίτητος ο συντονισμός και η επικοινωνία των υπηρεσιών που διενεργούν μετρήσεις και συλλέγουν στοιχεία, που σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους. Ακόμη χρήσιμο θα ήταν, τα μέτρα για την λειψυδρία, η οποία αντιμετωπίζεται κυρίως με την διαχείριση της ζήτησης νερού, πρέπει να εξειδικεύονται σε επίπεδο περιφέρειας ή υδατικού διαμερίσματος, ή και σε μικρότερη κλίμακα εφόσον αυτό κρίνεται απαραίτητο. Επιπρόσθετα, όσον αφορά τον τομέα της βιομηχανίας, μπορεί να υπάρξει μεγάλη εξοικονόμηση νερού, μέσω της επαναχρησιμοποίησής του. Σήμερα το νερό που χρησιμοποιεί μια βιομηχανία παροχετεύεται ανεπεξέργαστο σε φυσικούς αποδέκτες (ποτάμια, λίμνες κλπ) προκαλώντας τη ρύπανσή τους, ενώ είναι δυνατό να επαναχρησιμοποιηθεί ακόμη και τριάντα φορές ύστερα από τον απαραίτητο καθαρισμό του. Η χρήση περιβαλλοντικών προτύπων διαχείρισης από τις βιομηχανίες τύπου ISO 14000 και EMAS II αποτελούν εργαλεία ελέγχου της επίτευξης προγραμμάτων εξοικονόμησης νερού από την βιομηχανία. Τελευταία πρόταση, άλλα εξίσου σημαντική αποτελεί η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών αλλά και η συνεχής περιβαλλοντική παιδεία σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Θέληση και πλήρους συνειδητοποίηση του μεγέθους του προβλήματος απ' όλους αποτελούν δύο συστατικά για την απαρχή της αναγκαίας αλλαγής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ΔΕΥΑΜΒ, (1996), *Η Ύδρευση στην περιοχή του Βόλου: Ιστορικές αναφορές και σύγχρονη πραγματικότητα*, Βόλος, 1996.
- ΔΕΥΑΜΒ, (2011), *Η υφιστάμενη κατάσταση ύδρευσης στο νέο δήμο Βόλου*, Διεύθυνση Προγραμματισμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Βόλος.
- Γιαννόπουλος Στ. και Σπανοθύμιου Μ., *Πρόβλεψη της ζήτησης νερού αστικής χρήσης*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Συγκοινωνιακών και Υδραυλικών Έργων, Θεσσαλονίκη.
- Κανακούδης Β. και Σ. Τσιτσιφλή, (2015), *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αστικών Δικτύων Ύδρευσης*, Εργαστήριο Υδρομηχανικής και Περιβαλλοντικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Κοκώσης Χ. και Δ. Κουτσογιάννης, (2000), *Νερό για την πόλη: Στρατηγικός σχεδιασμός, διαχείριση της ζήτησης και έλεγχος των διαρροών στα δίκτυα*, *Ημερίδα με θέμα Νερό για την πόλη: Στρατηγικός σχεδιασμός, διαχείριση της ζήτησης και έλεγχος των διαρροών στα δίκτυα*, Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας, Αθήνα.
- Κουτσογιάννης Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, (1997), *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 2, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κουτσογιάννης Δ., και Ι. Τσελέντης, (2002), *Σχόλιο για τις προοπτικές ανάπτυξης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα σε σχέση με την Κοινοτική Οδηγία-Πλαίσιο για το νερό*, *Οδηγία-πλαίσιο για τα νερά - Εναρμόνιση με την ελληνική πραγματικότητα*, *Πρακτικά*, 87-92, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Αθήνα.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ξανθόπουλος, Θ., (1999), *Τεχνική Υδρολογία*, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Κουτσογιάννης Δ., (2000), *Σημειώσεις Βελτιστοποίησης Συστημάτων Υδατικών Πόρων - Μέρος Α*, Έκδοση 2, 91 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Λαζαρίδης Λ., Σ. Μίχας και Β. Περλέρος, (2010), *Η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων-Το Θεσσαλικό πρόβλημα-Παρόν και προοπτικές*, Προσυνεδριακή Εκδήλωση HELECO, Βόλος.
- Μπονάρος Β., (2014) *Έρευνα για την εύρεση της καμπύλης ζήτησης του νερού και την εκτίμηση του κόστους των φυσικών πόρων στην πόλη του Βόλου*, Διπλωματική εργασία, 102 σελίδες, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Μυλόπουλος Α.Γ., (2000), *Βιώσιμη Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.

Μυλόπουλος Ι., (2004) *Διαχείριση της ζήτησης και κοστολόγηση του νερού*, Διαδίκτυο.

Μυλόπουλος Ν., (2001) *Διαχείριση υδατικών πόρων*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Πολιτάκη Σ., (2000), *Μοντέλο βραχυπρόθεσμης πρόγνωσης της υδρευτικής κατανάλωσης*, Μεταπτυχιακή εργασία, 314 σελίδες, Διεπιστημονικό-Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Σφυρής Σ., (2016) *Ζήτηση νερού στην πόλη του Βόλου – Εναλλακτικά σενάρια πρόβλεψης της μελλοντικής κατανάλωσης μέσω μοντέλου WEAP*, Διπλωματική εργασία, 239 σελίδες, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

http://www.akida.info/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1437&Itemid=&lang=el

<https://www.greatlie.com/index.php/el/ellinismos/oikologia/1641-poso-nero-uparxei-ston-planiti-mas>

http://waterofnature.blogspot.com/p/blog-page_8949.html

<https://otexts.com/fpp3/>

<https://gisgeography.com/root-mean-square-error-rmse-gis/>

<https://www.r-bloggers.com/cross-validation-for-time-series/>

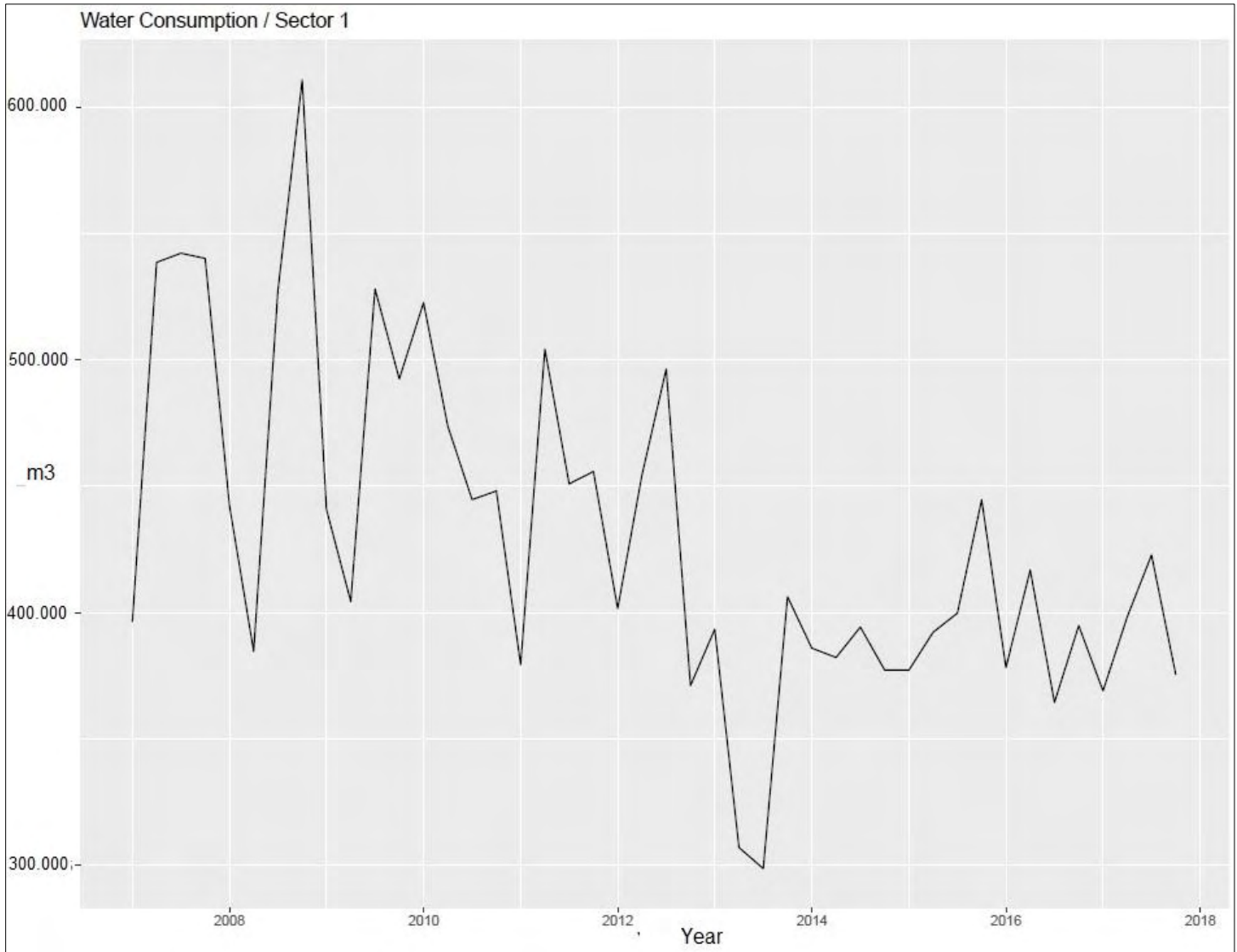
<https://robjhyndman.com/hyndsight/tscv/>

<https://moa.gov.cy>

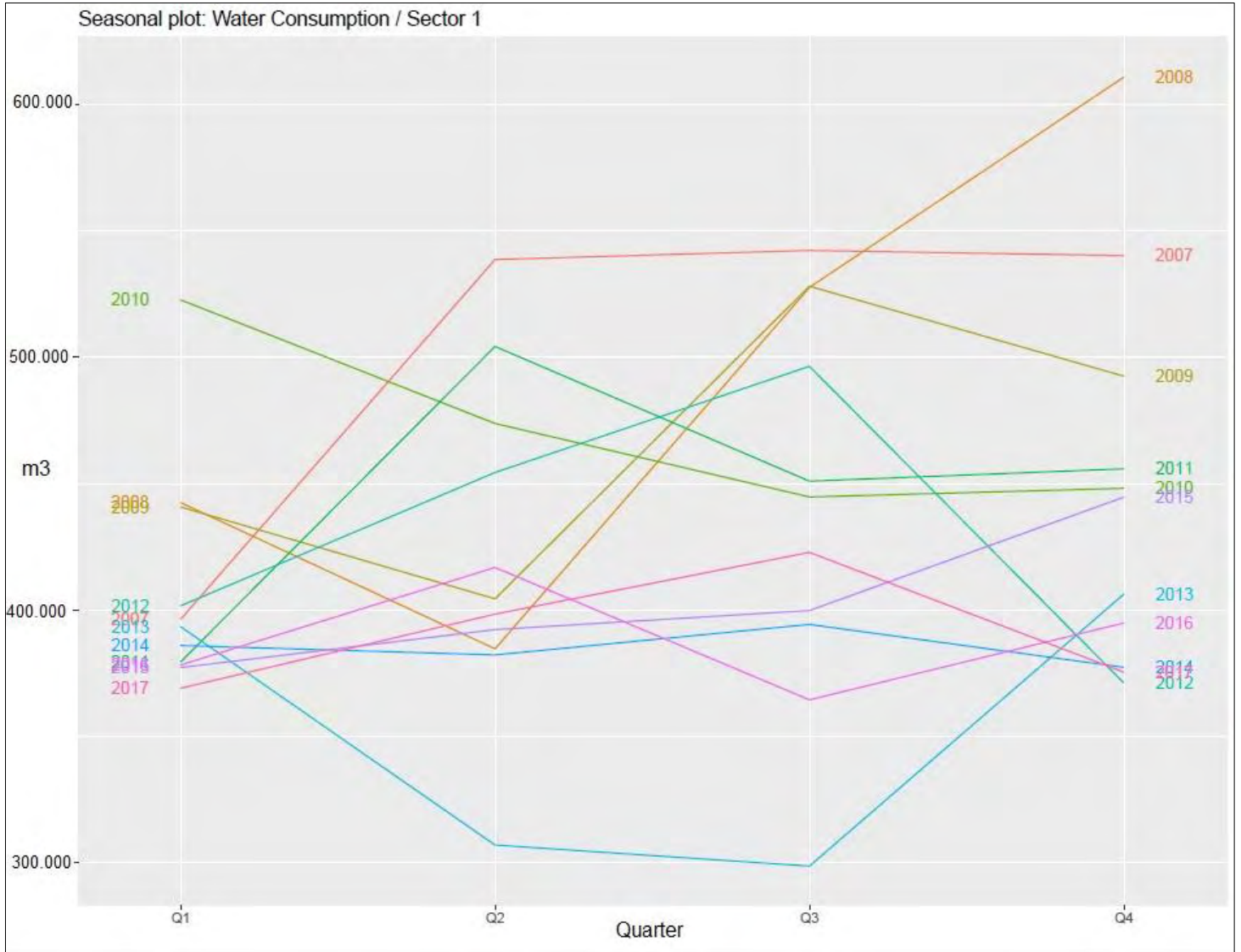
<https://geodata.gov.gr>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

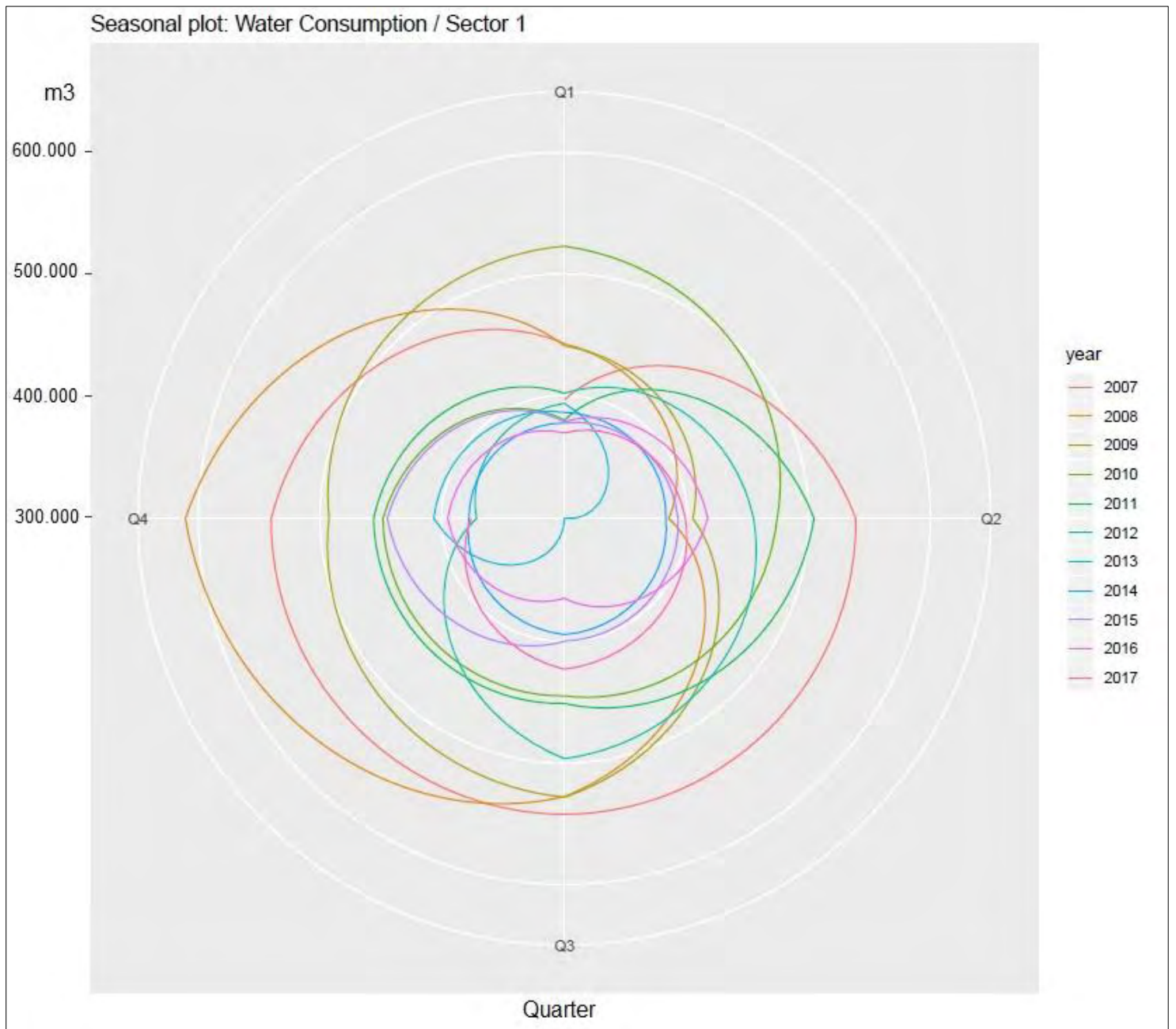
ΤΟΜΕΑΣ 1



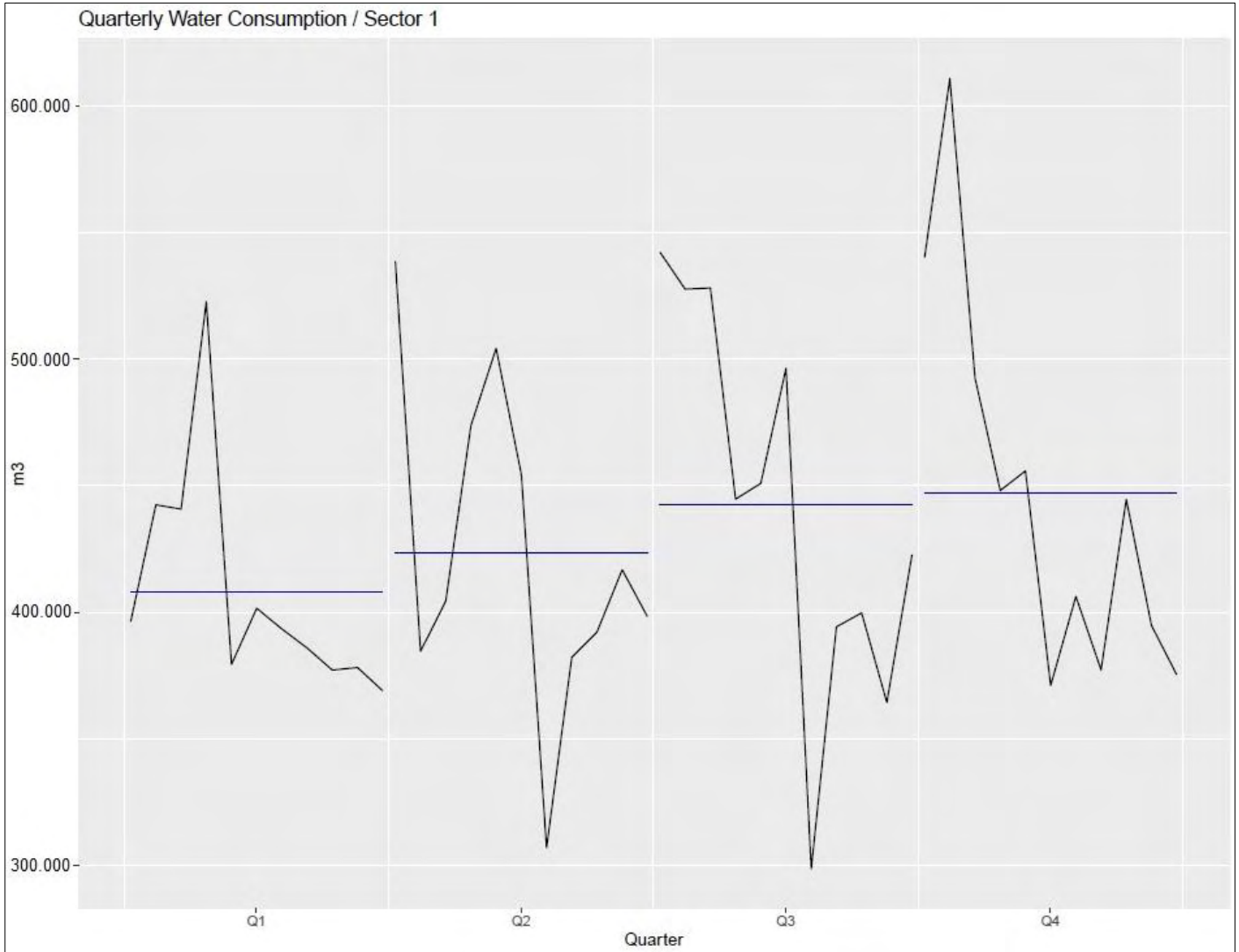
Α.1.1: Χρονοσειρά τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού, Τομέα 1.



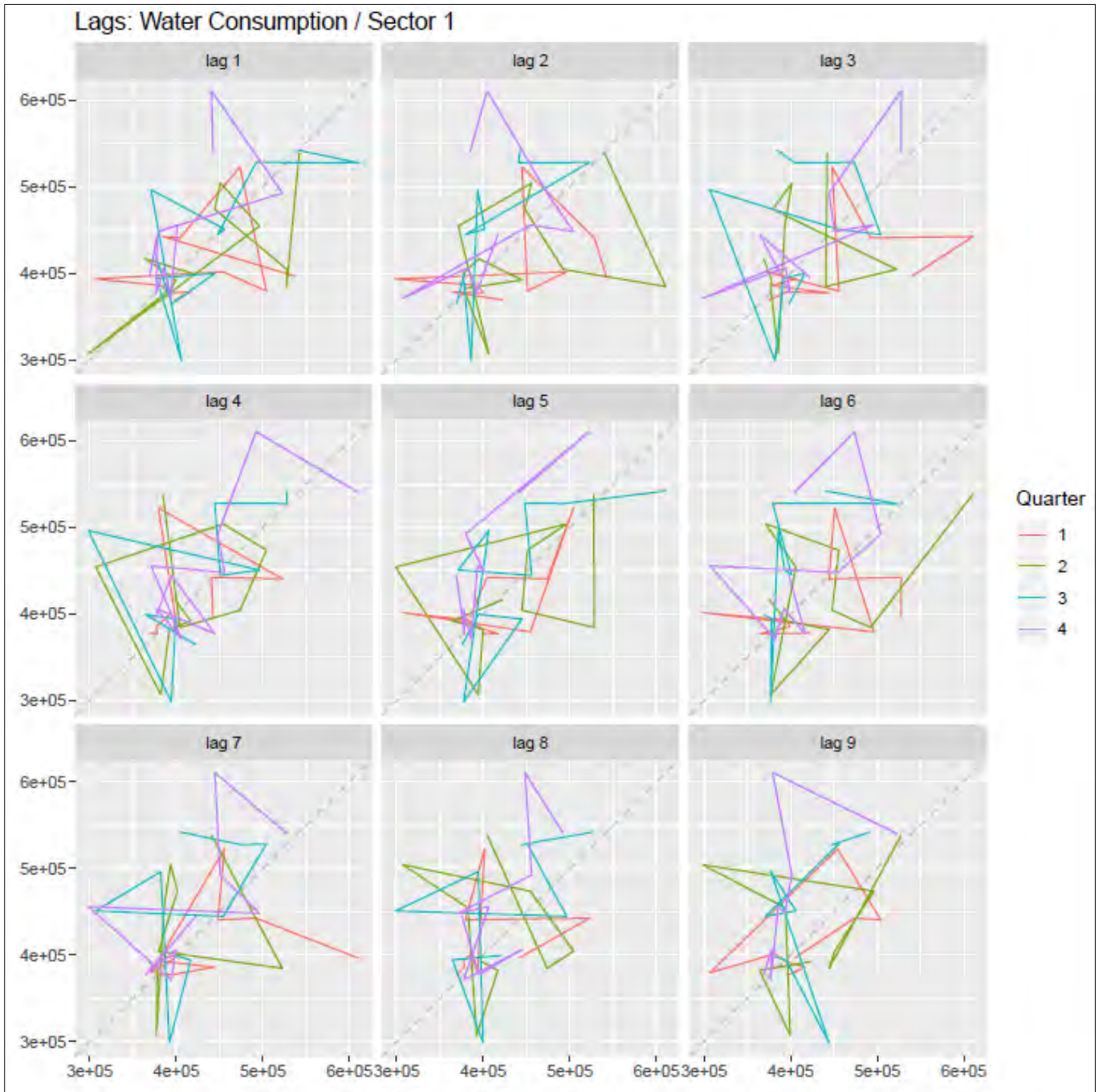
A.1.2: Τριμηνιαία κατανάλωση νερού για κάθε έτος.



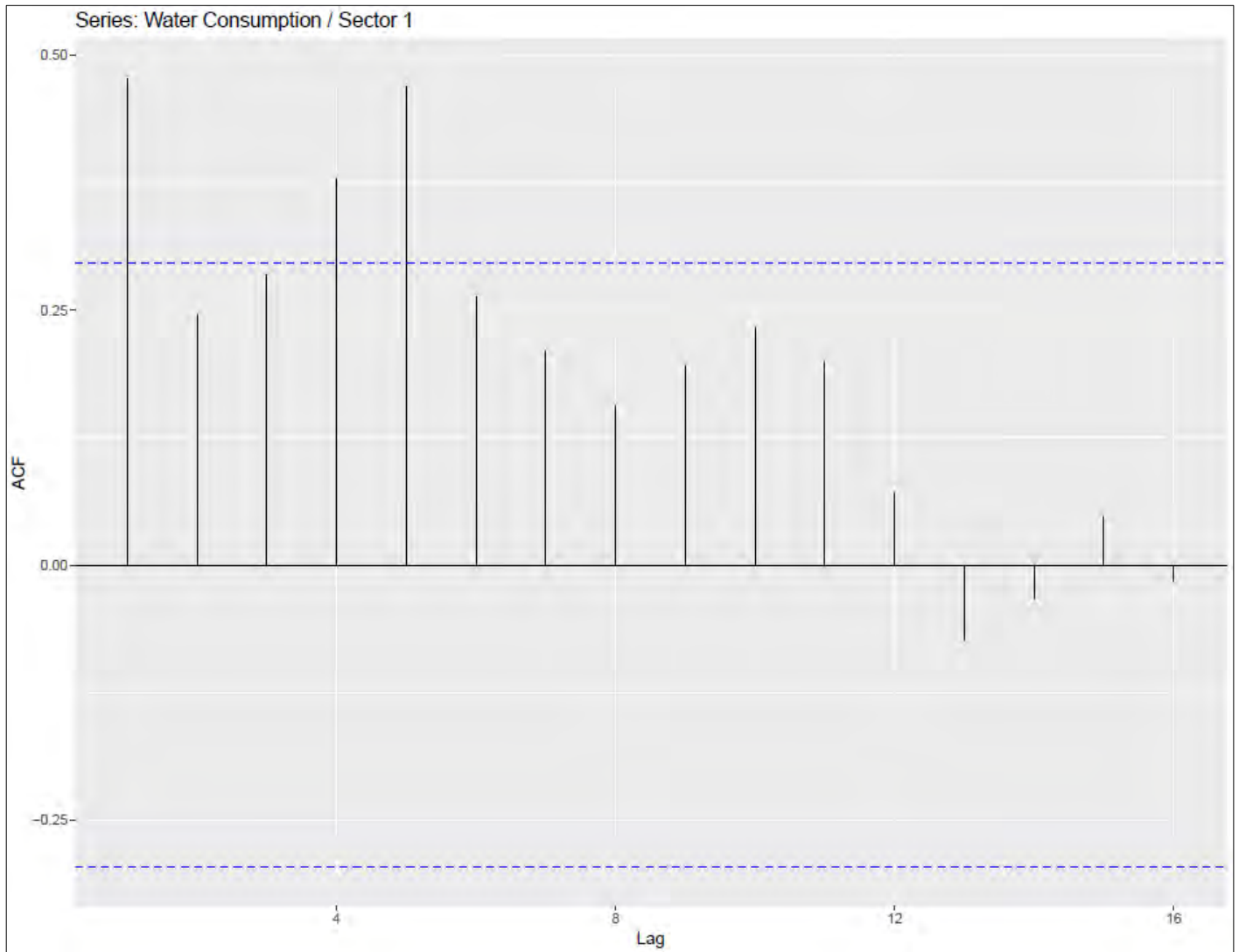
A.1.3: Κυκλική αναπαράσταση τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού για κάθε έτος.



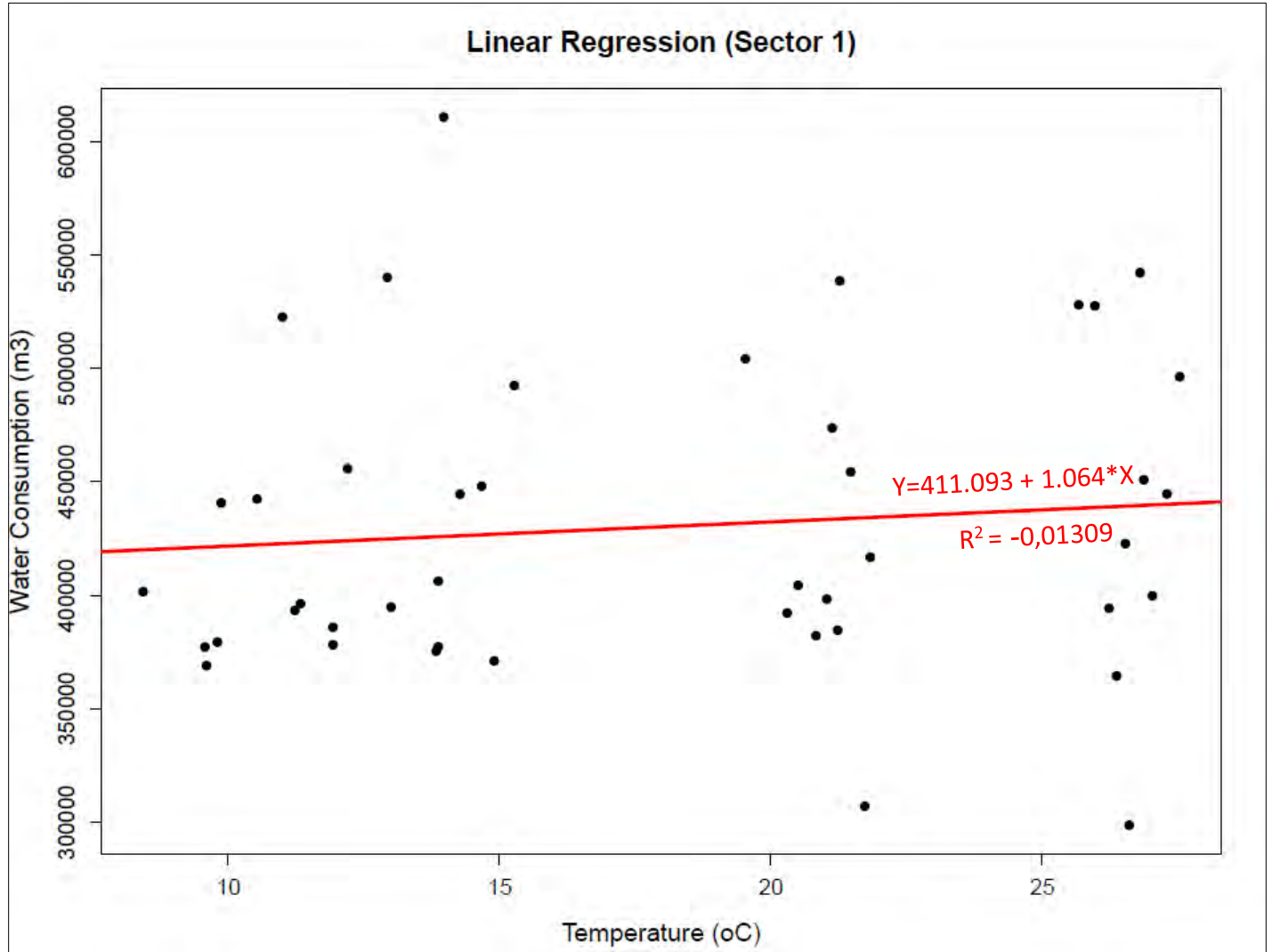
A.1.4: Διακύμανση κατανάλωσης των τεσσάρων τριμήνων.



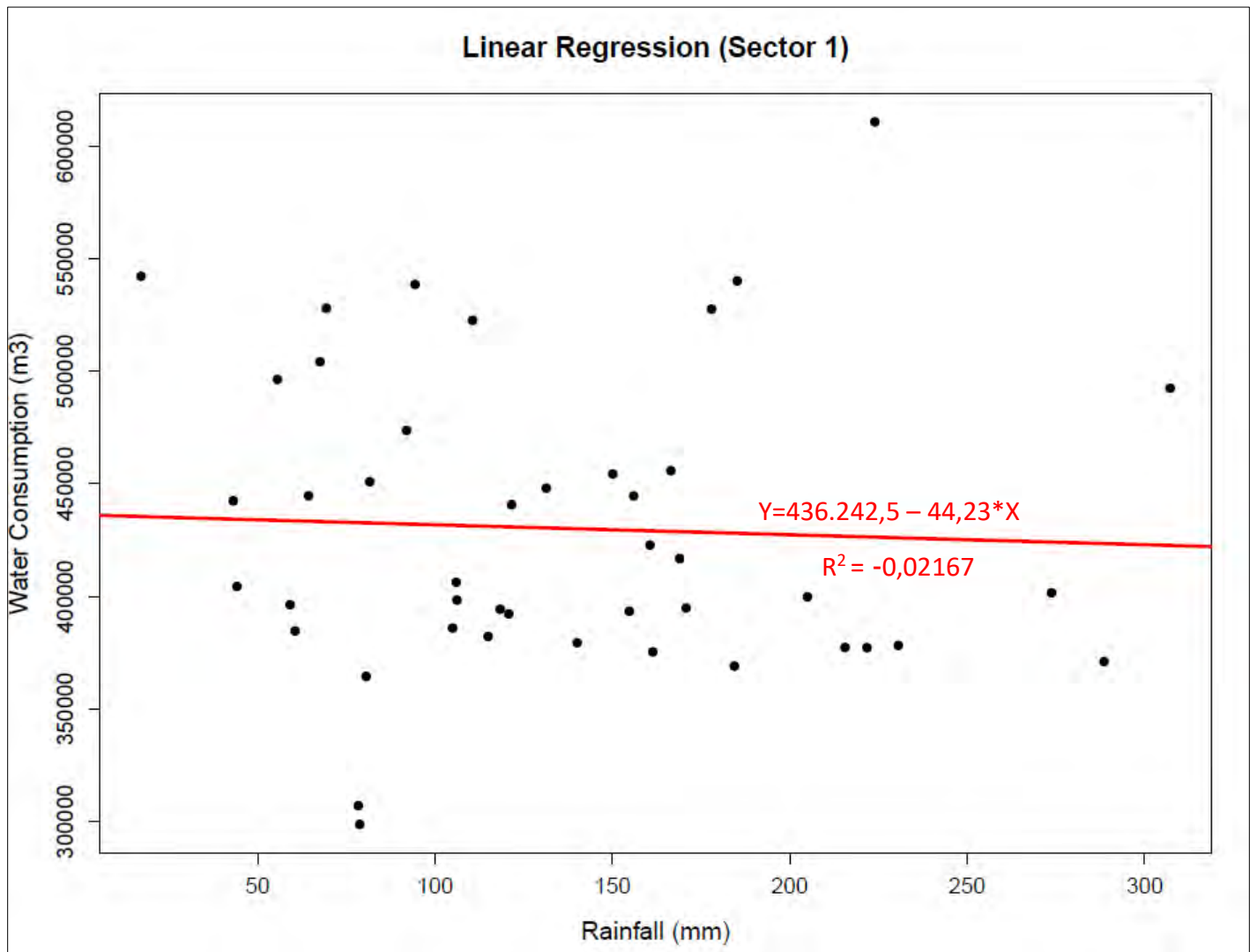
A.1.5: Διαγράμματα υστέρησης των τεσσάρων τριμήνων.



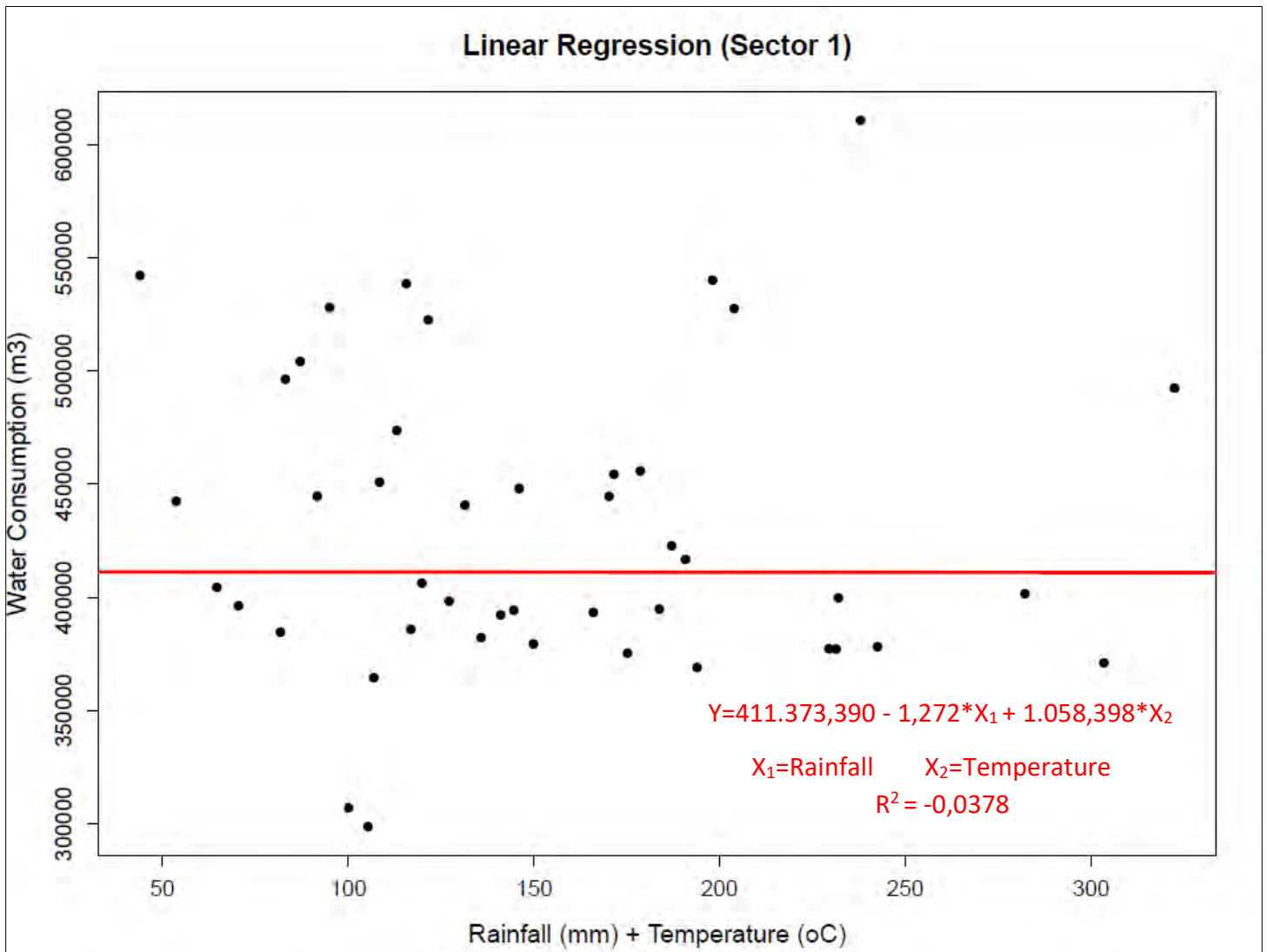
A.1.6: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης δεδομένων κατανάλωσης.



A.1.7: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και θερμοκρασίας.



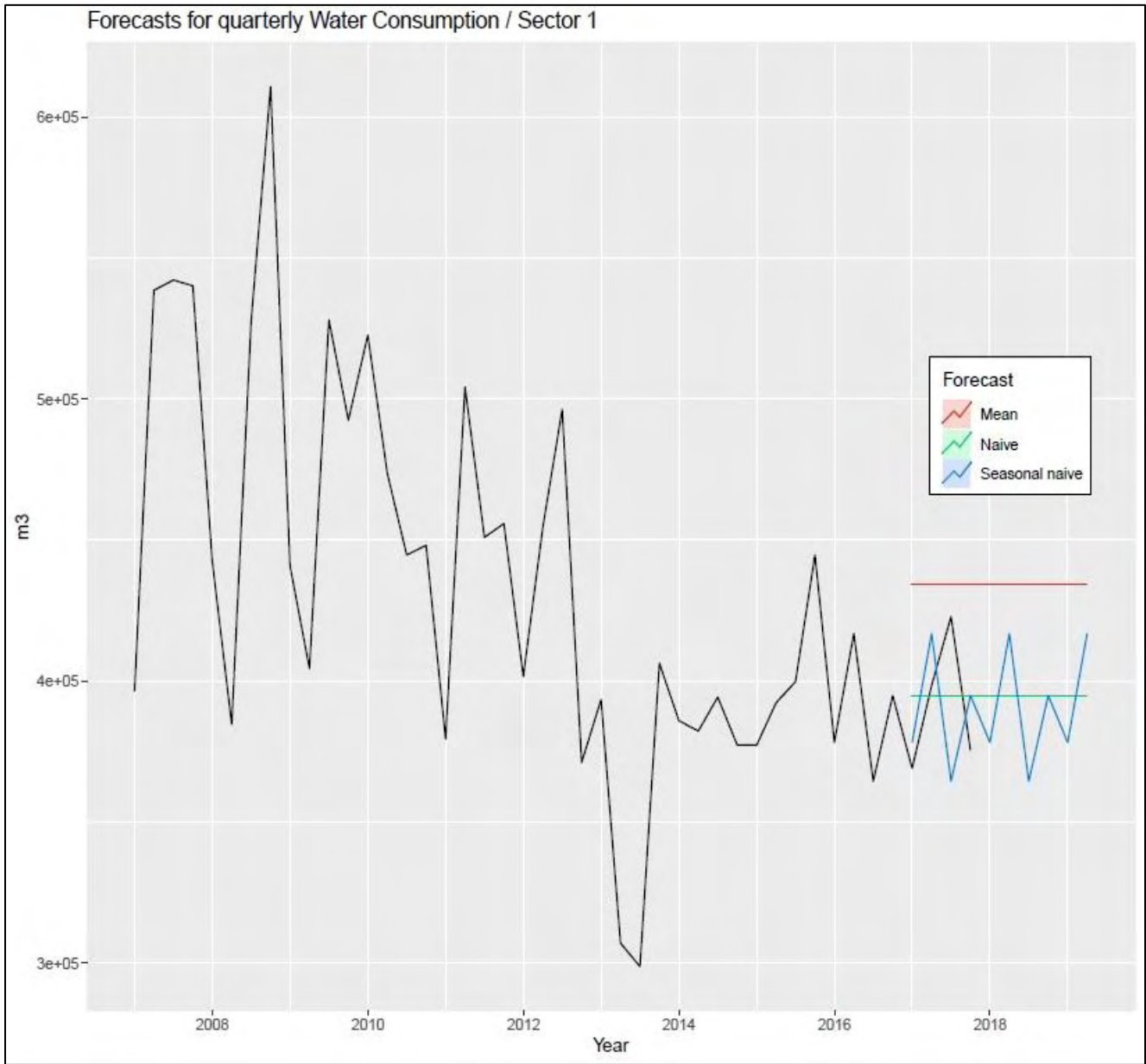
A.1.8: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και βροχόπτωσης.



A.1.9: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και βροχόπτωσης.

Adjusted R-squared (R^2)			
	Temperature (C°)	Rainfall (mm)	Temperature (C°) + Rainfall (mm)
Water Consumption (m ³)	-0,01309	-0,02167	-0,0378

A.1.10: Συντελεστής συσχέτισης μεταβλητών



A.1.11: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τις μεθόδους Average, Naïve, Seasonal naïve.

Average (mean) method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	434130.9	344119.1	524142.7	294471	573790.8
2017 Q2	434130.9	344119.1	524142.7	294471	573790.8
2017 Q3	434130.9	344119.1	524142.7	294471	573790.8
2017 Q4	434130.9	344119.1	524142.7	294471	573790.8
2018 Q1	434130.9	344119.1	524142.7	294471	573790.8
2018 Q2	434130.9	344119.1	524142.7	294471	573790.8
2018 Q3	434130.9	344119.1	524142.7	294471	573790.8
2018 Q4	434130.9	344119.1	524142.7	294471	573790.8
2019 Q1	434130.9	344119.1	524142.7	294471	573790.8
2019 Q2	434130.9	344119.1	524142.7	294471	573790.8

A.1.12: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Average.

Naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	394846	305380.5	484311.5	258020.26	531671.7
2017 Q2	394846	268322.6	521369.4	201345.18	588346.8
2017 Q3	394846	239887.1	549804.9	157856.86	631835.1
2017 Q4	394846	215914.9	573777.1	121194.52	668497.5
2018 Q1	394846	194795.0	594897.0	88894.34	700797.7
2018 Q2	394846	175701.1	613990.9	59692.75	729999.3
2018 Q3	394846	158142.4	631549.6	32839.11	756852.9
2018 Q4	394846	141799.2	647892.8	7844.36	781847.6
2019 Q1	394846	126449.4	663242.6	-15631.23	805323.2
2019 Q2	394846	111931.1	677760.9	-37834.99	827527.0

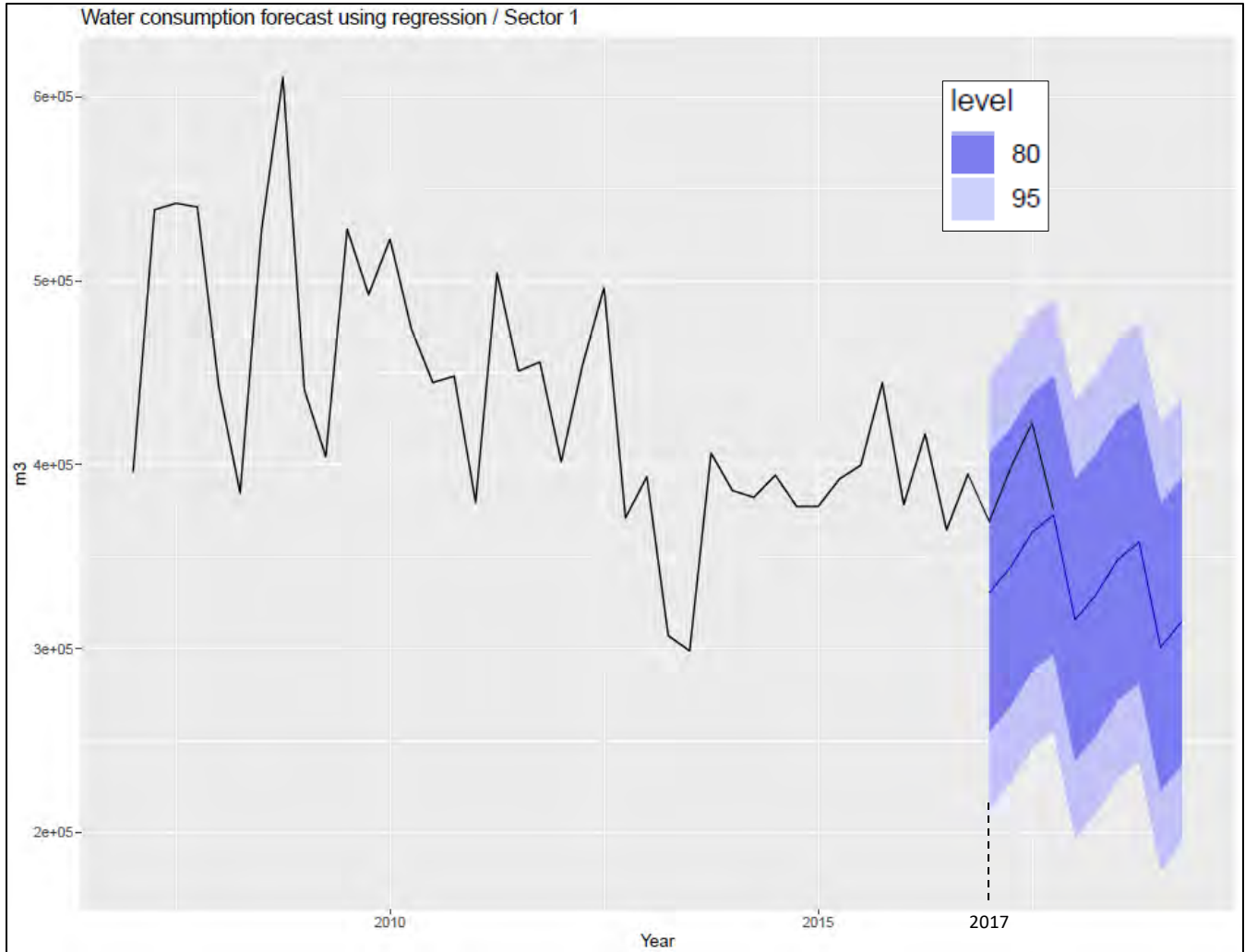
A.1.13: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Naïve.

Seasonal naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	378232	286006.9	470457.1	237185.9	519278.1
2017 Q2	416823	324597.9	509048.1	275776.9	557869.1
2017 Q3	364473	272247.9	456698.1	223426.9	505519.1
2017 Q4	394846	302620.9	487071.1	253799.9	535892.1
2018 Q1	378232	247806.0	508658.0	178762.7	577701.3
2018 Q2	416823	286397.0	547249.0	217353.7	616292.3
2018 Q3	364473	234047.0	494899.0	165003.7	563942.3
2018 Q4	394846	264420.0	525272.0	195376.7	594315.3
2019 Q1	378232	218493.5	537970.5	133933.0	622531.0
2019 Q2	416823	257084.5	576561.5	172524.0	661122.0

A.1.14: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Seasonal Naïve.

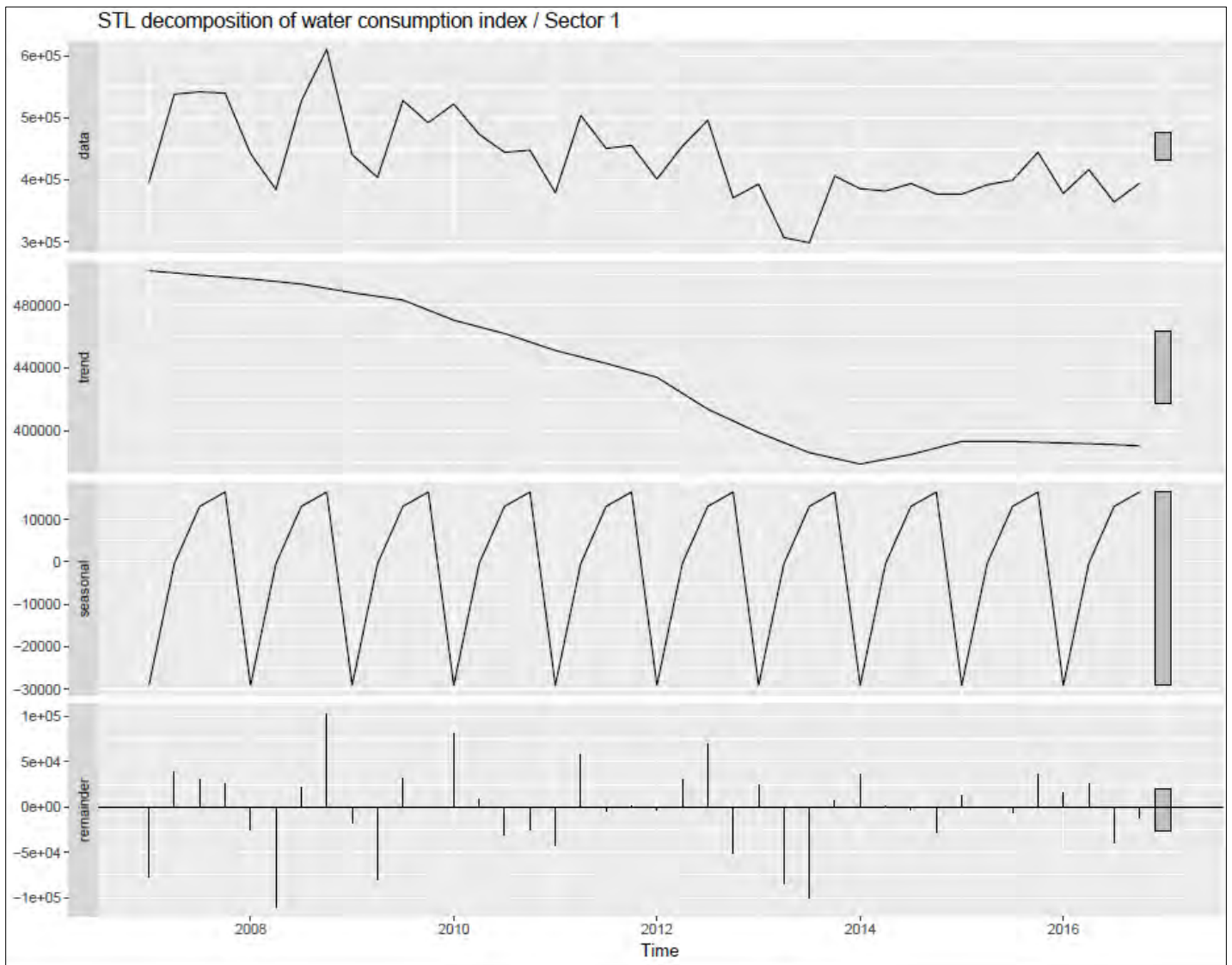


A.1.15: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο παλινδρόμησης.

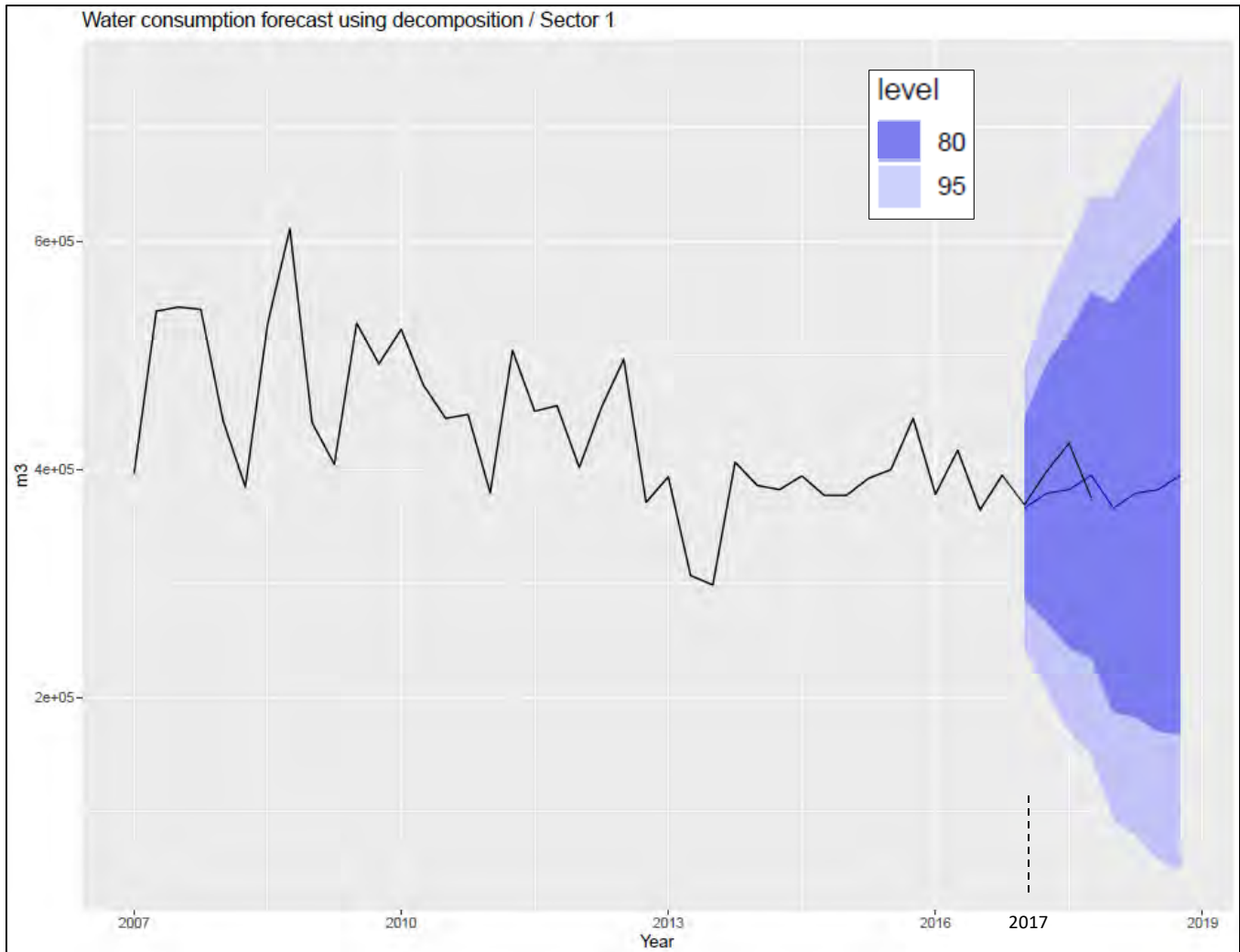
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	330355.1	254820.9	405889.3	212960.2	447750.0
2017 Q2	344386.9	268852.7	419921.1	226992.0	461781.8
2017 Q3	363260.0	287725.8	438794.2	245865.1	480654.9
2017 Q4	372697.5	297163.3	448231.7	255302.6	490092.4
2018 Q1	315544.9	238866.9	392222.9	196372.3	434717.5
2018 Q2	329576.7	252898.7	406254.7	210404.1	448749.3
2018 Q3	348449.8	271771.8	425127.8	229277.2	467622.4
2018 Q4	357887.3	281209.3	434565.3	238714.7	477059.9
2019 Q1	300734.7	222743.5	378726.0	179521.1	421948.4
2019 Q2	314766.5	236775.3	392757.8	193552.9	435980.2

A.1.16: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου παλινδρόμησης.



A.1.17: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων, μεθόδου αποσύνθεσης.

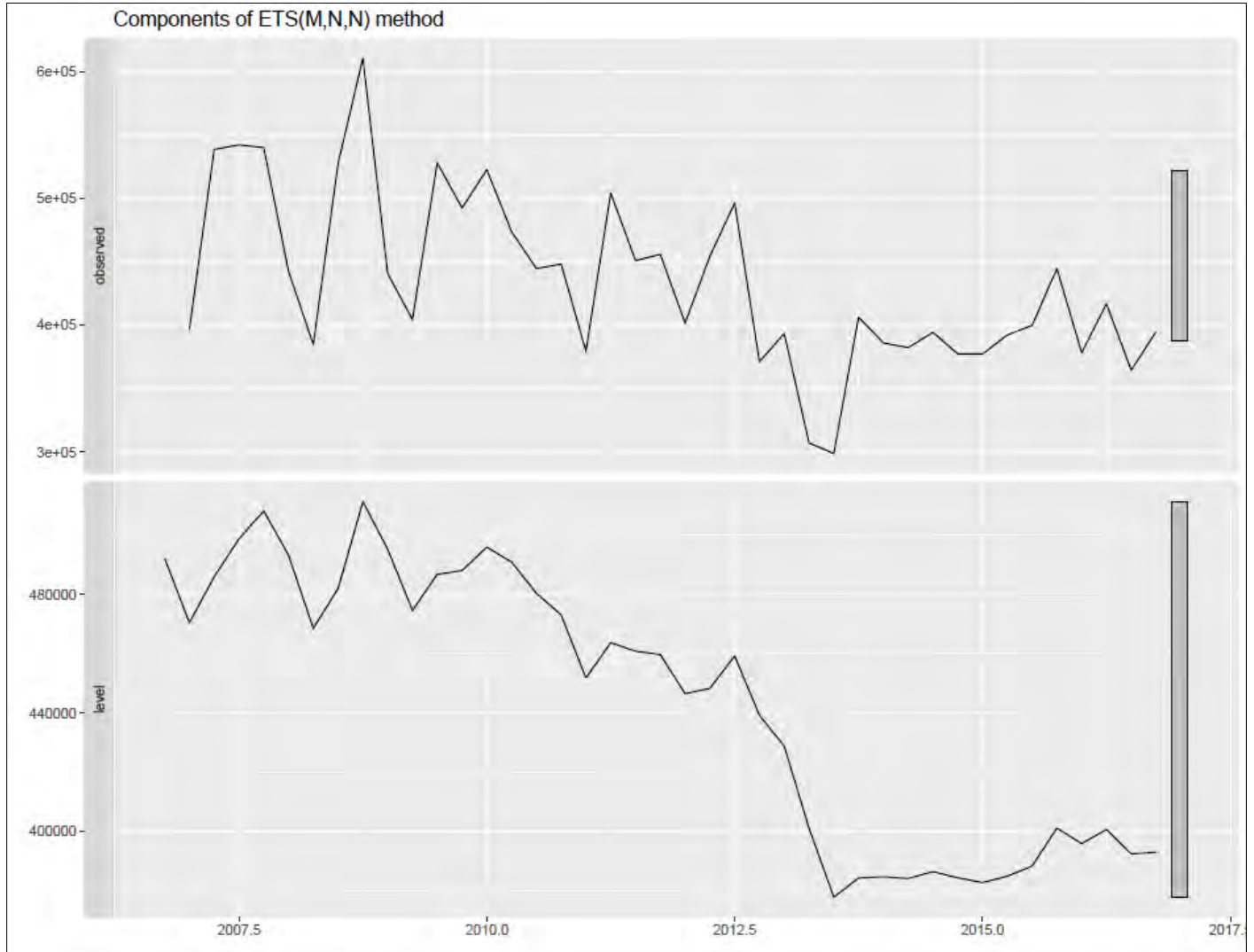


A.1.18: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο αποσύνθεσης.

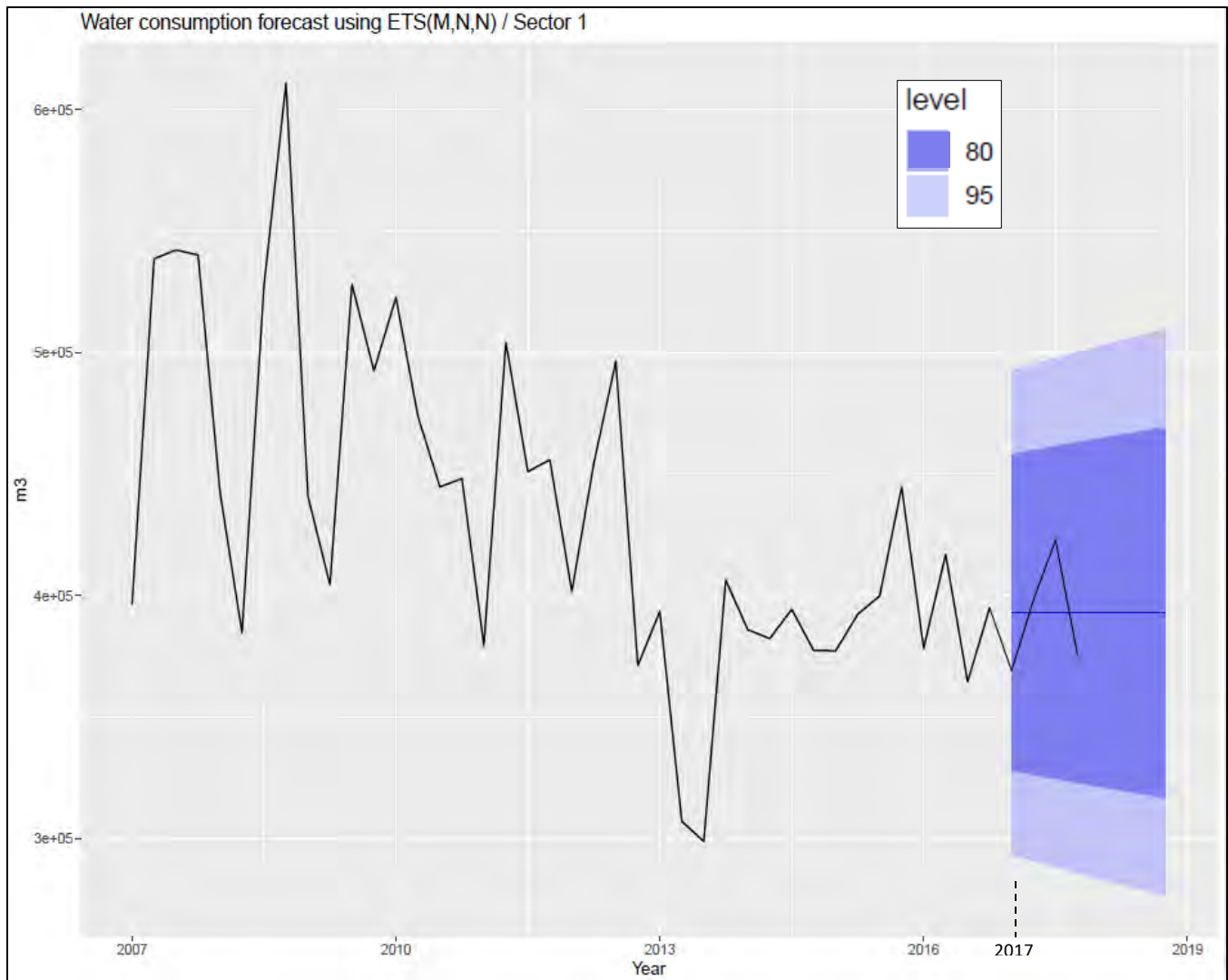
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	366087.3	285981.7	446192.9	243576.35	488598.3
2017 Q2	379191.6	265905.1	492478.0	205934.91	552448.2
2017 Q3	382137.4	243390.4	520884.4	169942.22	594332.6
2017 Q4	394846.0	234634.8	555057.2	149824.09	639867.9
2018 Q1	366087.3	186965.7	545208.9	92144.48	640030.1
2018 Q2	379191.6	182973.7	575409.4	79102.24	679280.9
2018 Q3	382137.4	170197.9	594076.9	58003.90	706270.9
2018 Q4	394846.0	168273.1	621418.9	48332.69	741359.3

A.1.19: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου αποσύνθεσης.



A.1.20: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων μεθόδου εκθετικής εξομάλυσης.

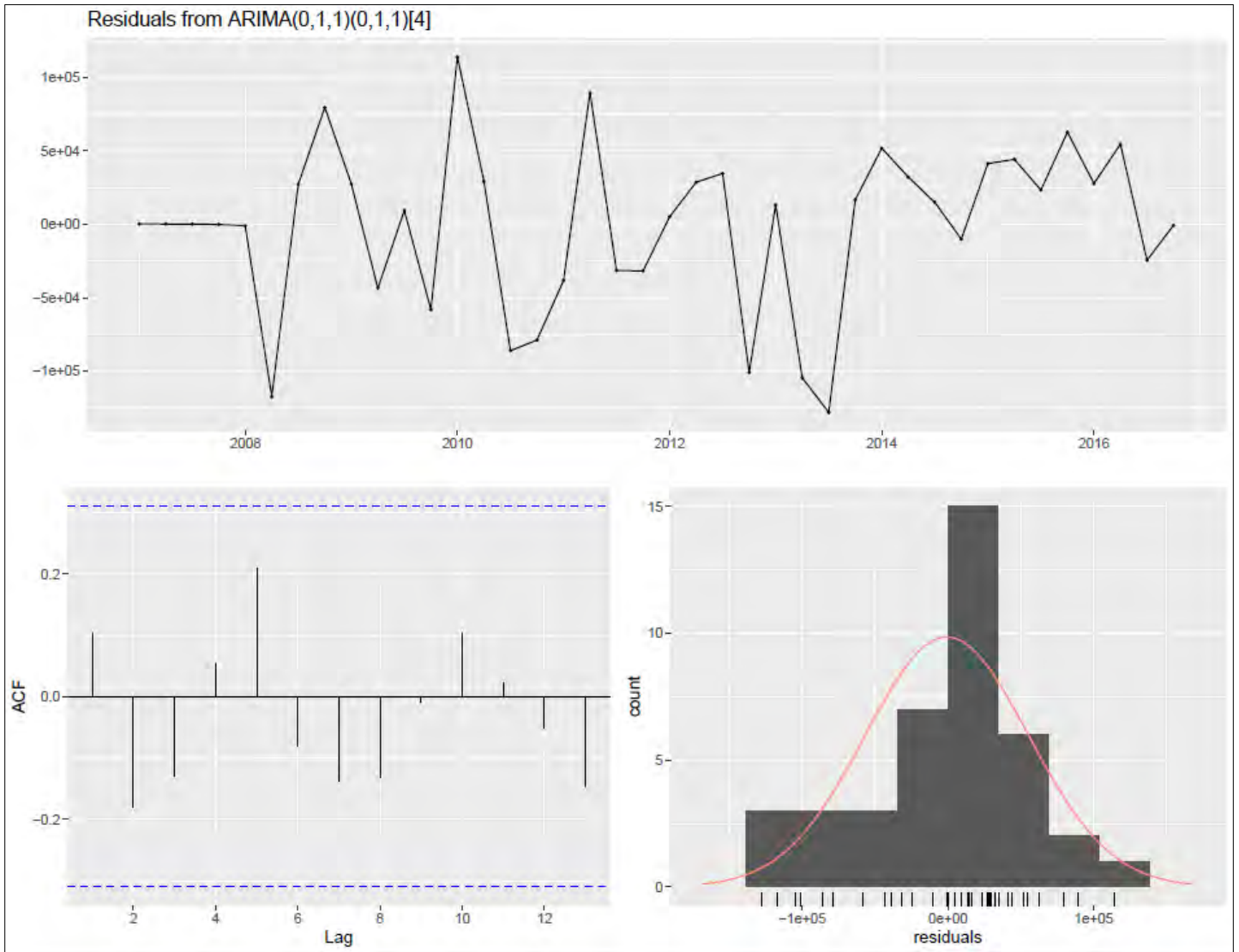


A.1.21: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης.

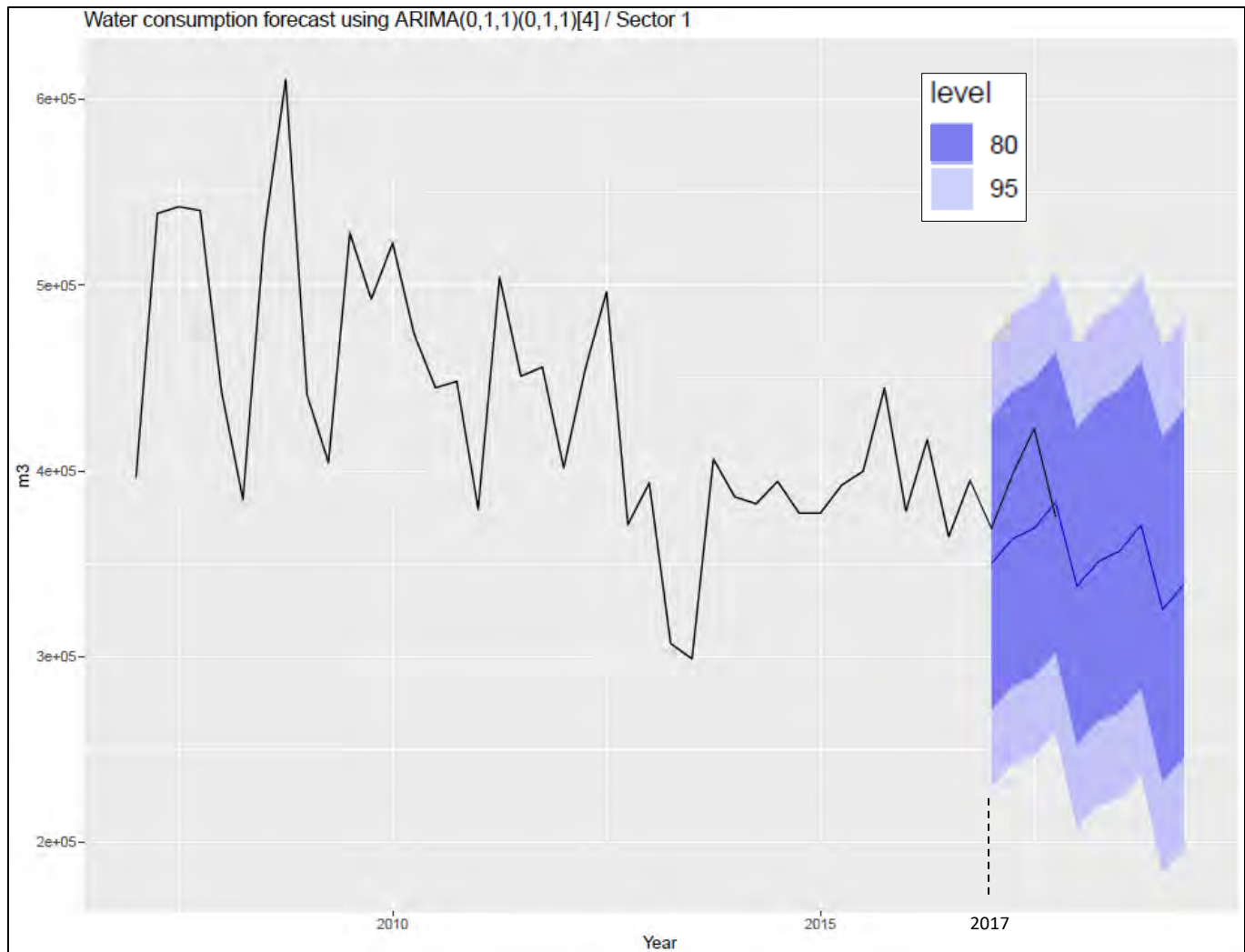
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	392978.9	327772.6	458185.3	293254.4	492703.4
2017 Q2	392978.9	326080.2	459877.6	290666.2	495291.6
2017 Q3	392978.9	324428.3	461529.6	288139.7	497818.1
2017 Q4	392978.9	322813.8	463144.1	285670.6	500287.2
2018 Q1	392978.9	321234.3	464723.6	283255.0	502702.9
2018 Q2	392978.9	319687.5	466270.4	280889.3	505068.5
2018 Q3	392978.9	318171.4	467786.5	278570.6	507387.2
2018 Q4	392978.9	316684.1	469273.8	276296.1	509661.8

A.1.22: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης.



A.1.23: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης και υπολειμμάτων μοντέλου $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_4$.



A.1.24: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης με το μοντέλο $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_4$.

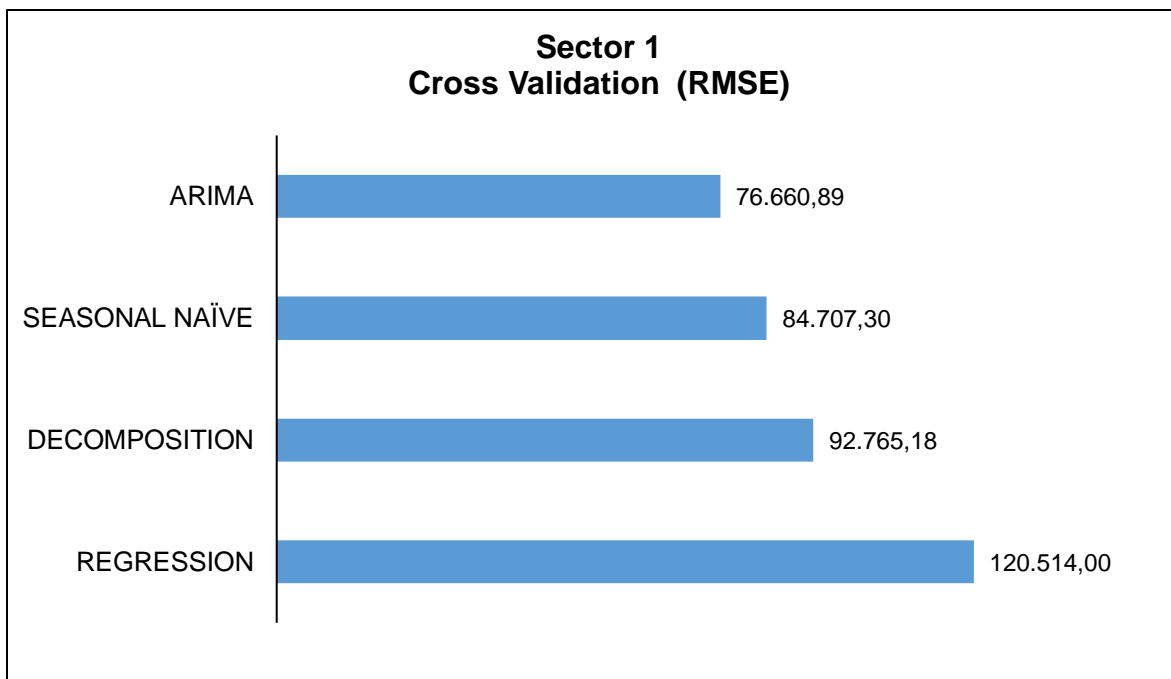
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	350071.7	271457.3	428686.1	229841.4	470302.0
2017 Q2	363466.9	284093.9	442839.9	242076.3	484857.5
2017 Q3	369167.2	289042.7	449291.7	246627.3	491707.1
2017 Q4	382979.4	302110.4	463848.4	259300.9	506657.9
2018 Q1	337750.9	252714.1	422787.6	207698.4	467803.3
2018 Q2	351146.1	265124.1	437168.0	219586.9	482705.3
2018 Q3	356846.4	269850.4	443842.4	223797.5	489895.3
2018 Q4	370658.6	282699.3	458617.8	236136.5	505180.7
2019 Q1	325430.0	232953.0	417907.1	183998.5	466861.5
2019 Q2	338825.2	245139.2	432511.3	195544.8	482105.7

A.1.25: Αποτελέσματα πρόγνωσης μοντέλου $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_4$.

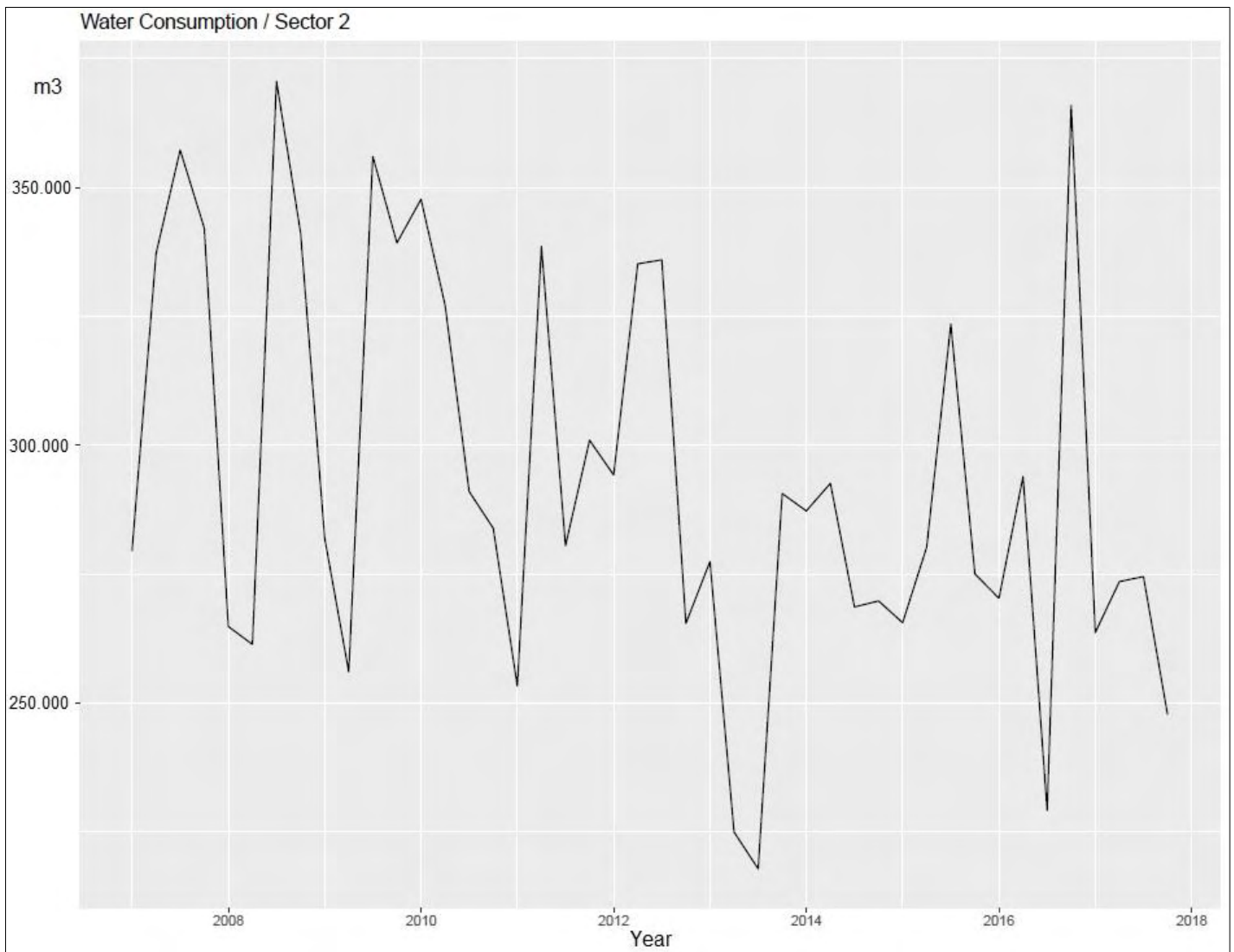
Root Mean Square Error (RMSE)			
Regression	Seasonal Naïve	Decomposition	ARIMA
44.614,27	32.425,23	188.847,19	33.582,66

A.1.26: Πίνακας σφαλμάτων των καταλληλότερων μοντέλων πρόγνωσης.

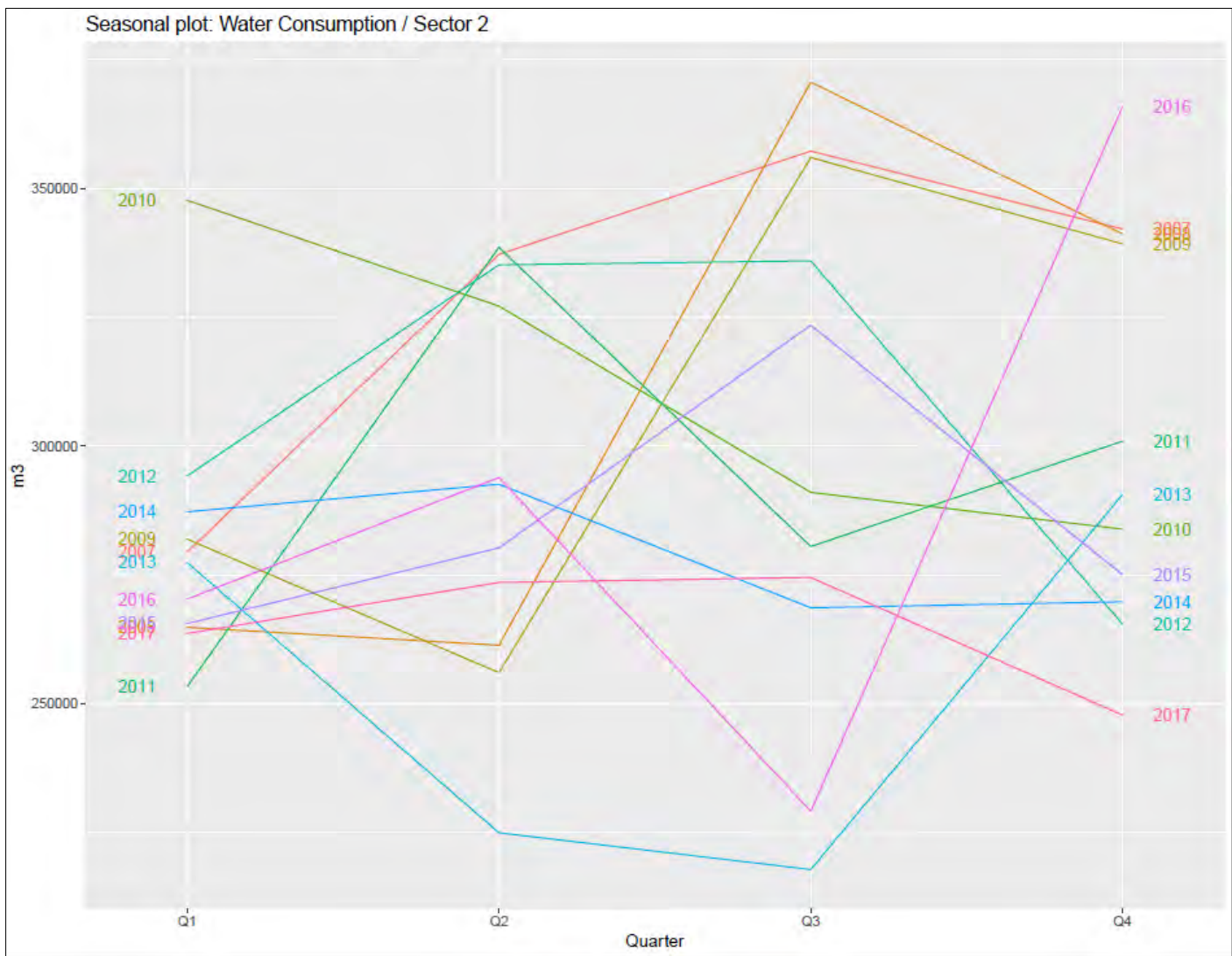


A.1.27: Γράφημα σφαλμάτων μεθόδου cross validation για τα τέσσερα επικρατέστερα μοντέλα.

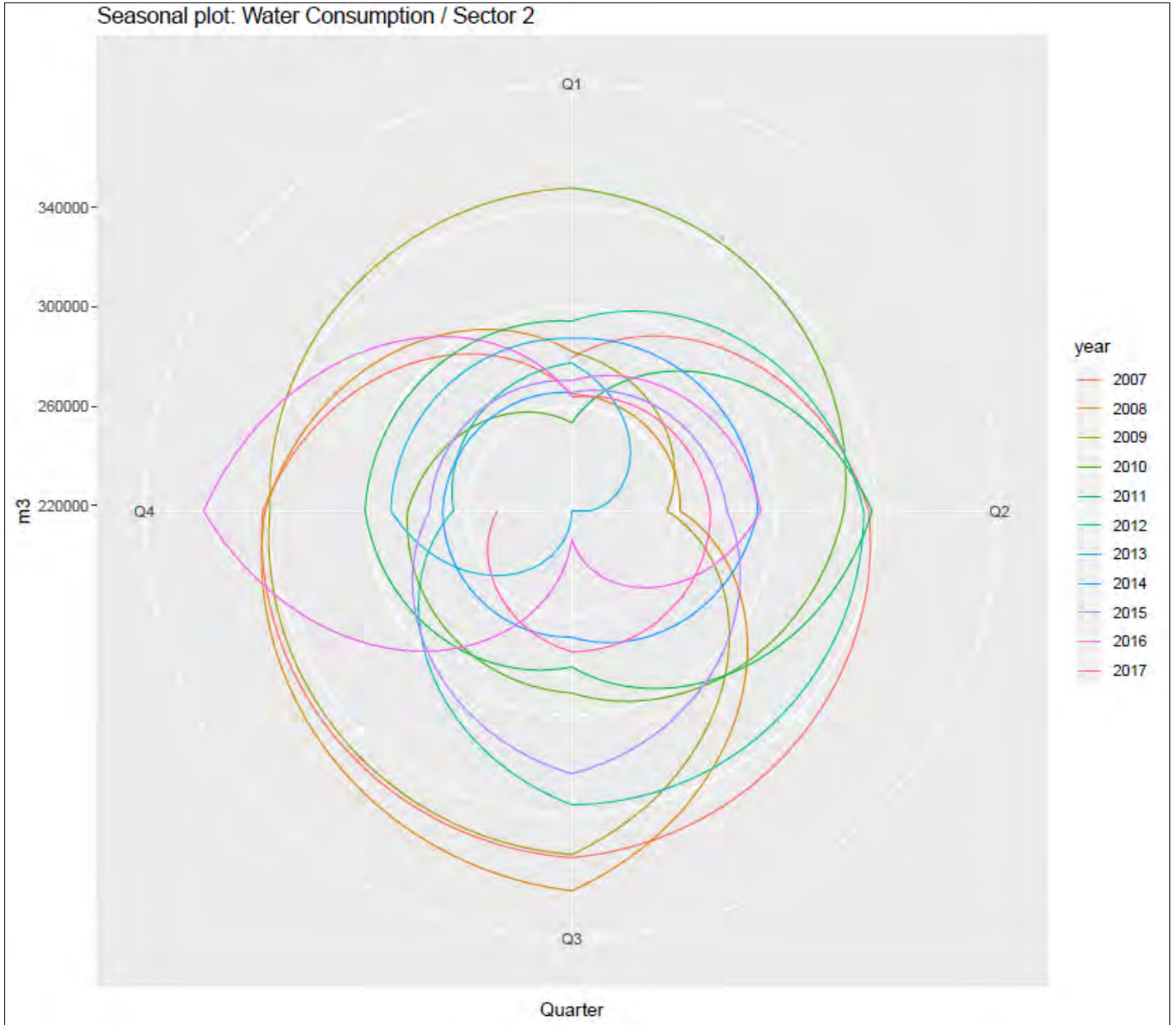
TOMEΑΣ 2



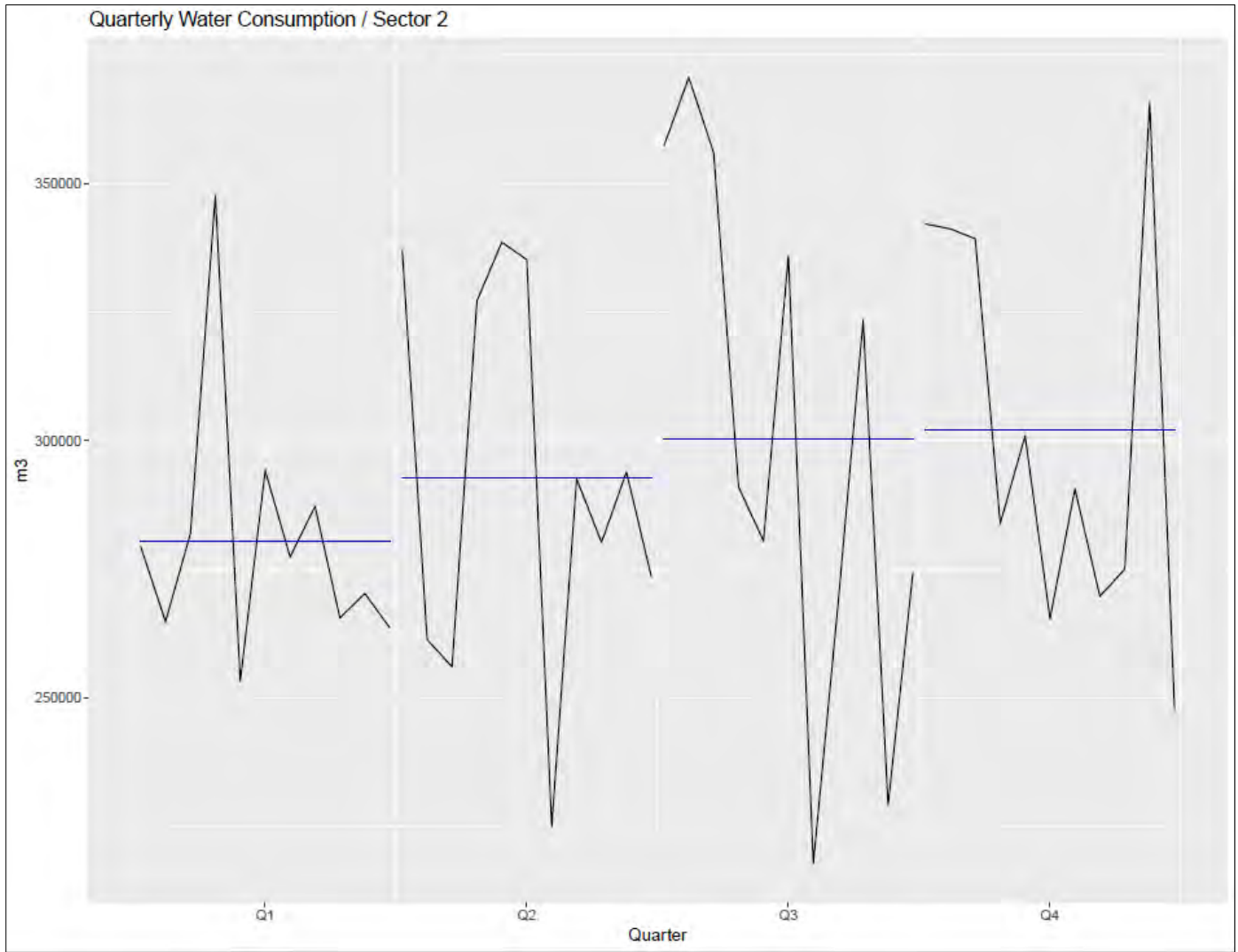
A.2.1: Χρονοσειρά τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού, Τομέα 2.



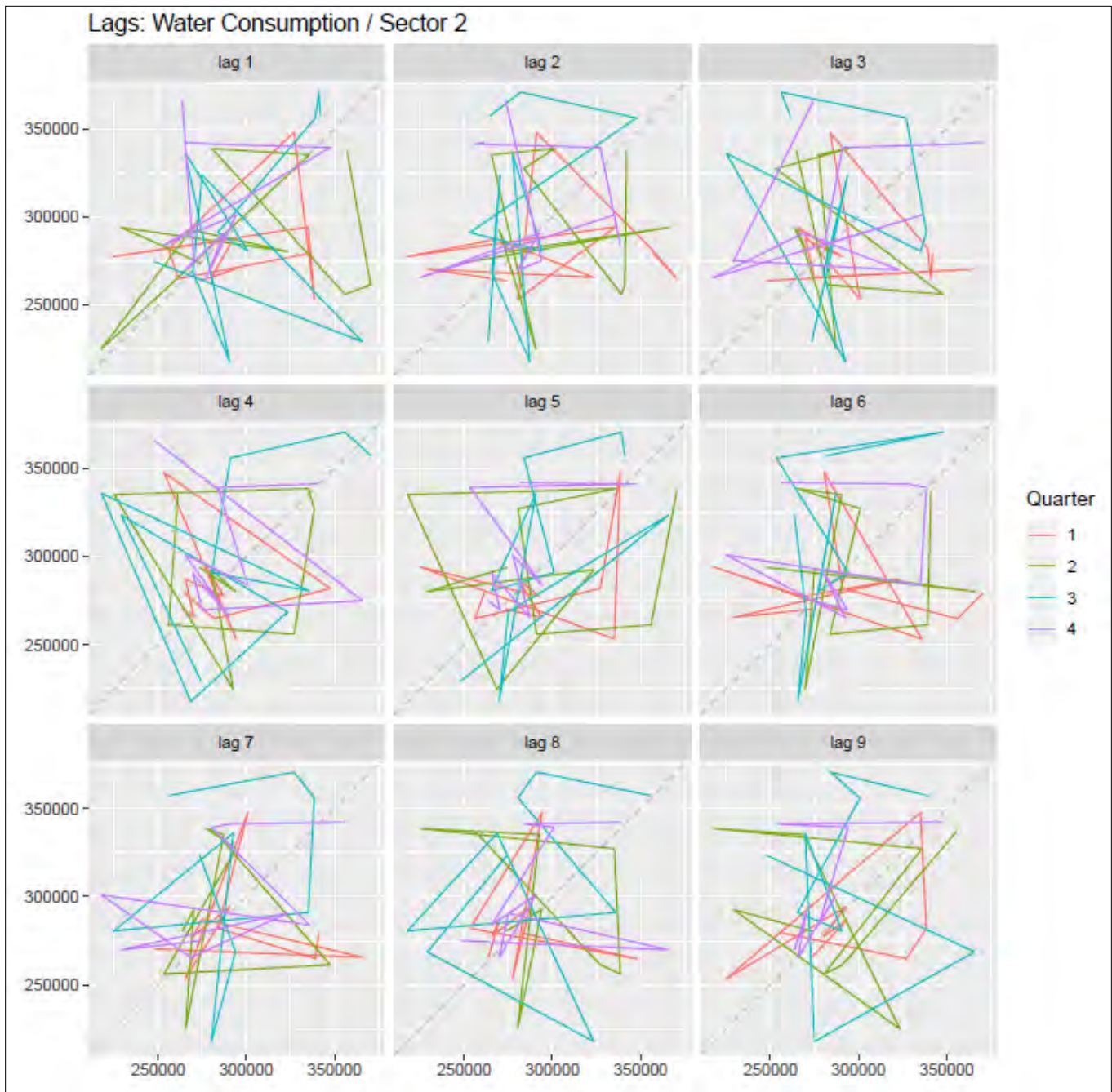
A.2.2: Τριμηνιαία κατανάλωση νερού για κάθε έτος.



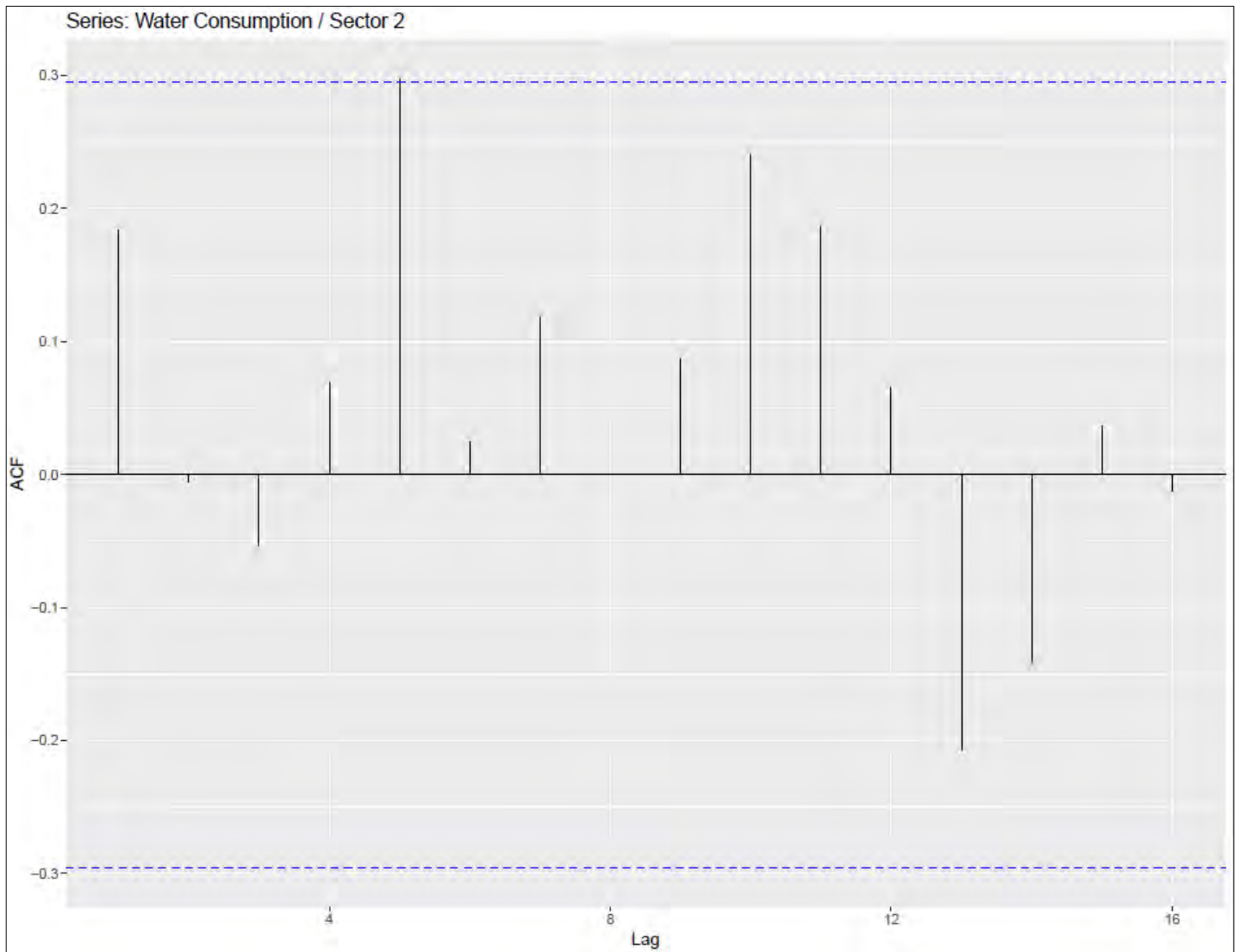
A.2.3: Κυκλική αναπαράσταση τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού για κάθε έτος.



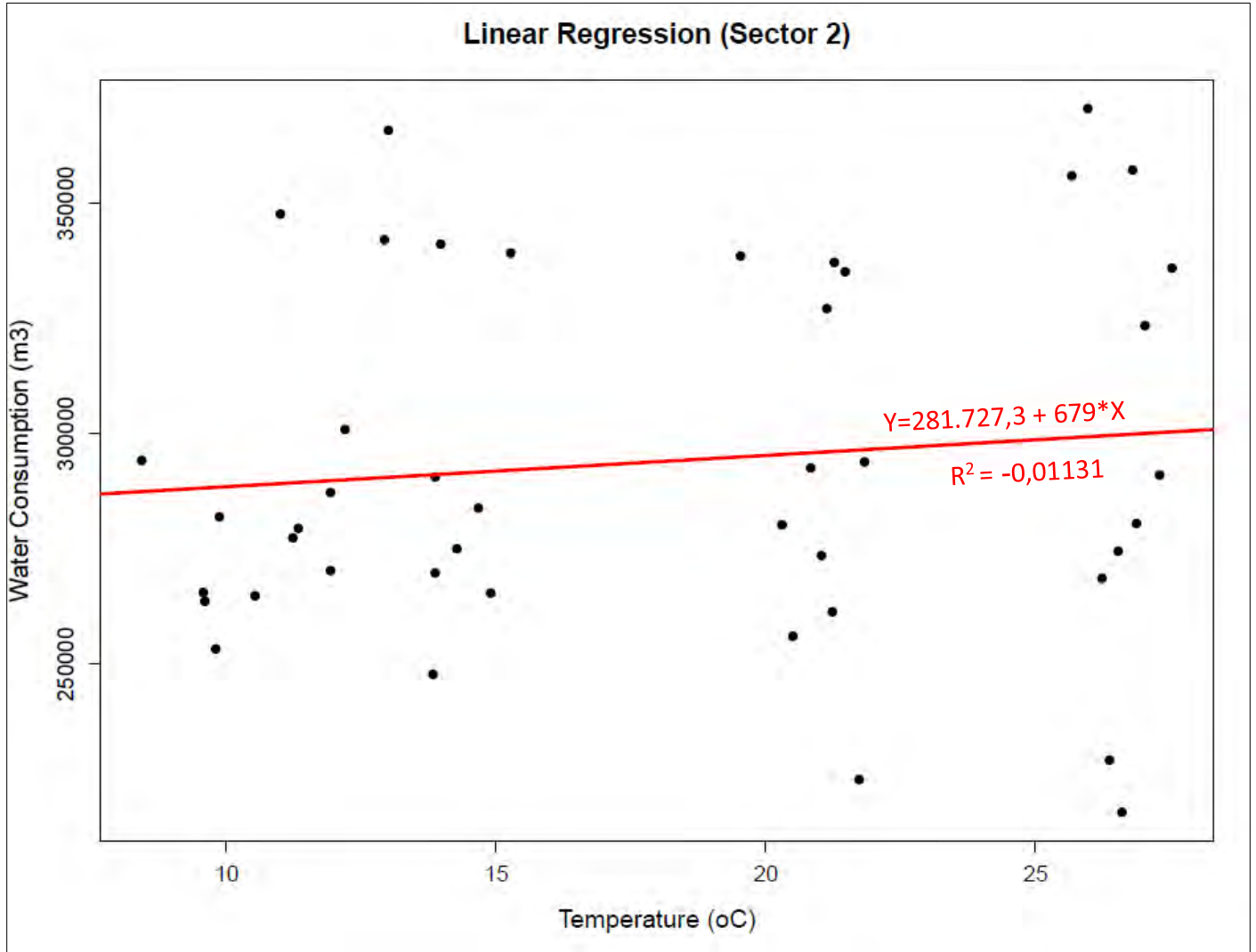
A.2.4: Διακύμανση κατανάλωσης των τεσσάρων τριμήνων.



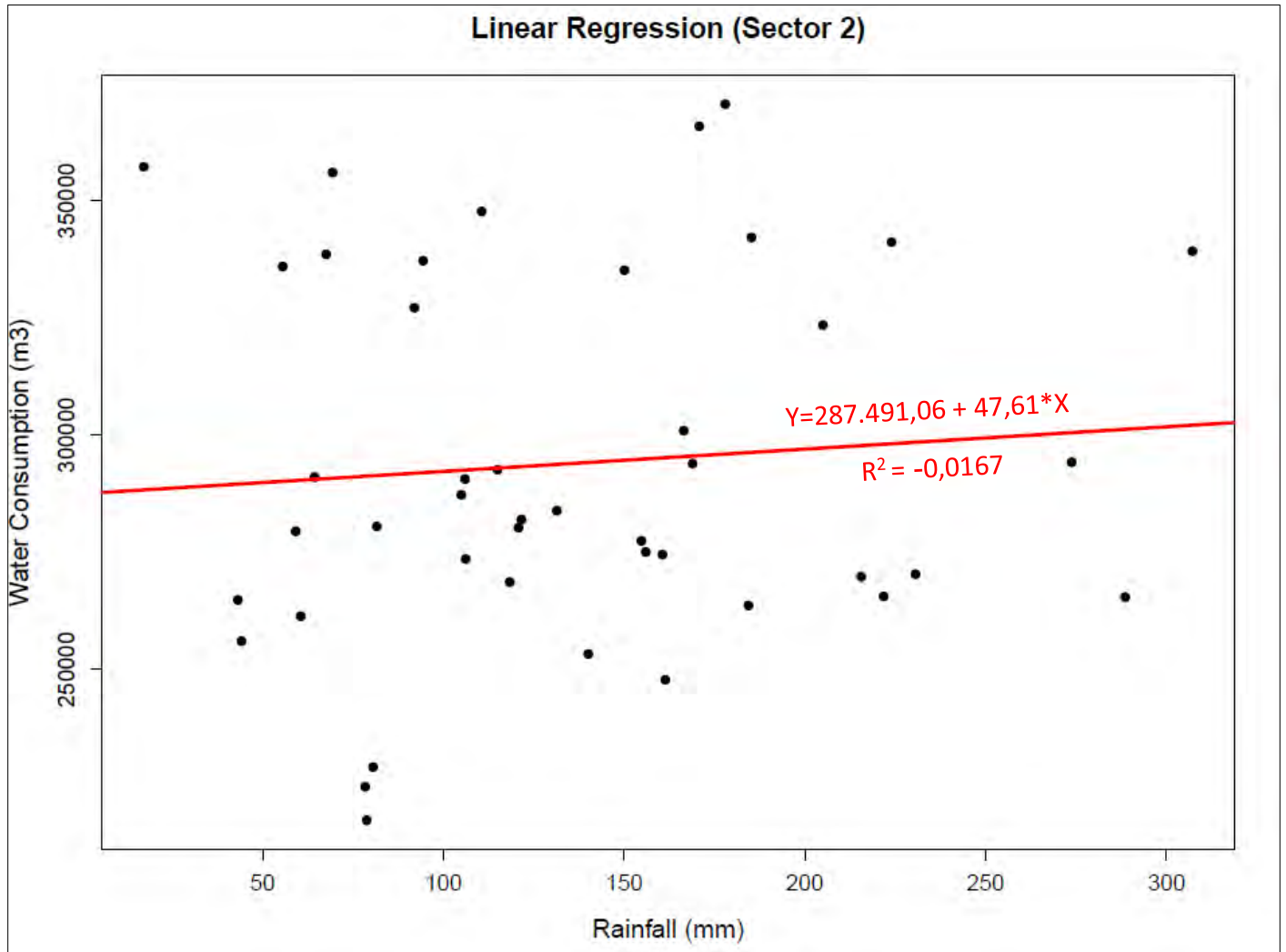
A.2.5: Διαγράμματα υστέρησης των τεσσάρων τριμήνων.



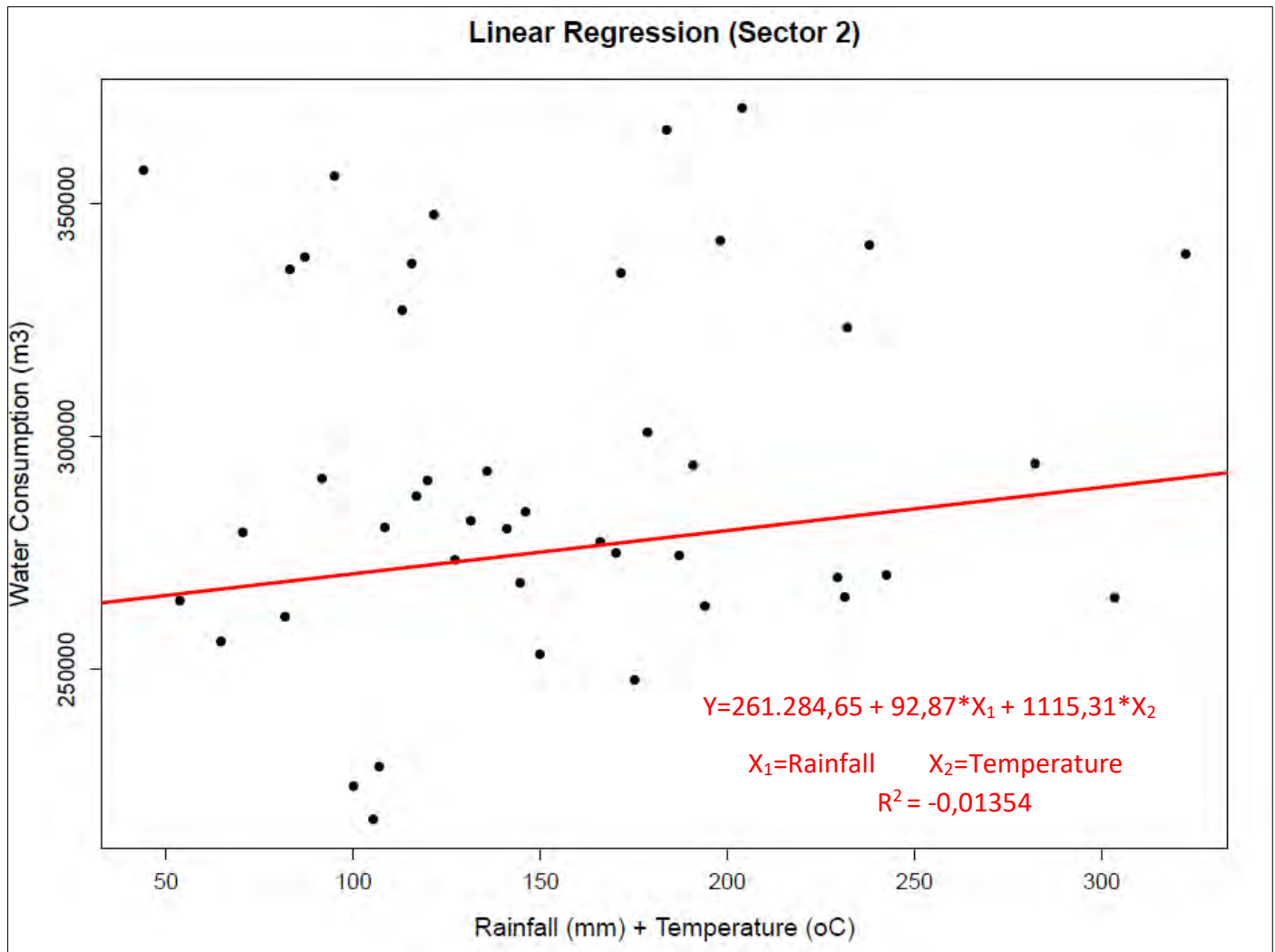
A.2.6: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης δεδομένων κατανάλωσης.



A.2.7: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και θερμοκρασίας.



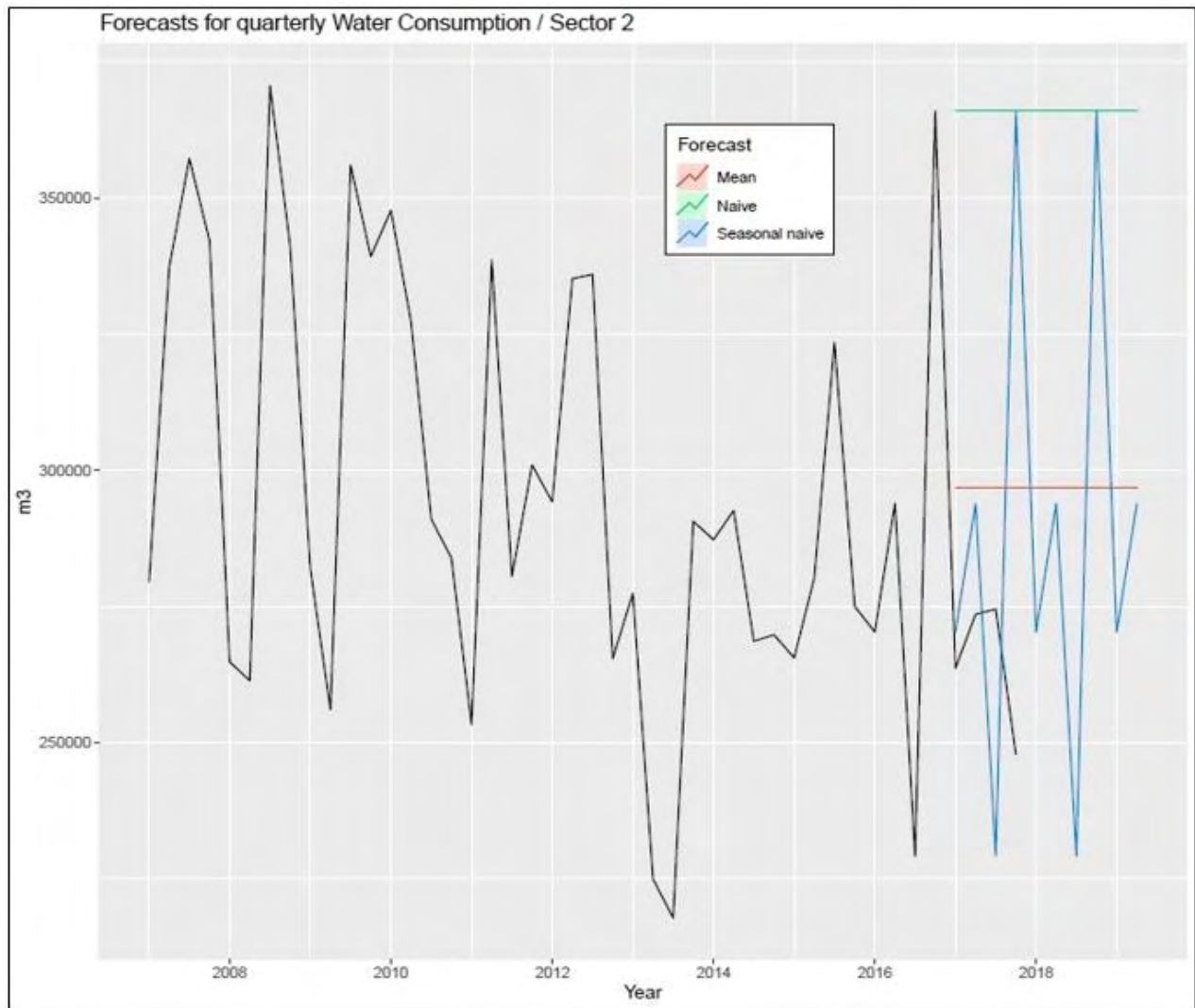
A.2.8: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και βροχόπτωσης.



A.2.9: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και βροχόπτωσης.

Adjusted R-squared (R^2)			
	Temperature (C°)	Rainfall (mm)	Temperature (C°) + Rainfall (mm)
Water Consumption (m ³)	-0,01131	-0,0167	-0,01354

A.2.10: Συντελεστής συσχέτισης μεταβλητών



A.2.11: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τις μεθόδους Average, Naïve, Seasonal naïve.

Average (mean) method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	296851.8	244202	349501.7	215161.7	378542
2017 Q2	296851.8	244202	349501.7	215161.7	378542
2017 Q3	296851.8	244202	349501.7	215161.7	378542
2017 Q4	296851.8	244202	349501.7	215161.7	378542
2018 Q1	296851.8	244202	349501.7	215161.7	378542
2018 Q2	296851.8	244202	349501.7	215161.7	378542
2018 Q3	296851.8	244202	349501.7	215161.7	378542
2018 Q4	296851.8	244202	349501.7	215161.7	378542
2019 Q1	296851.8	244202	349501.7	215161.7	378542
2019 Q2	296851.8	244202	349501.7	215161.7	378542

A.2.12: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Average.

Naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	365887	302809.5	428964.5	269418.32	462355.7
2017 Q2	365887	276682.0	455092.0	229459.69	502314.3
2017 Q3	365887	256633.6	475140.4	198798.35	532975.6
2017 Q4	365887	239732.0	492042.0	172949.65	558824.4
2018 Q1	365887	224841.5	506932.5	150176.48	581597.5
2018 Q2	365887	211379.4	520394.6	129587.97	602186.0
2018 Q3	365887	198999.7	532774.3	110654.88	621119.1
2018 Q4	365887	187477.0	544297.0	93032.38	638741.6
2019 Q1	365887	176654.6	555119.4	76480.97	655293.0
2019 Q2	365887	166418.5	565355.5	60826.26	670947.7

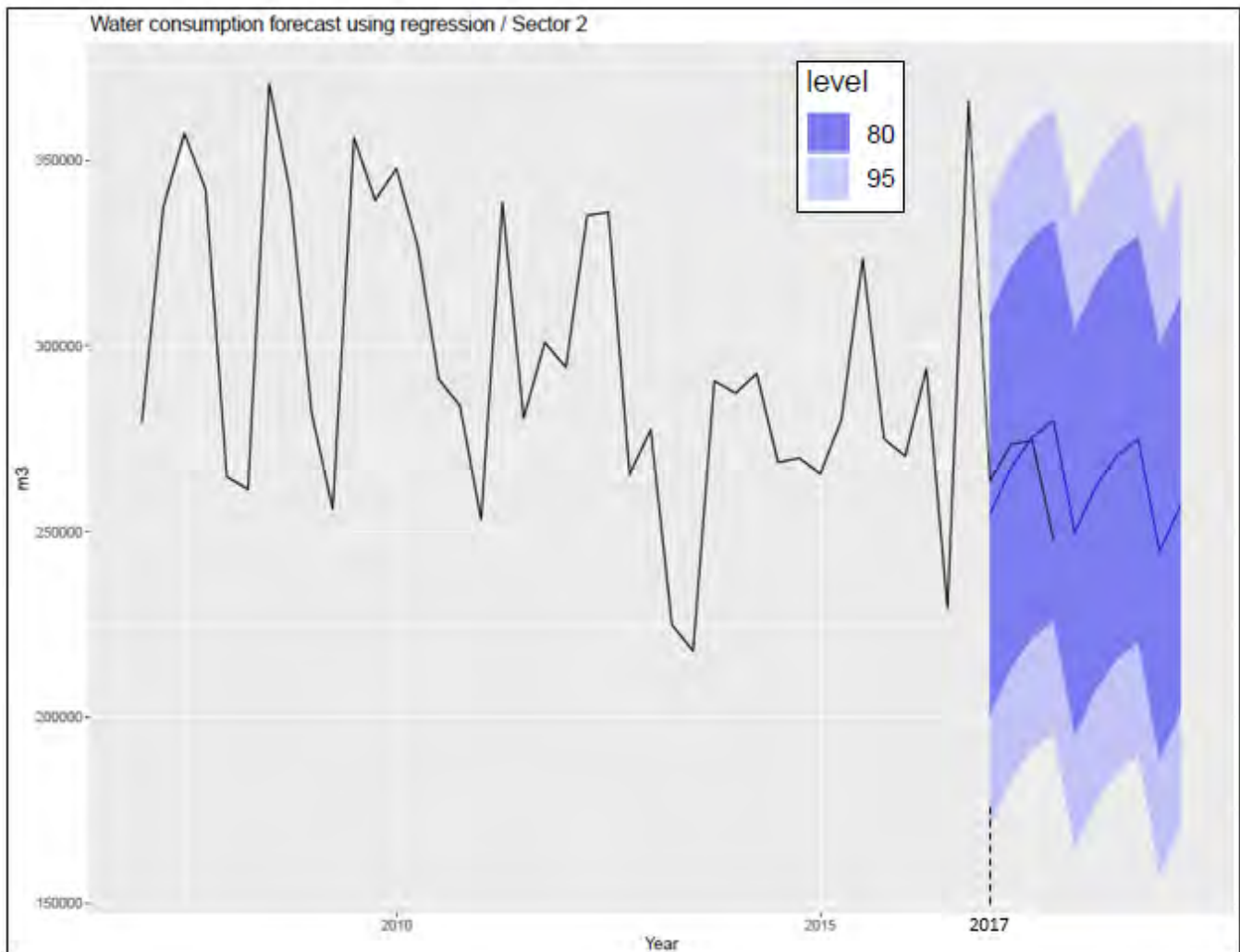
A.2.13: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Naïve.

Seasonal naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	270314	204655.6	335972.4	169898.21	370729.8
2017 Q2	293914	228255.6	359572.4	193498.21	394329.8
2017 Q3	229187	163528.6	294845.4	128771.21	329602.8
2017 Q4	365887	300228.6	431545.4	265471.21	466302.8
2018 Q1	270314	177459.1	363168.9	128304.63	412323.4
2018 Q2	293914	201059.1	386768.9	151904.63	435923.4
2018 Q3	229187	136332.1	322041.9	87177.63	371196.4
2018 Q4	365887	273032.1	458741.9	223877.63	507896.4
2019 Q1	270314	156590.4	384037.6	96388.75	444239.3
2019 Q2	293914	180190.4	407637.6	119988.75	467839.3

A.2.14: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Seasonal Naïve.

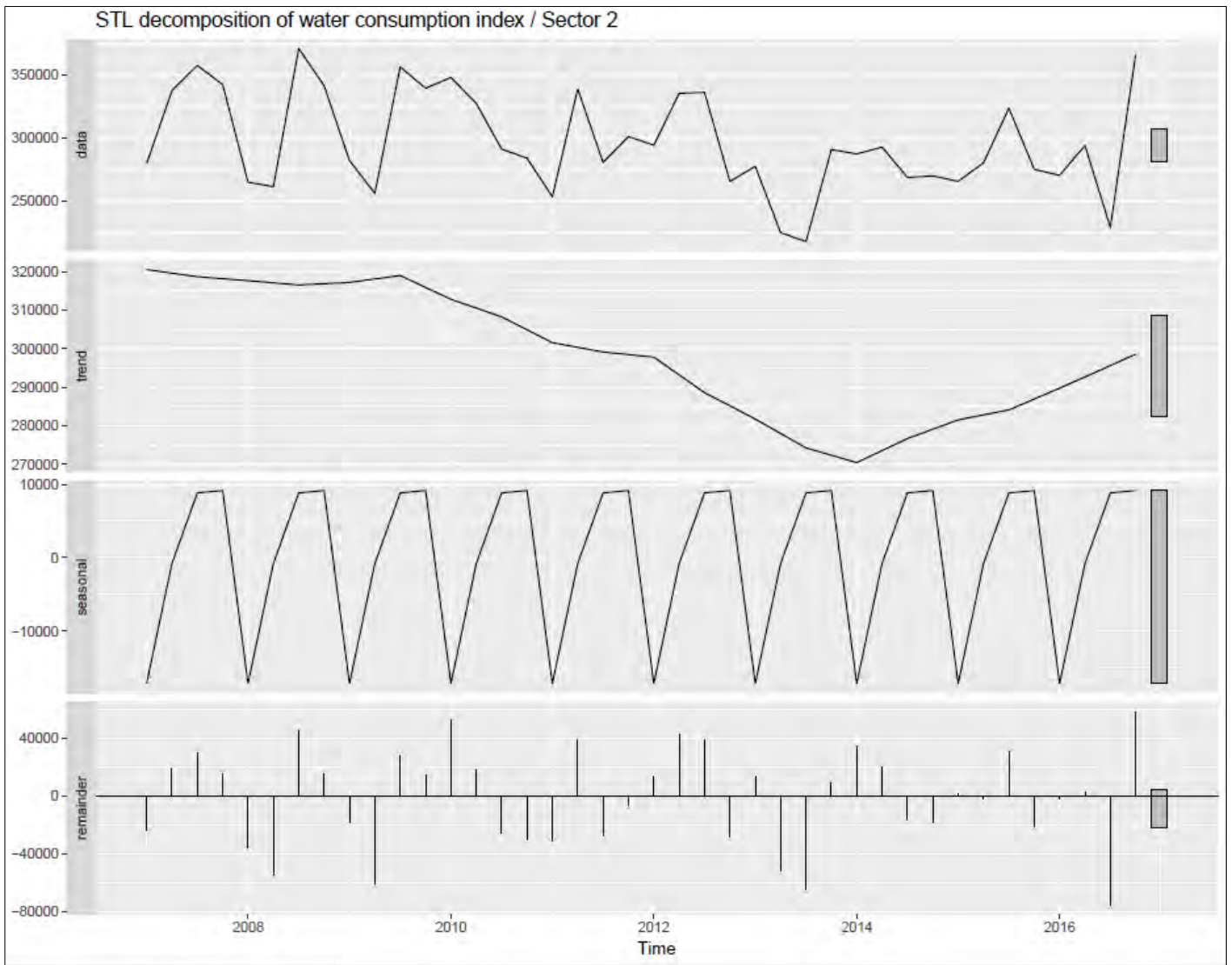


A.2.15: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο παλινδρόμησης.

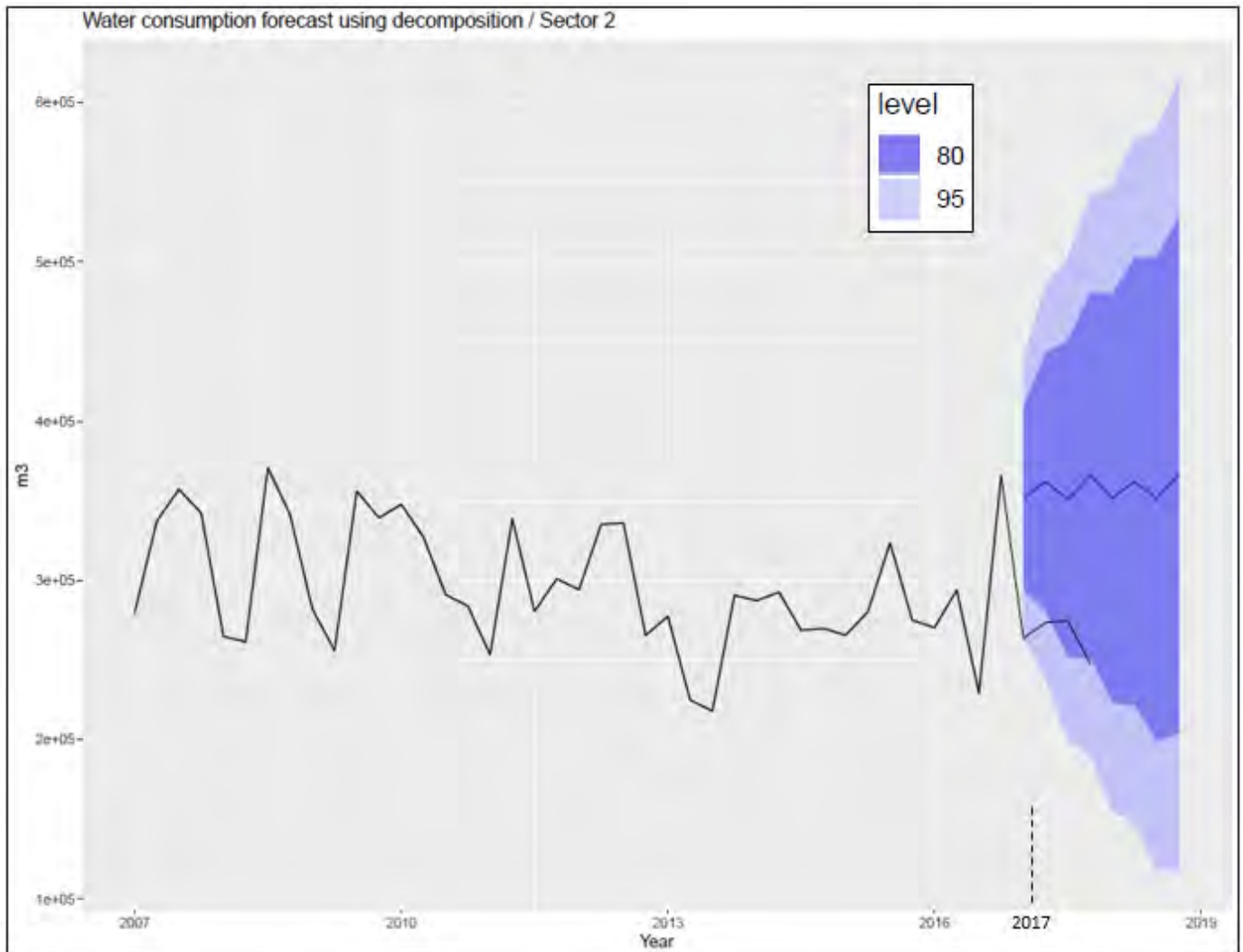
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	254711.3	200751.2	308671.4	170846.8	338575.8
2017 Q2	267229.8	213269.7	321189.9	183365.3	351094.3
2017 Q3	275546.4	221586.3	329506.5	191681.9	359410.9
2017 Q4	279917.1	225957.0	333877.2	196052.6	363781.6
2018 Q1	249711.2	194934.0	304488.4	164576.7	334845.7
2018 Q2	262229.7	207452.5	317006.9	177095.2	347364.2
2018 Q3	270546.3	215769.1	325323.5	185411.8	355680.8
2018 Q4	274917.0	220139.8	329694.2	189782.5	360051.5
2019 Q1	244711.0	188995.7	300426.4	158118.5	331303.6
2019 Q2	257229.5	201514.2	312944.9	170637.0	343822.1

A.2.16: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου παλινδρόμησης.



Α.2.17: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων, μεθόδου αποσύνθεσης.

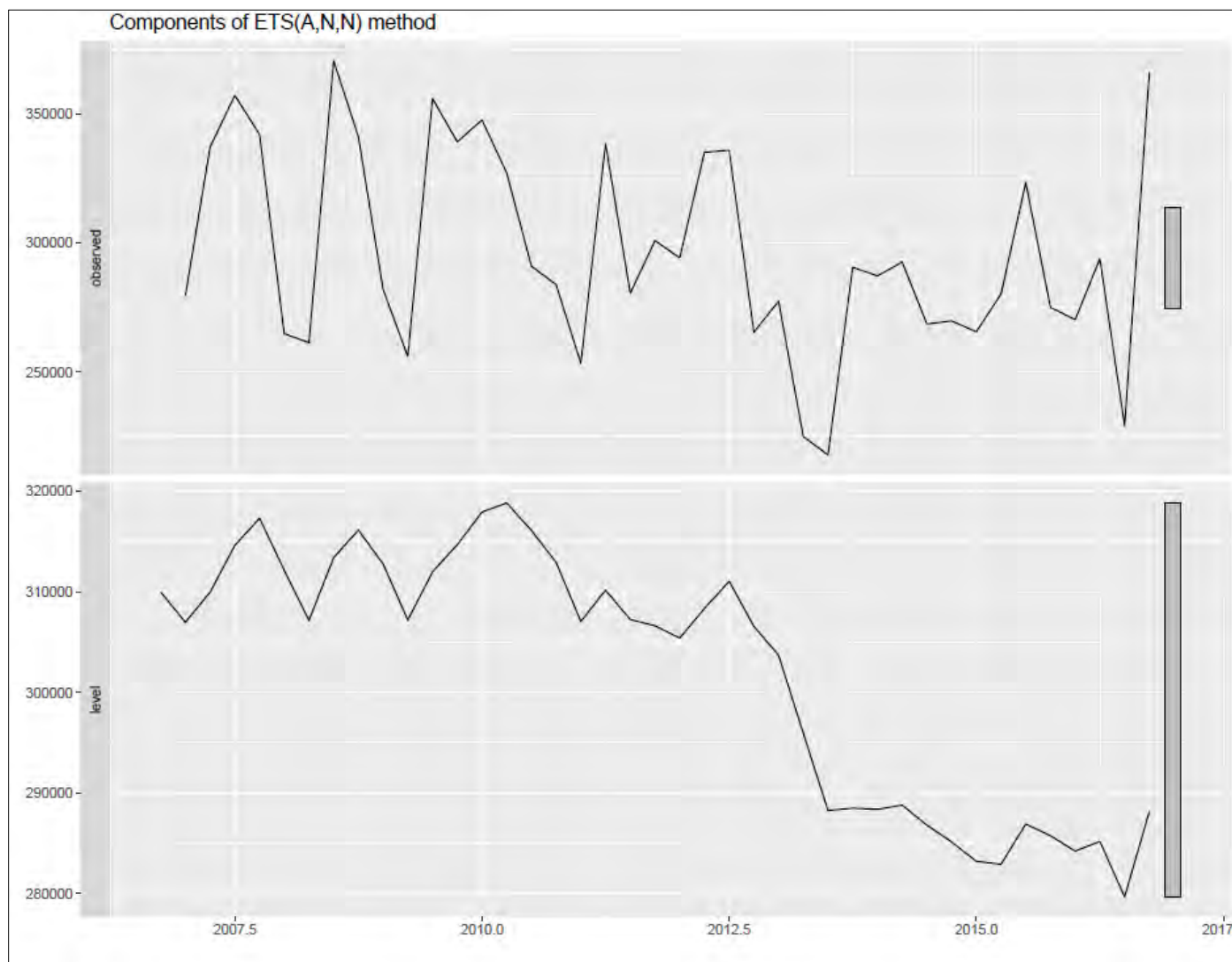


A.2.18: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο αποσύνθεσης.

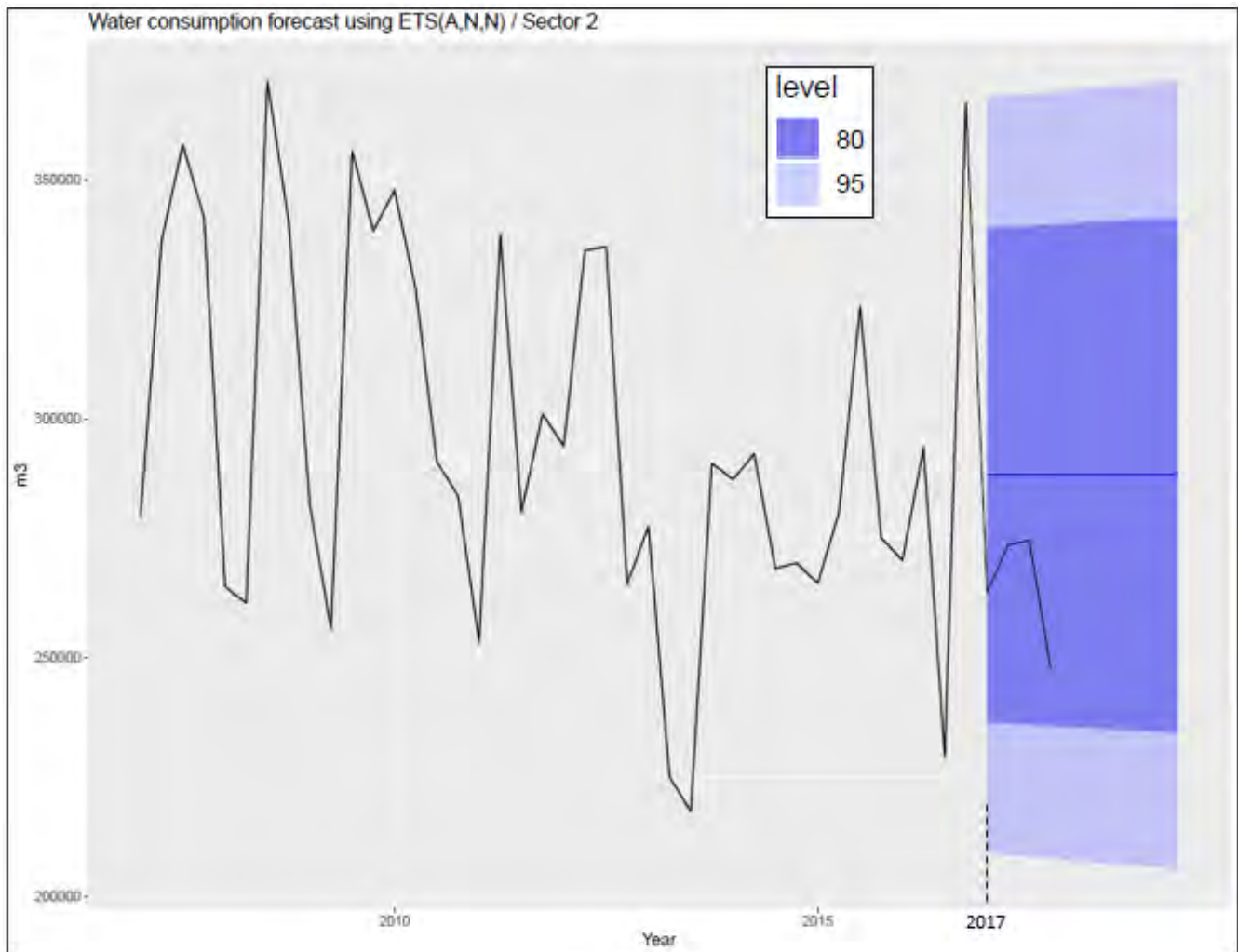
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	351554.2	294177.8	408930.7	263804.6	439303.9
2017 Q2	361916.2	280773.7	443058.7	237819.4	486013.0
2017 Q3	351157.7	251778.8	450536.6	199170.8	503144.6
2017 Q4	365887.0	251134.1	480639.9	190387.6	541386.4
2018 Q1	351554.2	223256.6	479851.9	155340.0	547768.5
2018 Q2	361916.2	221373.2	502459.2	146974.2	576858.2
2018 Q3	351157.7	199353.9	502961.5	118993.9	583321.6
2018 Q4	365887.0	203601.9	528172.1	117693.4	614080.6

A.2.19: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου αποσύνθεσης.



Α.2.20: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων μεθόδου εκθετικής εξομάλυσης.

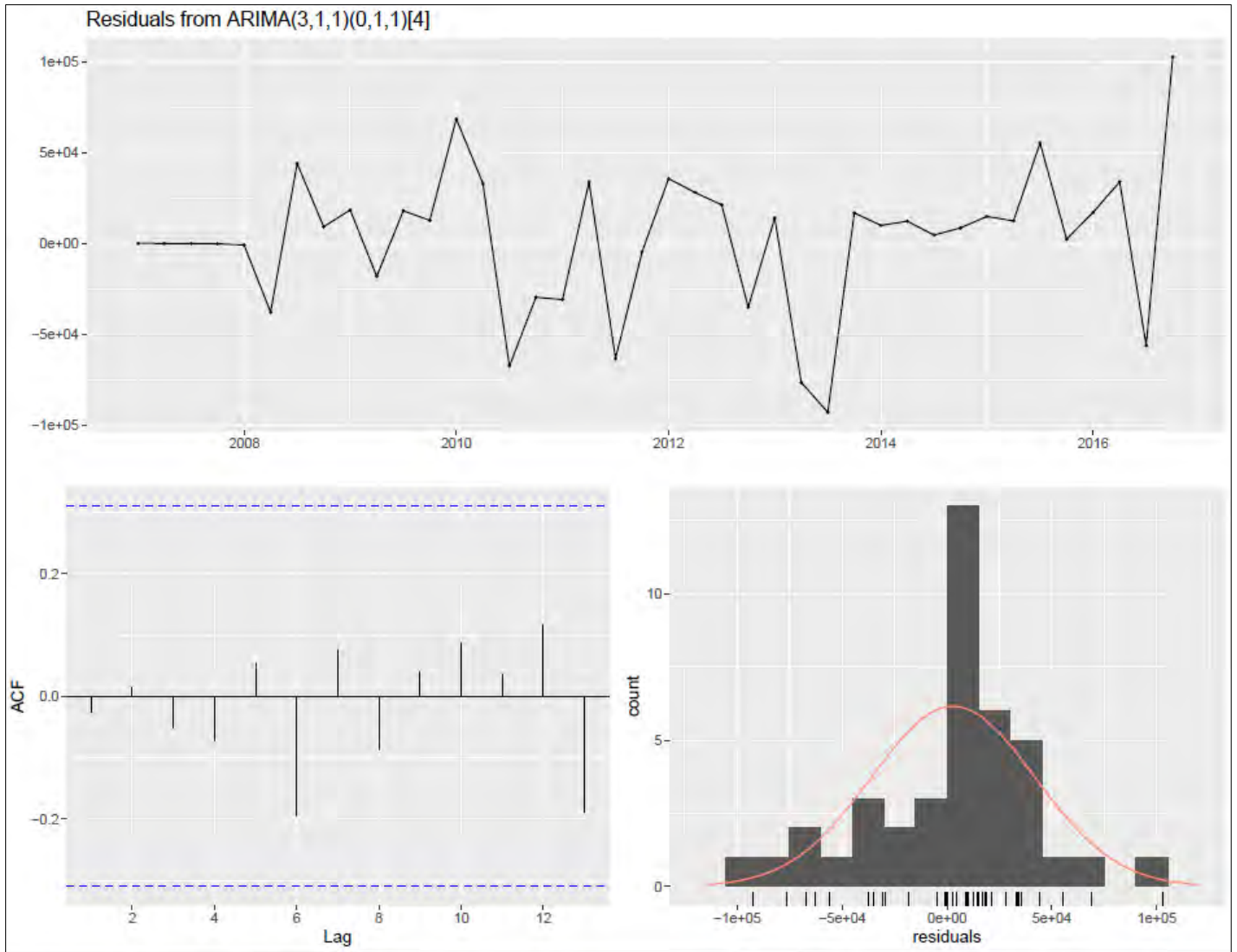


A.2.21: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης.

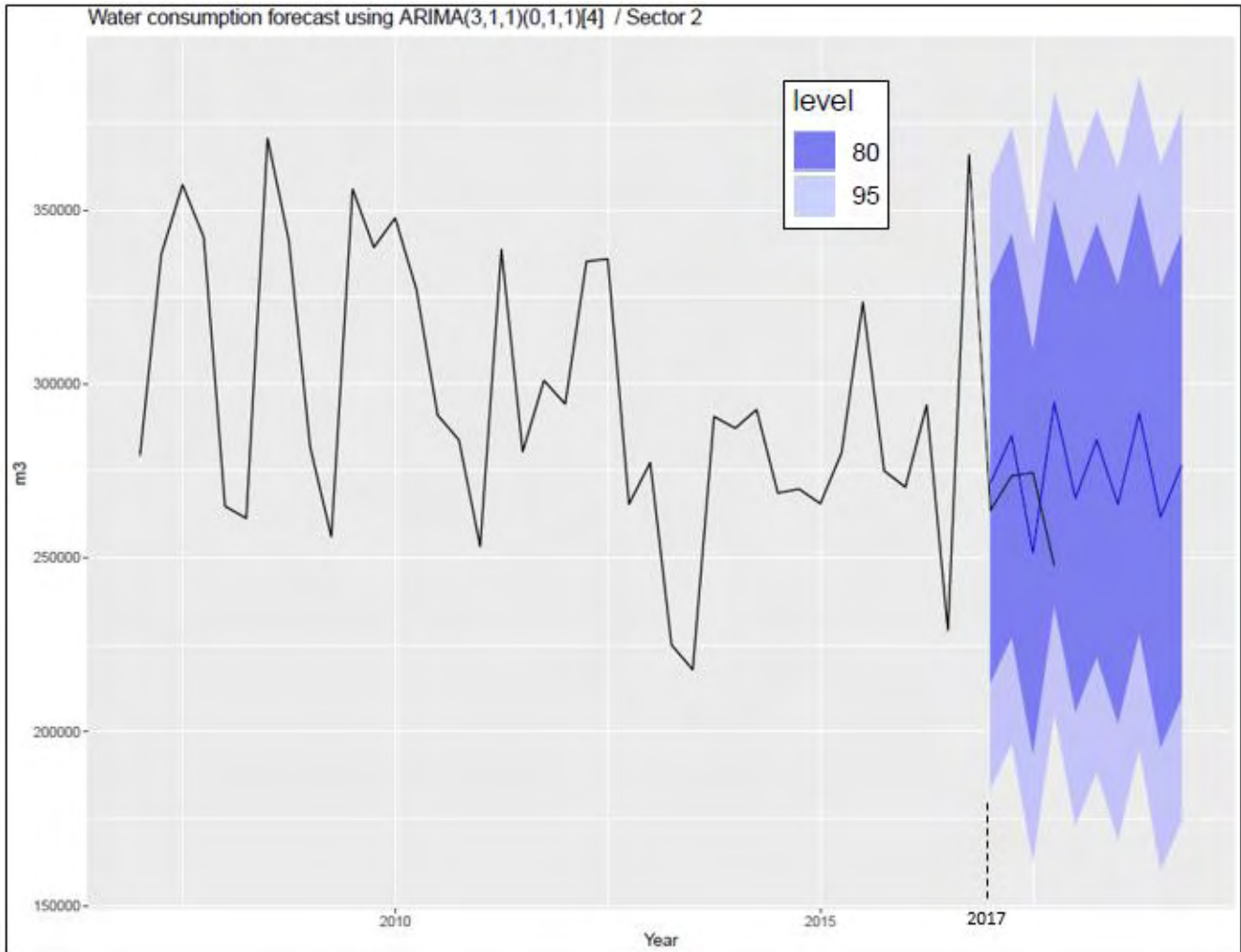
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	288151	236491.8	339810.3	209145.0	367157.1
2017 Q2	288151	236241.9	340060.1	208762.9	367539.1
2017 Q3	288151	235993.3	340308.8	208382.6	367919.4
2017 Q4	288151	235745.8	340556.2	208004.2	368297.9
2018 Q1	288151	235499.5	340802.5	207627.5	368674.6
2018 Q2	288151	235254.4	341047.7	207252.6	369049.5
2018 Q3	288151	235010.3	341291.7	206879.4	369422.7
2018 Q4	288151	234767.4	341534.6	206507.9	369794.2
2019 Q1	288151	234525.6	341776.4	206138.1	370164.0
2019 Q2	288151	234284.9	342017.1	205769.9	370532.1

A.2.22: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης.



A.2.23: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης και υπολειμμάτων μοντέλου ARIMA(3,1,1)(0,1,1)₄.



A.2.24: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης με το μοντέλο ARIMA(3,1,1)(0,1,1)₄.

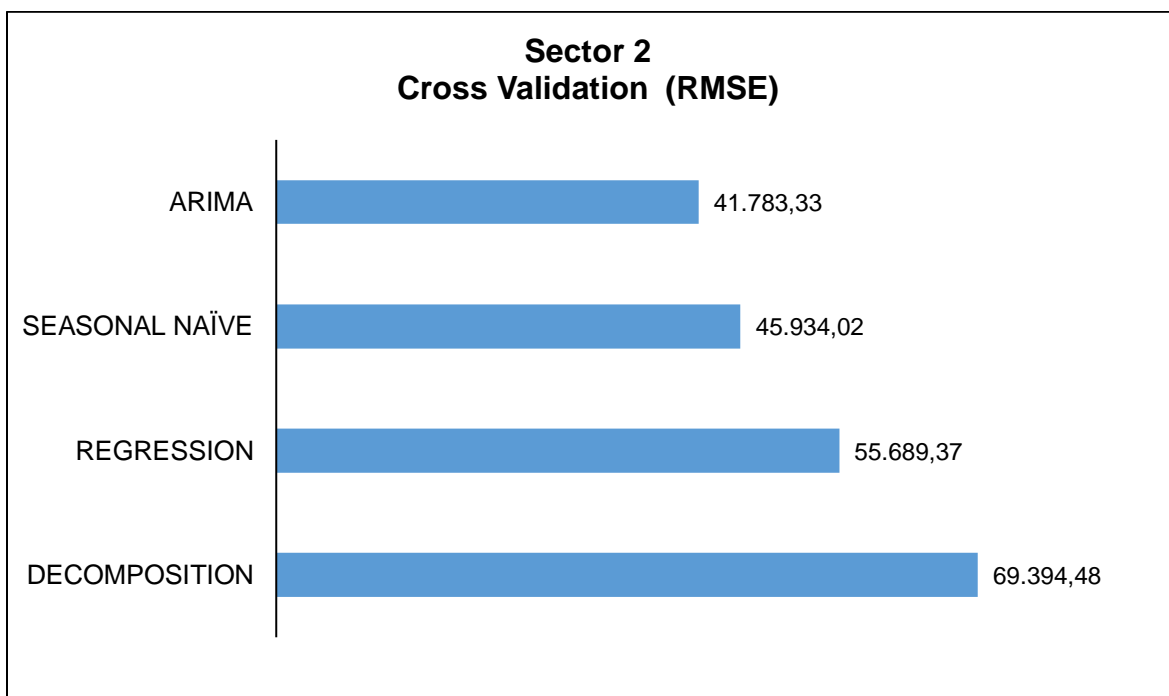
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	271454.1	214120.4	328787.9	183769.7	359138.6
2017 Q2	285117.2	227236.0	342998.4	196595.5	373638.8
2017 Q3	251472.6	193596.3	309349.0	162958.4	339986.9
2017 Q4	294632.4	236411.9	352853.0	205591.7	383673.1
2018 Q1	267139.9	205762.3	328517.4	173271.0	361008.7
2018 Q2	283871.1	221604.2	346138.0	188642.0	379100.1
2018 Q3	265324.4	202328.3	328320.5	168980.1	361668.6
2018 Q4	291637.6	228514.0	354761.3	195098.3	388176.9
2019 Q1	261689.8	195518.9	327860.7	160490.2	362889.4
2019 Q2	276700.0	209918.9	343481.0	174567.2	378832.8

A.2.25: Αποτελέσματα πρόγνωσης μοντέλου ARIMA(3,1,1)(0,1,1)₄.

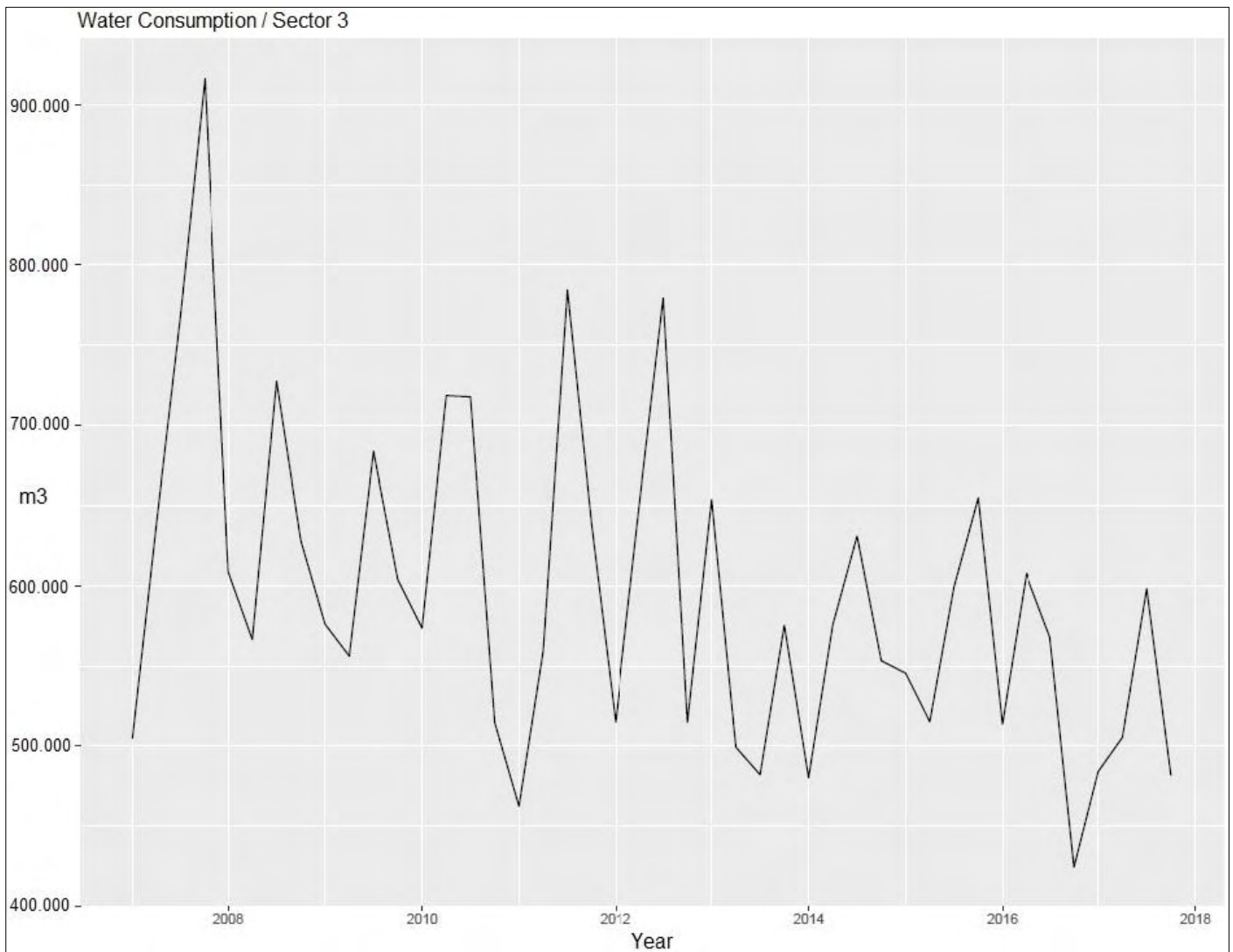
Root Mean Square Error (RMSE)			
<i>Regression</i>	<i>Seasonal Naïve</i>	<i>Decomposition</i>	<i>ARIMA</i>
16.978,95	64.150,36	94.010,83	27.018,65

A.2.26: Πίνακας σφαλμάτων των καταλληλότερων μοντέλων πρόγνωσης.

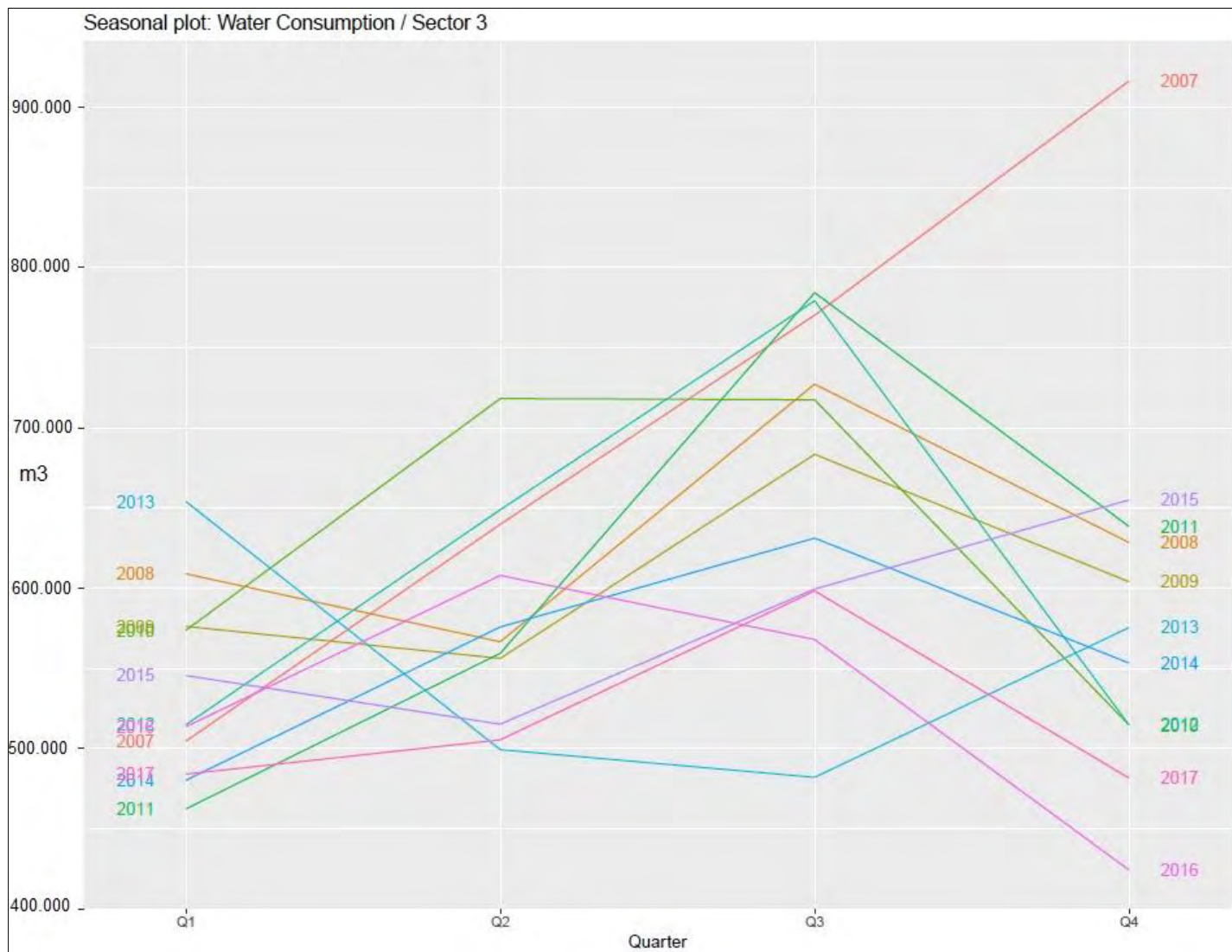


A.2.27: Γράφημα σφαλμάτων μεθόδου cross validation για τα τέσσερα επικρατέστερα μοντέλα.

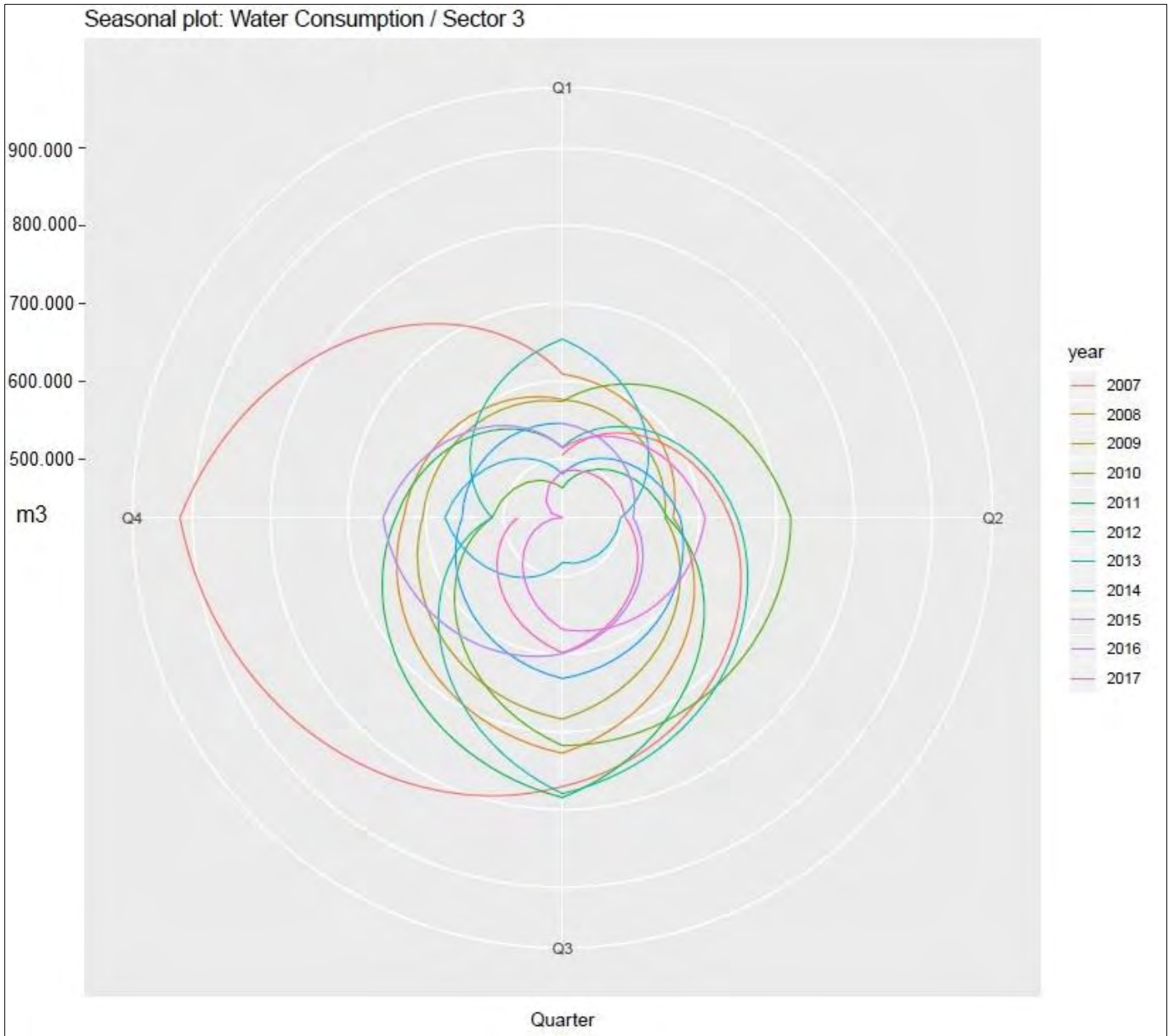
TOMEΑΣ 3



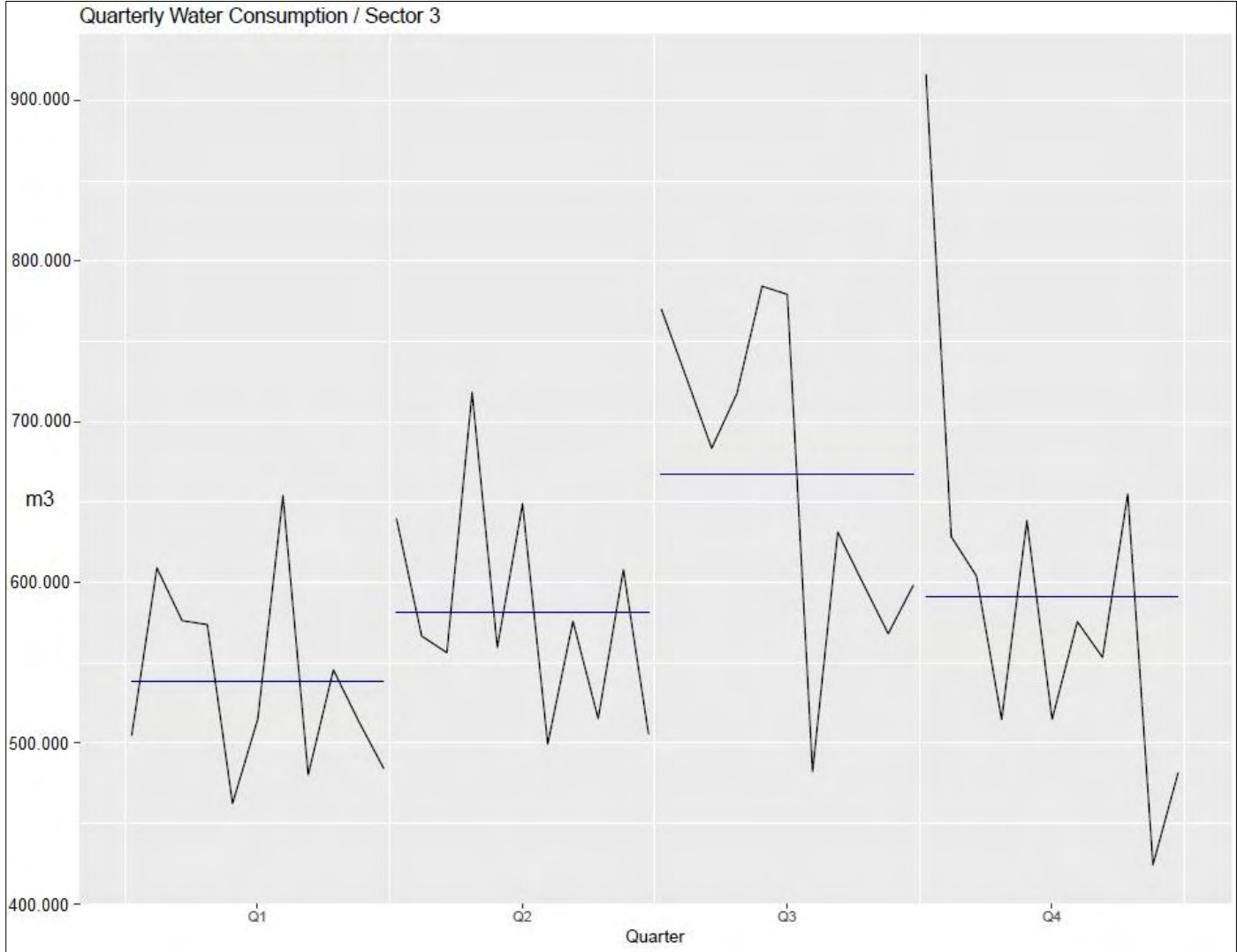
A.3.1: Χρονοσειρά τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού, Τομέα 3.



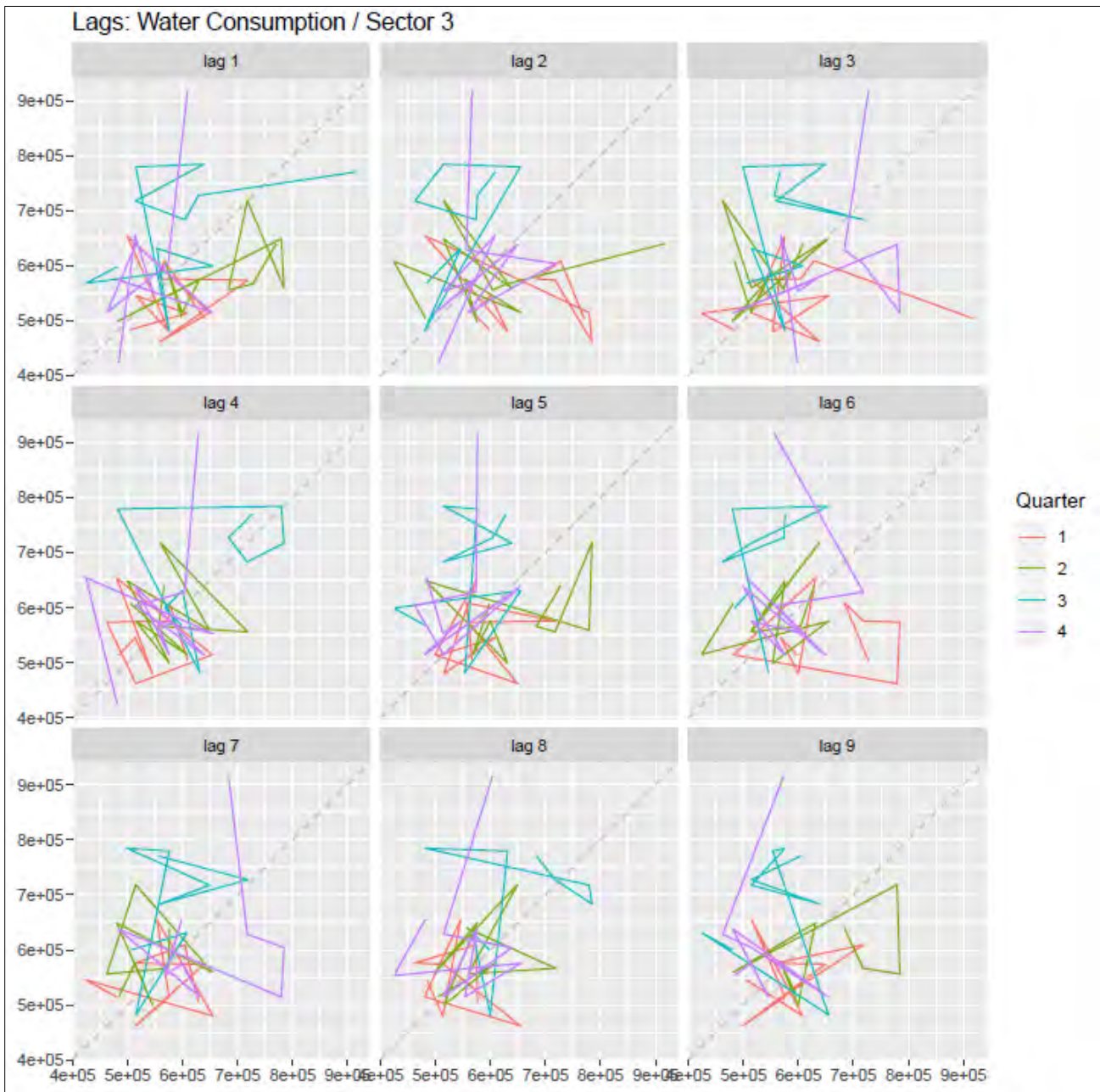
A.3.2: Τριμηνιαία κατανάλωση νερού για κάθε έτος.



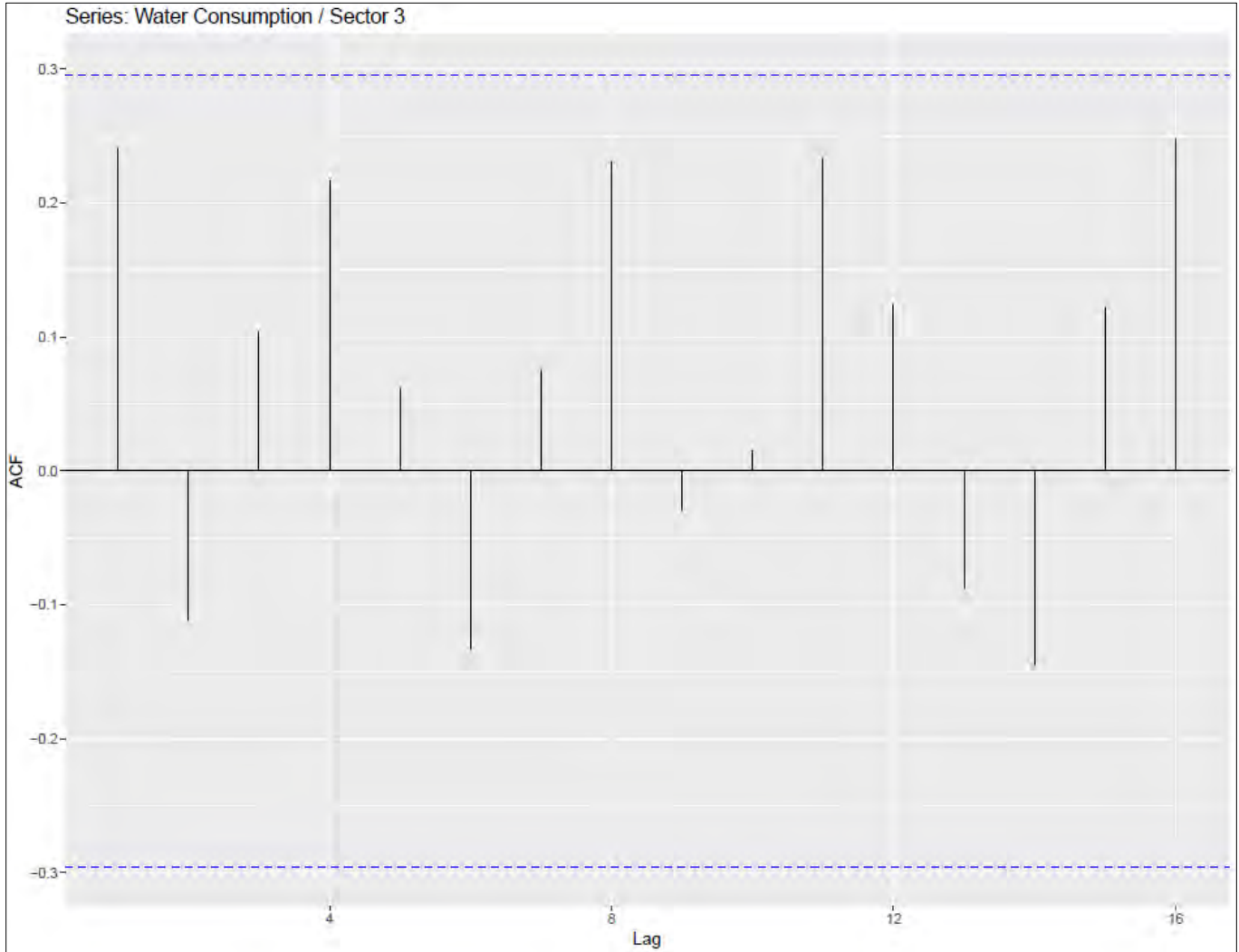
A.3.3: Κυκλική αναπαράσταση τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού για κάθε έτος.



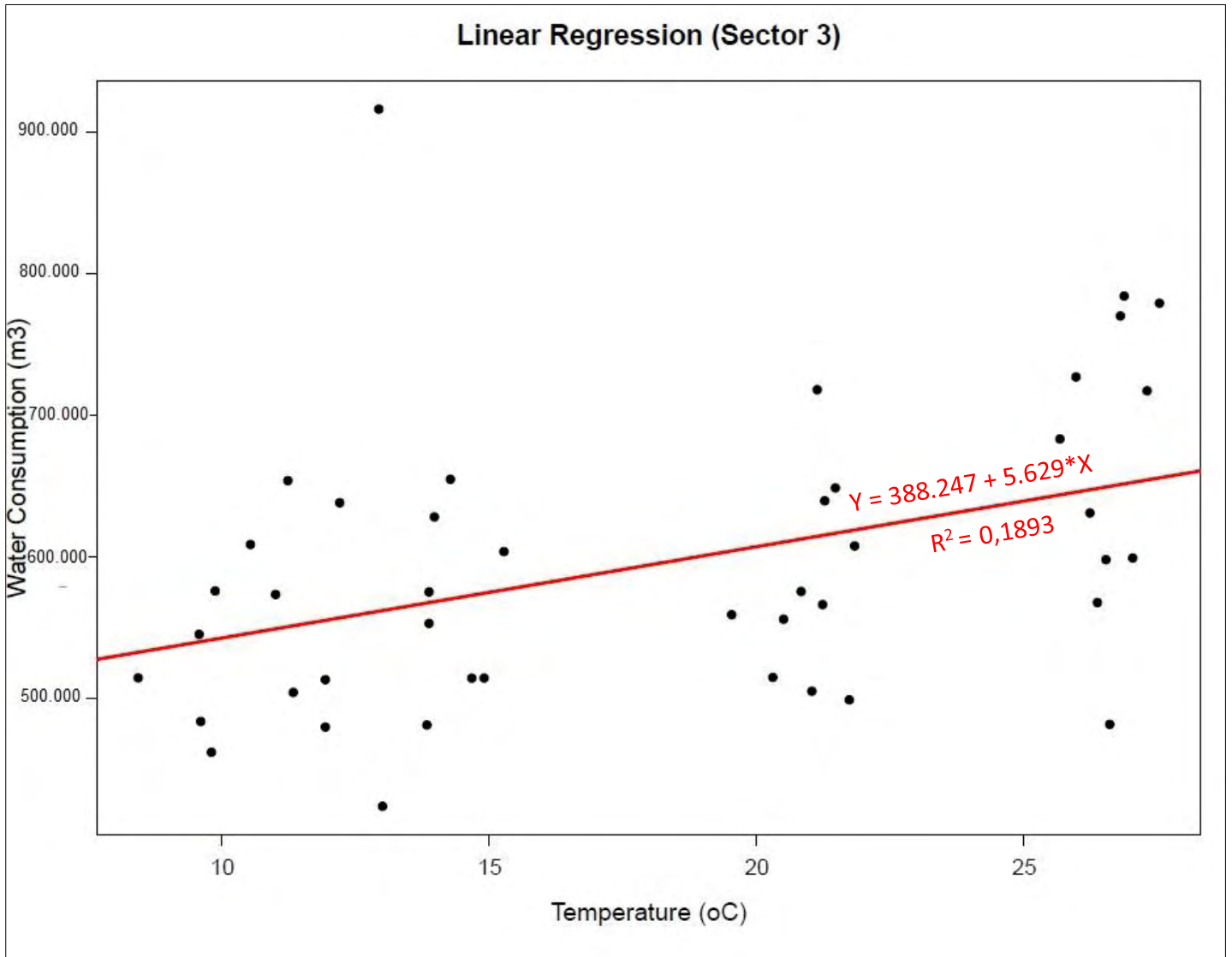
A.3.4: Διακύμανση κατανάλωσης των τεσσάρων τριμήνων.



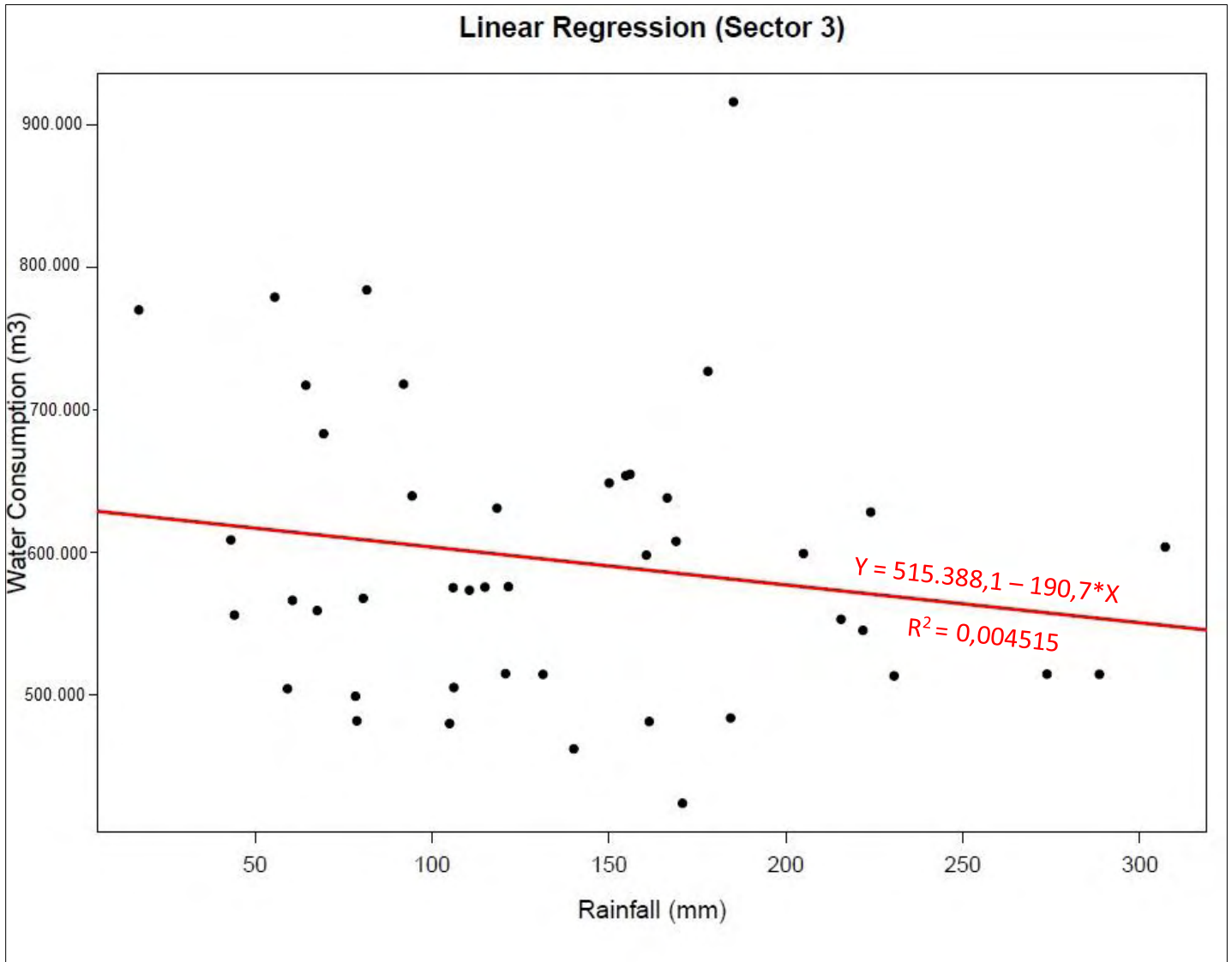
A.3.5: Διαγράμματα υστέρησης των τεσσάρων τριμήνων.



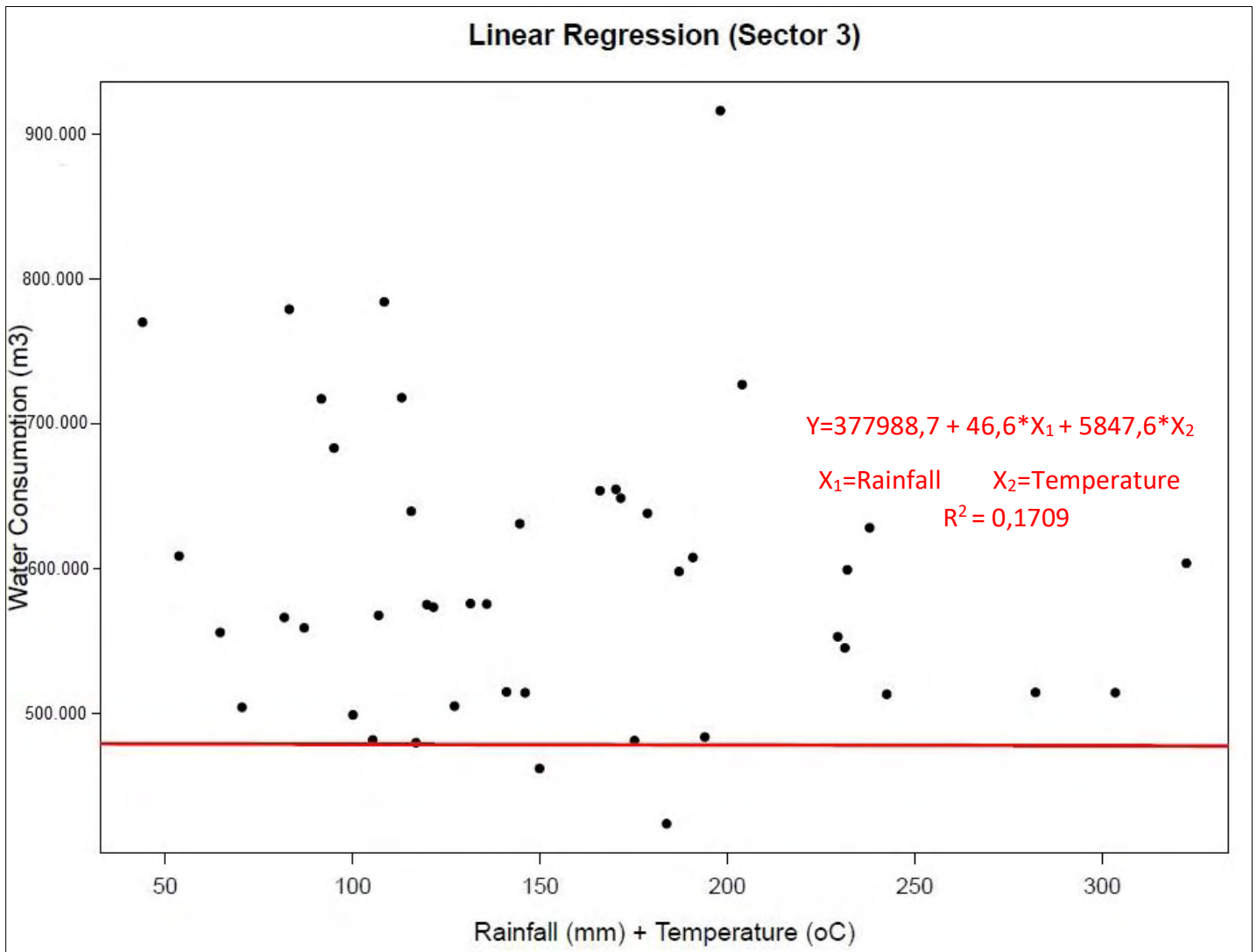
A.3.6: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης δεδομένων κατανάλωσης.



A.3.7: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και θερμοκρασίας.



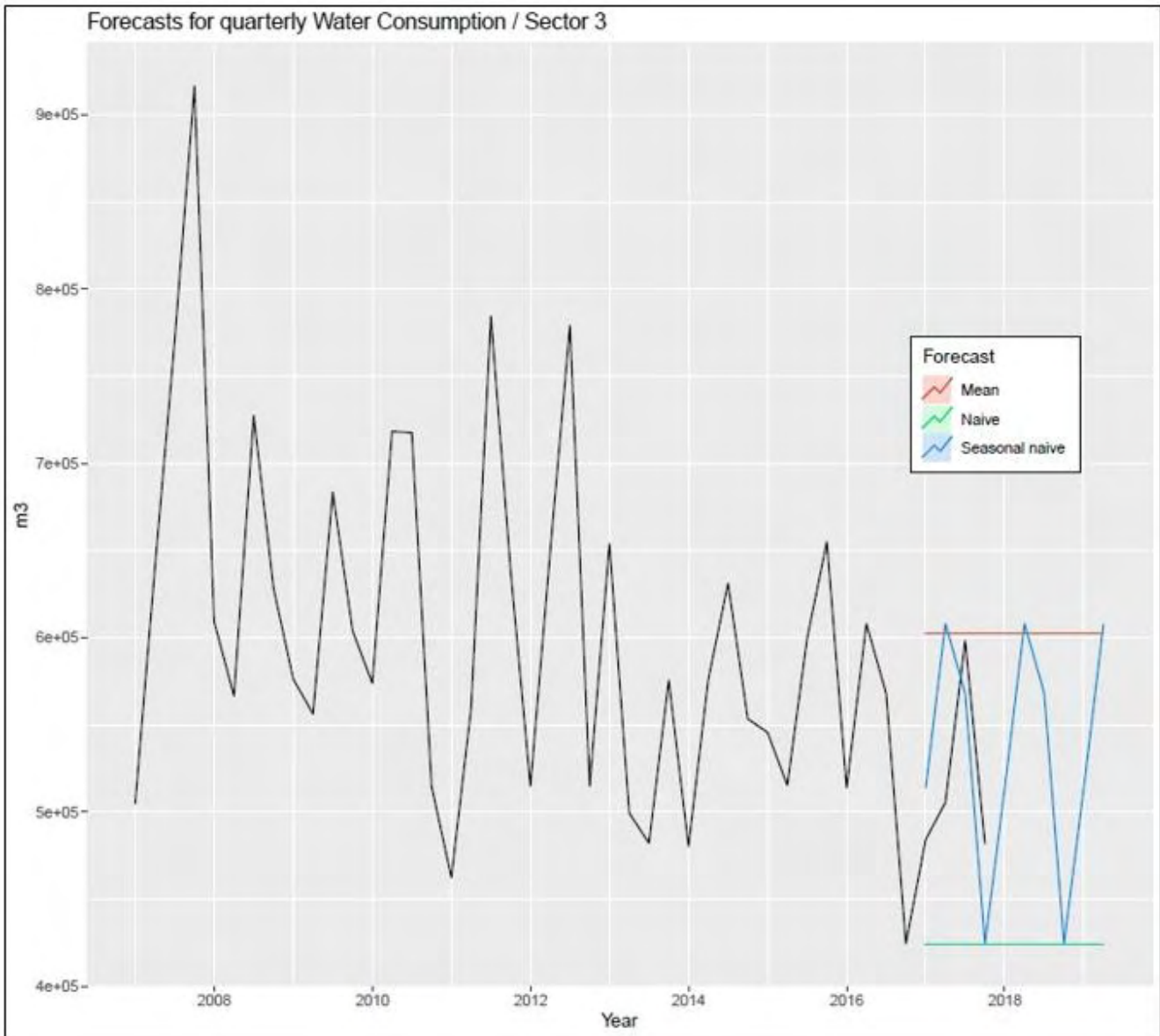
A.3.8: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και βροχόπτωσης.



A.3.9: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και βροχόπτωσης.

Adjusted R-squared (R^2)			
	Temperature (C°)	Rainfall (mm)	Temperature (C°) + Rainfall (mm)
Water Consumption (m ³)	0,1893	0,004515	0,1709

A.3.10: Συντελεστής συσχέτισης μεταβλητών



A.3.11: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τις μεθόδους Average, Naïve, Seasonal naïve.

Average (mean) method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	602284.2	467507.7	737060.8	393168.5	811399.9
2017 Q2	602284.2	467507.7	737060.8	393168.5	811399.9
2017 Q3	602284.2	467507.7	737060.8	393168.5	811399.9
2017 Q4	602284.2	467507.7	737060.8	393168.5	811399.9
2018 Q1	602284.2	467507.7	737060.8	393168.5	811399.9
2018 Q2	602284.2	467507.7	737060.8	393168.5	811399.9
2018 Q3	602284.2	467507.7	737060.8	393168.5	811399.9
2018 Q4	602284.2	467507.7	737060.8	393168.5	811399.9
2019 Q1	602284.2	467507.7	737060.8	393168.5	811399.9
2019 Q2	602284.2	467507.7	737060.8	393168.5	811399.9

A.3.12: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Average.

Naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	424225	262132.473	586317.5	176325.873	672124.1
2017 Q2	424225	194991.551	653458.4	73642.692	774807.3
2017 Q3	424225	143472.508	704977.5	-5148.883	853598.9
2017 Q4	424225	100039.947	748410.1	-71573.254	920023.3
2018 Q1	424225	61775.092	786674.9	-130094.300	978544.3
2018 Q2	424225	27181.019	821269.0	-183001.369	1031451.4
2018 Q3	424225	-4631.515	853081.5	-231654.440	1080104.4
2018 Q4	424225	-34241.899	882691.9	-276939.615	1125389.6
2019 Q1	424225	-62052.580	910502.6	-319472.381	1167922.4
2019 Q2	424225	-88356.576	936806.6	-359700.871	1208150.9

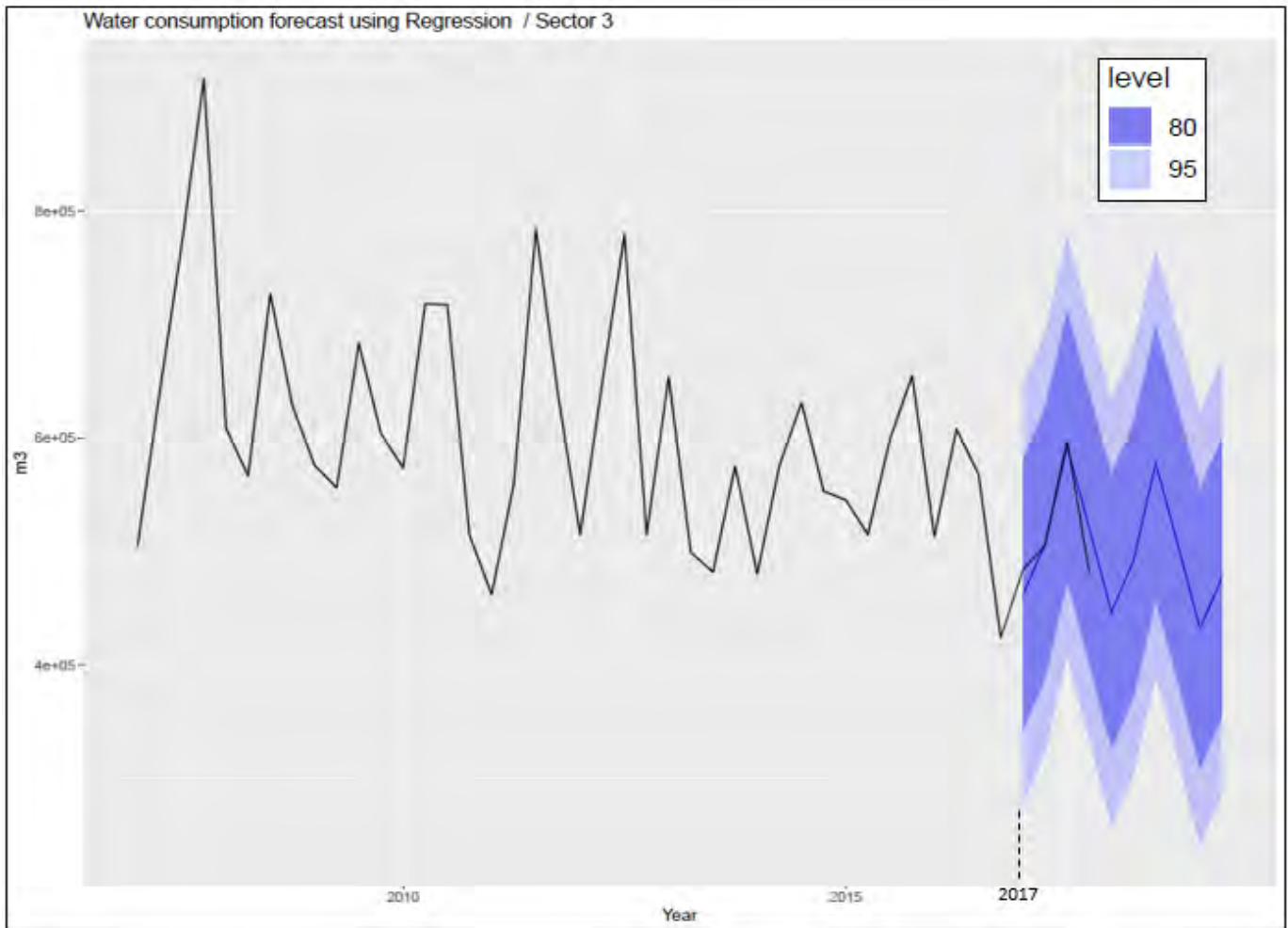
A.3.13: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Naïve.

Seasonal naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	513614	362613.4	664614.6	282678.57	744549.4
2017 Q2	608038	457037.4	759038.6	377102.57	838973.4
2017 Q3	568054	417053.4	719054.6	337118.57	798989.4
2017 Q4	424225	273224.4	575225.6	193289.57	655160.4
2018 Q1	513614	300067.0	727161.0	187021.98	840206.0
2018 Q2	608038	394491.0	821585.0	281445.98	934630.0
2018 Q3	568054	354507.0	781601.0	241461.98	894646.0
2018 Q4	424225	210678.0	637772.0	97632.98	750817.0
2019 Q1	513614	252073.4	775154.6	113622.10	913605.9
2019 Q2	608038	346497.4	869578.6	208046.10	1008029.9

A.3.14: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Seasonal Naïve.

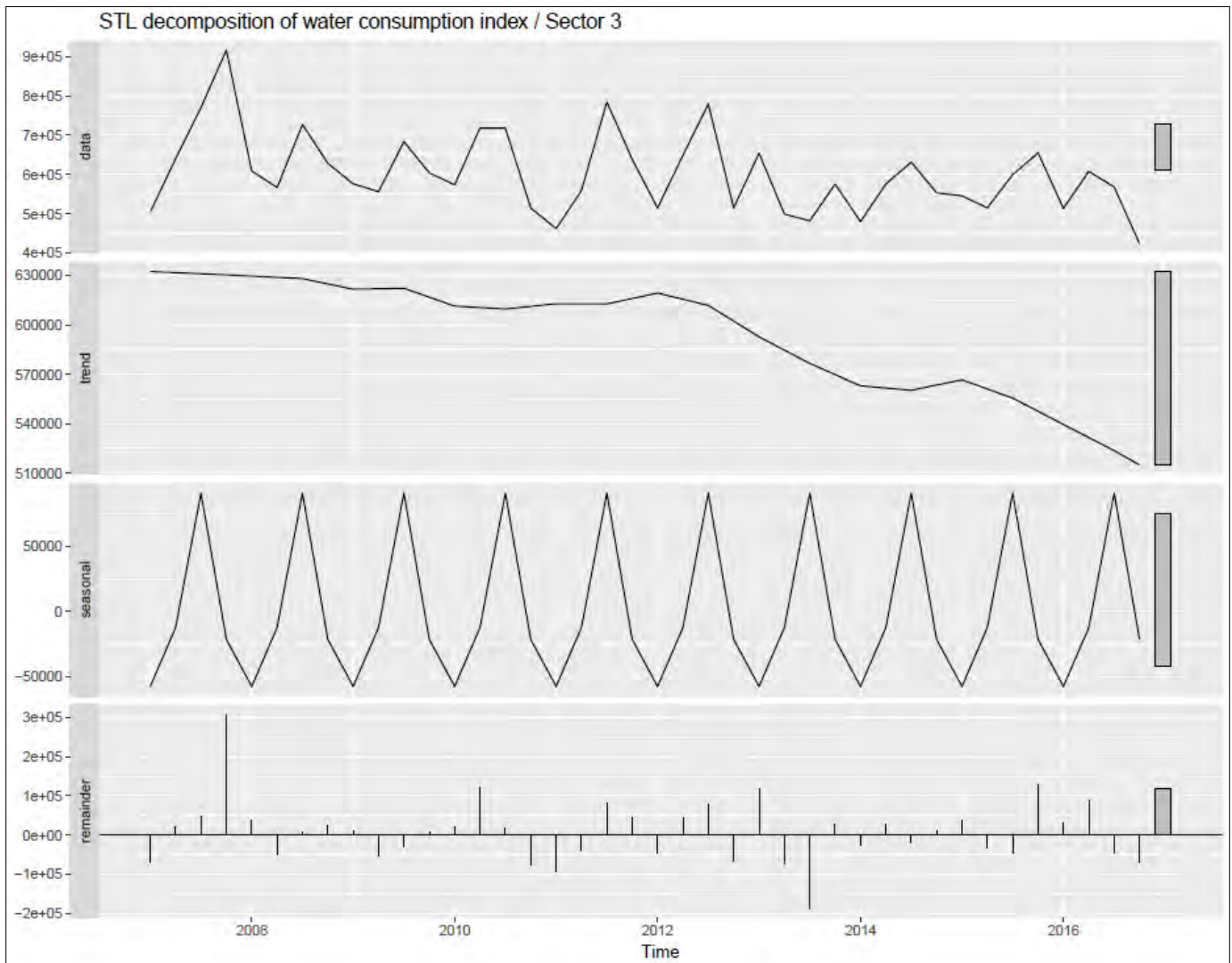


A.3.15: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο παλινδρόμησης.

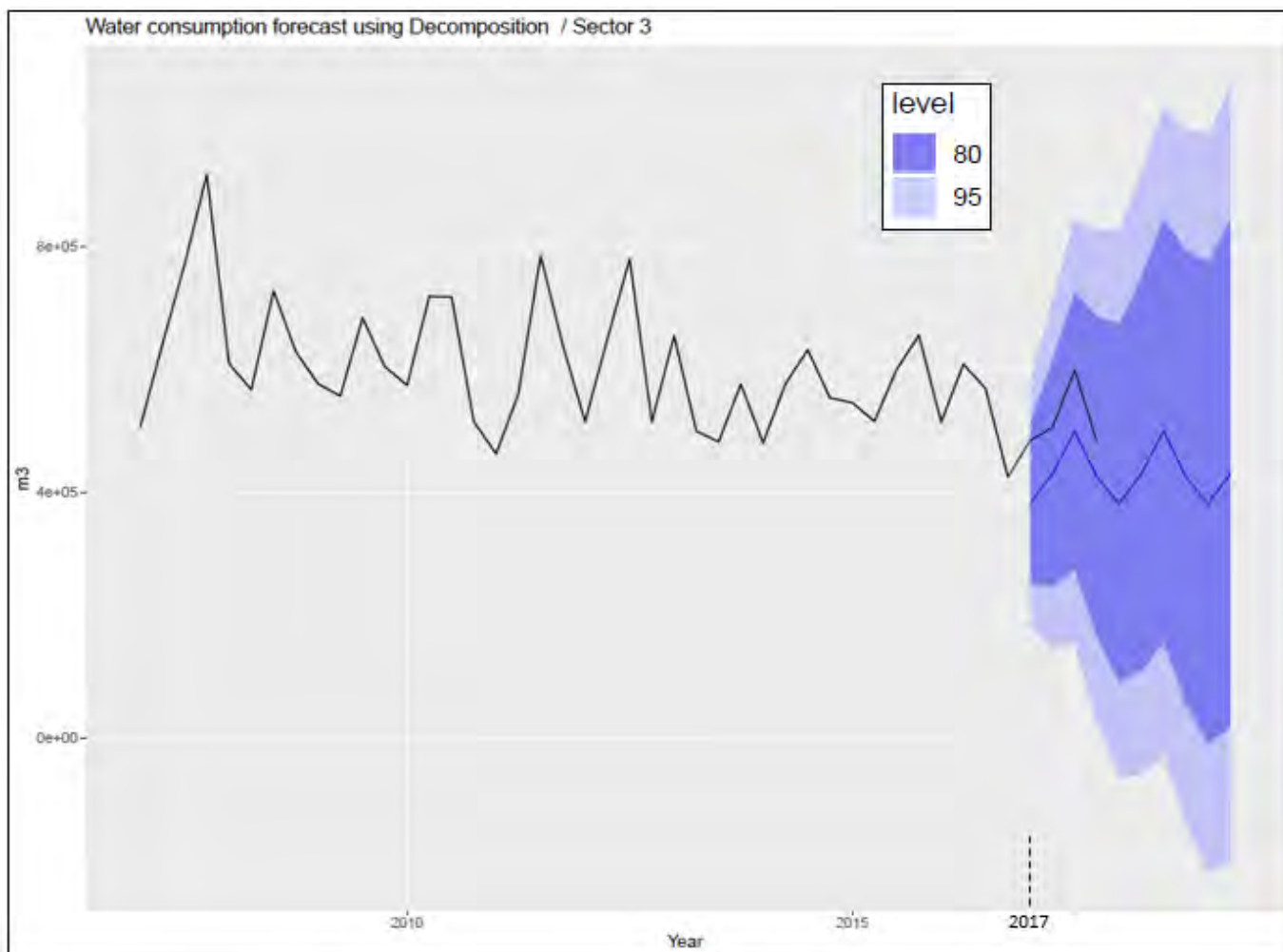
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	461821.2	342374.7	581267.7	276178.0	647464.4
2017 Q2	507193.2	387746.7	626639.7	321550.0	692836.4
2017 Q3	592756.4	473309.9	712202.9	407113.2	778399.6
2017 Q4	520904.1	401457.6	640350.6	335260.9	706547.3
2018 Q1	446982.0	325726.8	568237.3	258527.7	635436.4
2018 Q2	492354.0	371098.8	613609.3	303899.7	680808.4
2018 Q3	577917.2	456662.0	699172.5	389462.9	766371.6
2018 Q4	506064.9	384809.7	627320.2	317610.6	694519.3
2019 Q1	432142.8	308810.9	555474.8	240460.9	623824.8
2019 Q2	477514.8	354182.9	600846.8	285832.9	669196.8

A.3.16: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου παλινδρόμησης.



Α.3.17: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων, μεθόδου αποσύνθεσης.

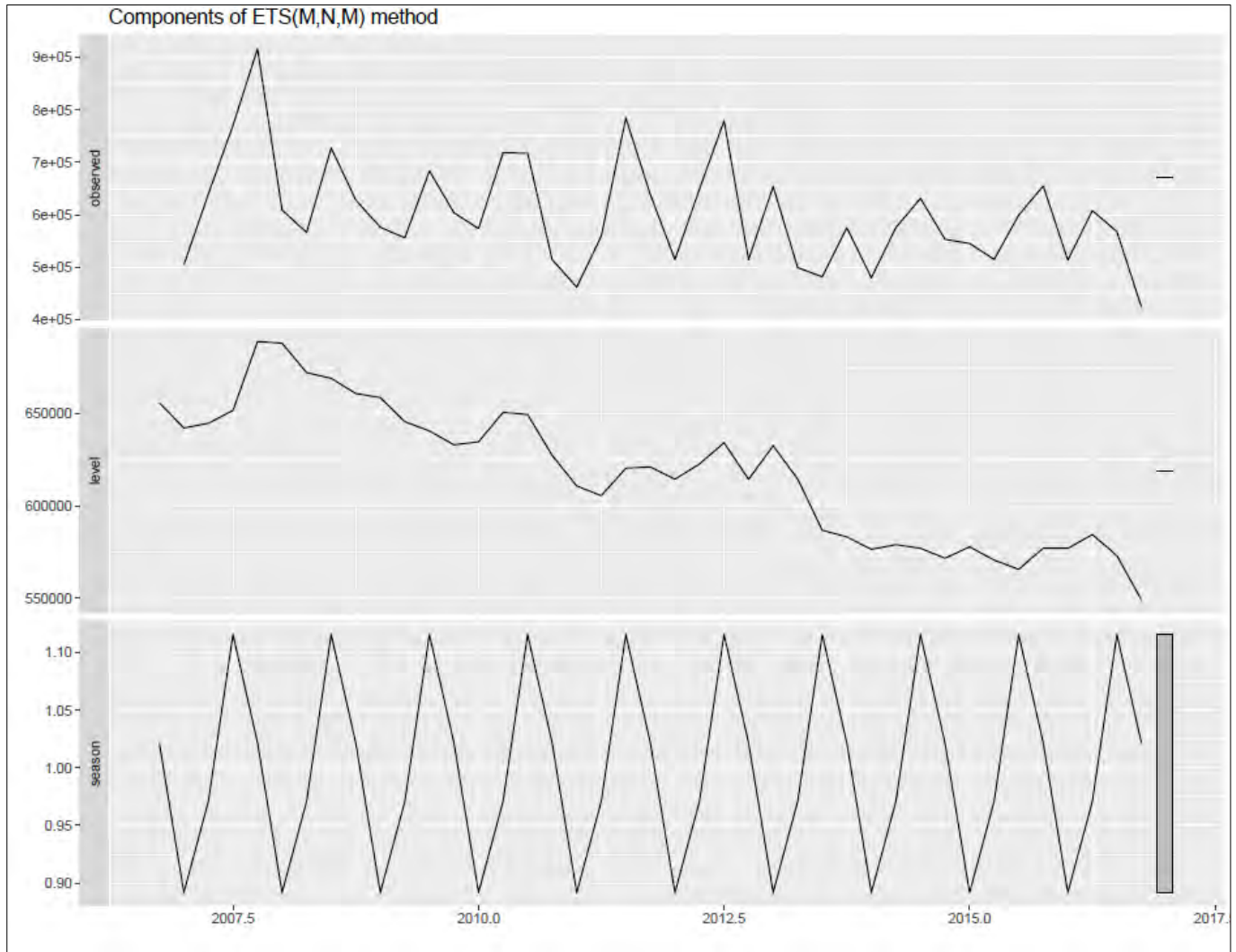


A.3.18: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο αποσύνθεσης.

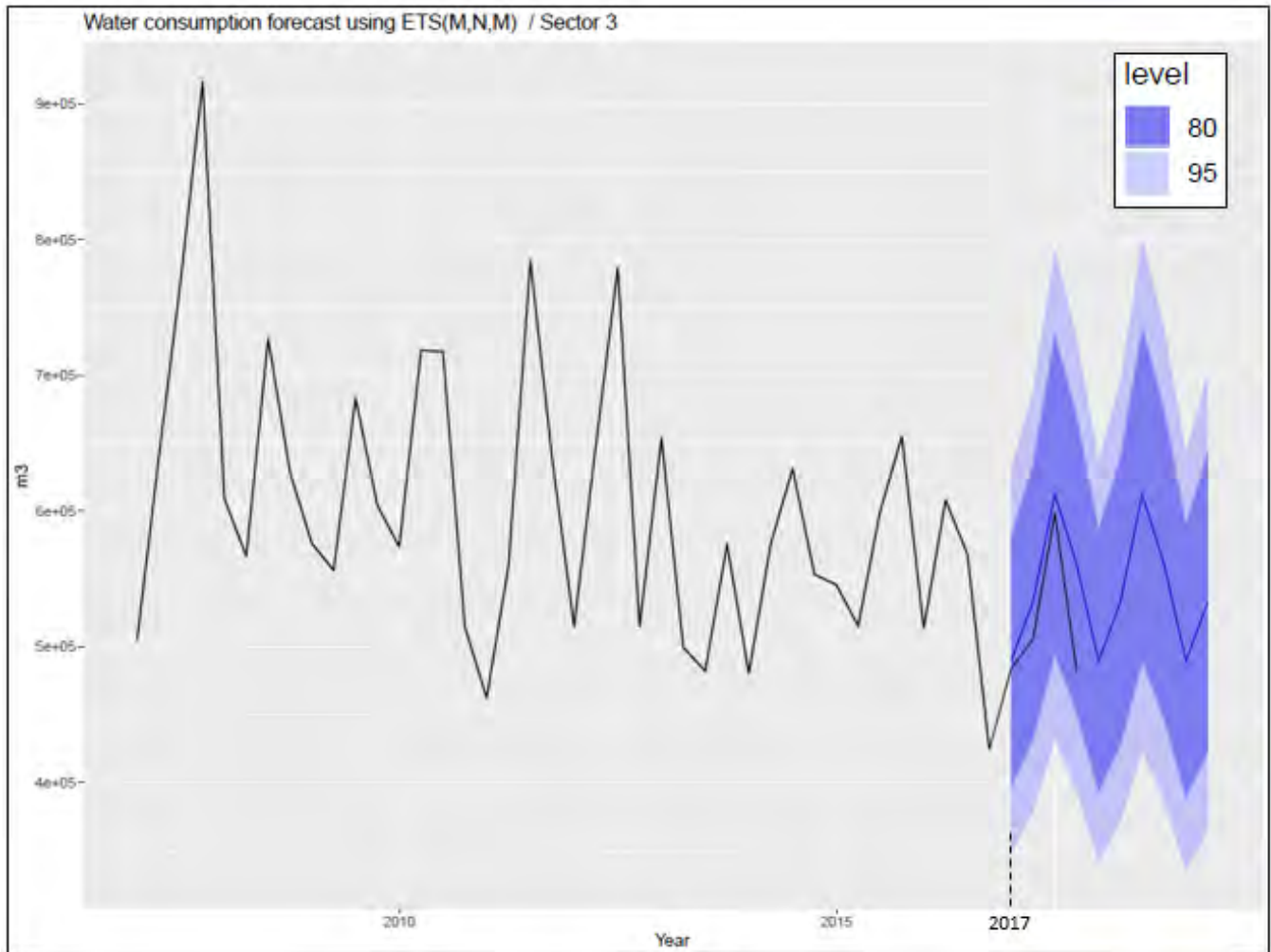
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	381992.8	251507.287	512478.4	182432.41	581553.3
2017 Q2	429733.5	245199.046	614267.9	147512.41	711954.6
2017 Q3	499685.9	273678.281	725693.5	154037.08	845334.7
2017 Q4	424225.0	163253.884	685196.1	25104.12	823345.9
2018 Q1	381992.8	90218.267	673767.4	-64237.86	828223.6
2018 Q2	429733.5	110110.455	749356.5	-59087.76	918554.7
2018 Q3	499685.9	154453.560	844918.2	-28301.40	1027673.2
2018 Q4	424225.0	55156.108	793293.9	-140217.16	988667.2
2019 Q1	381992.8	-9463.829	773449.5	-216688.48	980674.2
2019 Q2	429733.5	17101.926	842365.1	-201332.03	1060799.0

A.3.19: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου αποσύνθεσης.



A.3.20: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων μεθόδου εκθετικής εξομάλυσης.

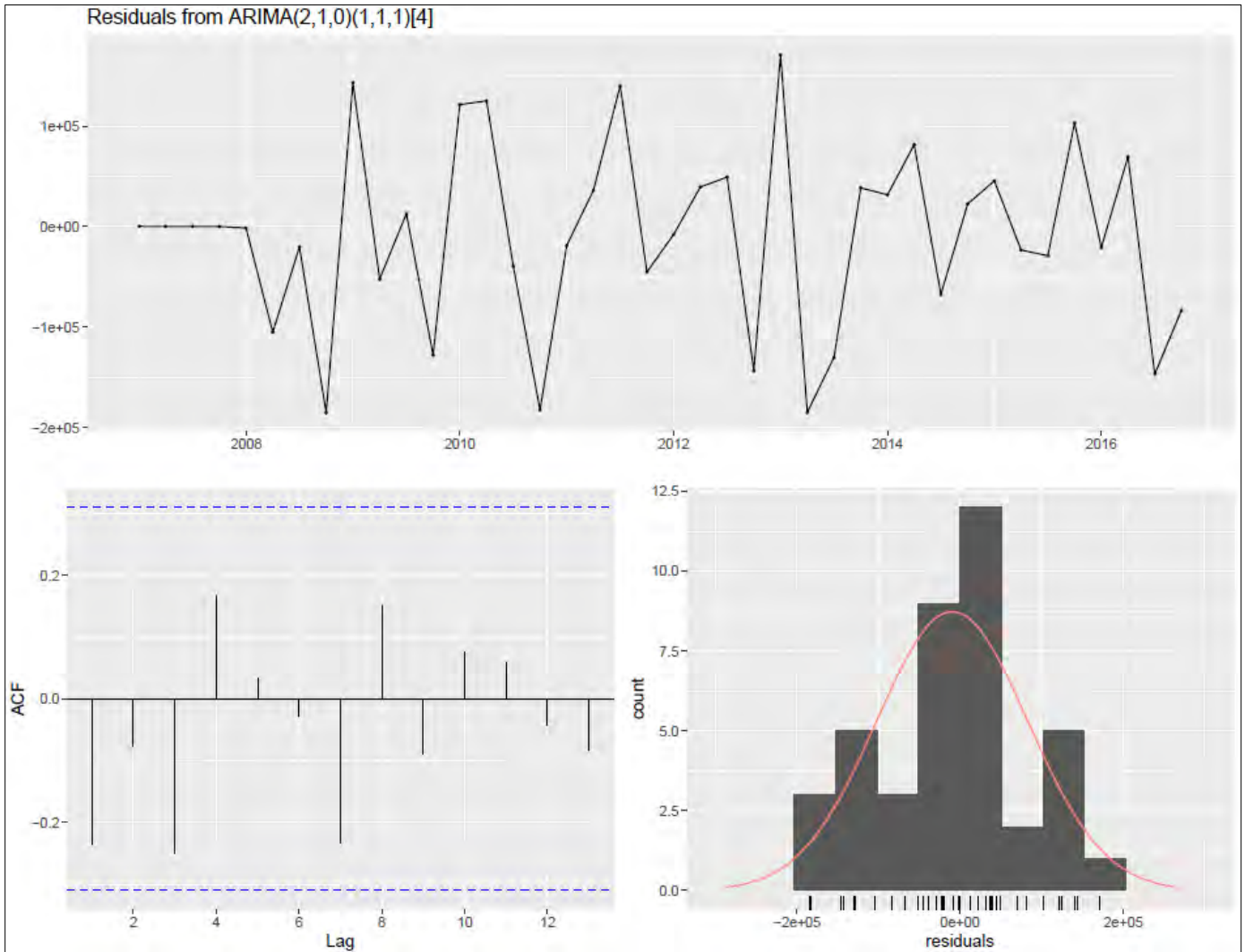


A.3.21: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης.

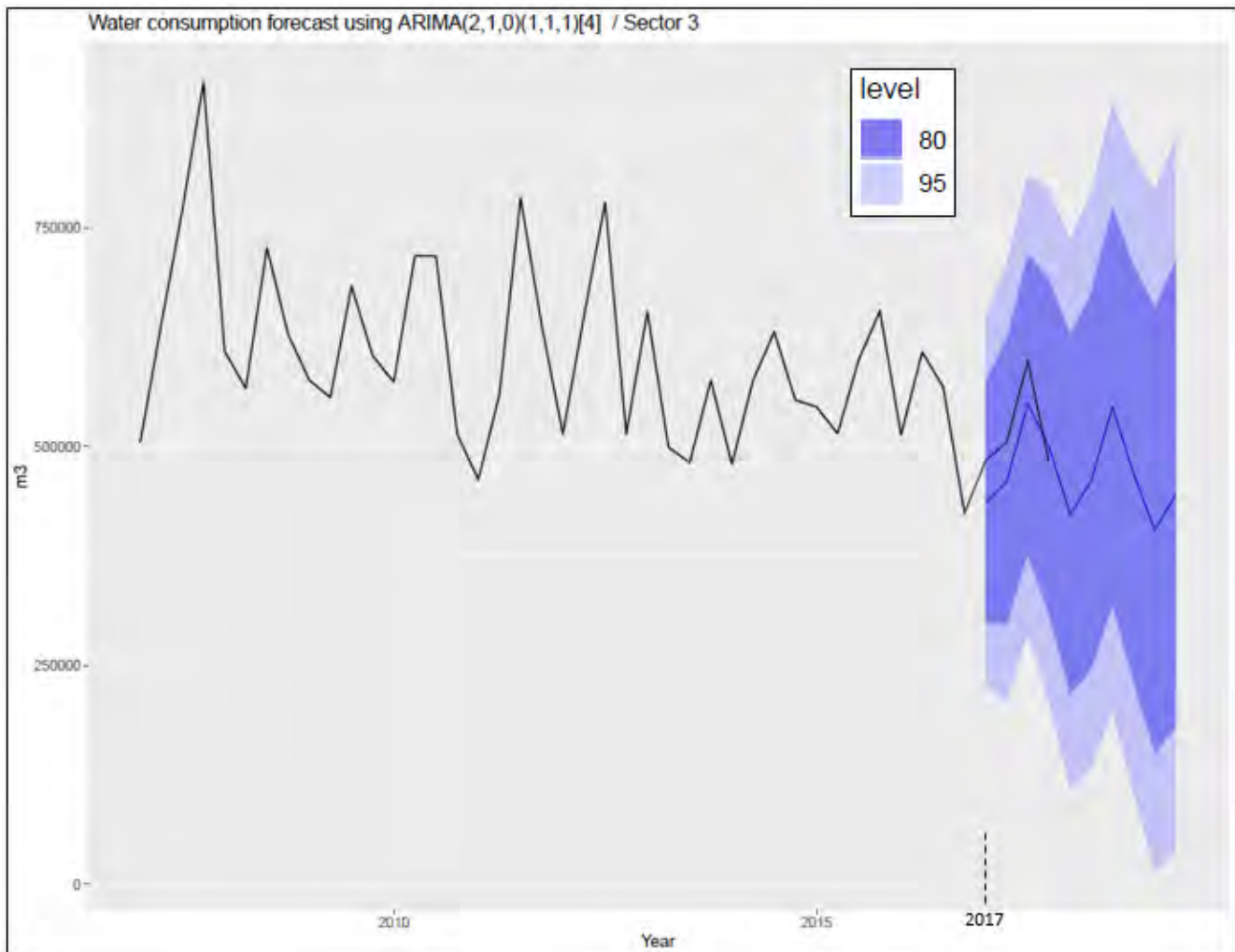
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	489508.3	397193.0	581823.7	348324.2	630692.4
2017 Q2	532963.0	431268.6	634657.3	377434.9	688491.0
2017 Q3	612365.2	494174.8	730555.5	431608.6	793121.8
2017 Q4	560686.3	451251.7	670120.9	393320.5	728052.1
2018 Q1	489508.9	392908.9	586108.9	341772.0	637245.9
2018 Q2	532963.6	426653.9	639273.3	370377.0	695550.2
2018 Q3	612365.9	488927.8	735804.0	423583.6	801148.2
2018 Q4	560687.0	446496.4	674877.6	386047.6	735326.4
2019 Q1	489509.5	388798.9	590220.2	335485.9	643533.1
2019 Q2	532964.3	422222.7	643705.8	363599.6	702328.9

A.3.22: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης.



A.3.23: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης και υπολειμμάτων μοντέλου ARIMA(2,1,1)(1,1,1)₄.



A.3.24: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης με το μοντέλο $ARIMA(2,1,0)(1,1,1)_4$.

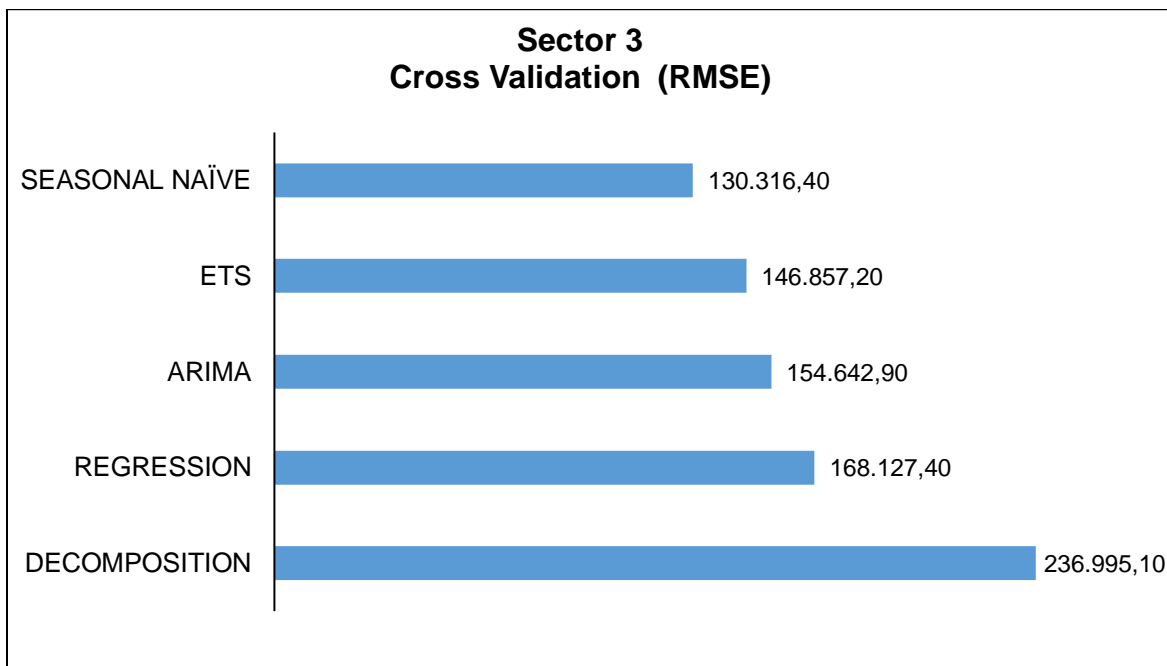
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	437046.7	298783.4	575310.0	225591.26	648502.2
2017 Q2	459933.4	296714.4	623152.4	210311.42	709555.4
2017 Q3	548748.8	377021.2	720476.4	286114.06	811383.5
2017 Q4	500482.3	308763.9	692200.7	207274.35	793690.3
2018 Q1	422514.9	217160.4	627869.4	108452.33	736577.5
2018 Q2	461400.9	246022.5	676779.3	132008.00	790793.8
2018 Q3	545678.7	318574.4	772782.9	198352.73	893004.6
2018 Q4	469277.0	230940.5	707613.6	104772.71	833781.3
2019 Q1	404863.0	150577.8	659148.1	15967.36	793758.6
2019 Q2	445574.2	178700.7	712447.6	37426.48	853721.9

A.3.25: Αποτελέσματα πρόγνωσης μοντέλου $ARIMA(2,1,0)(1,1,1)_4$.

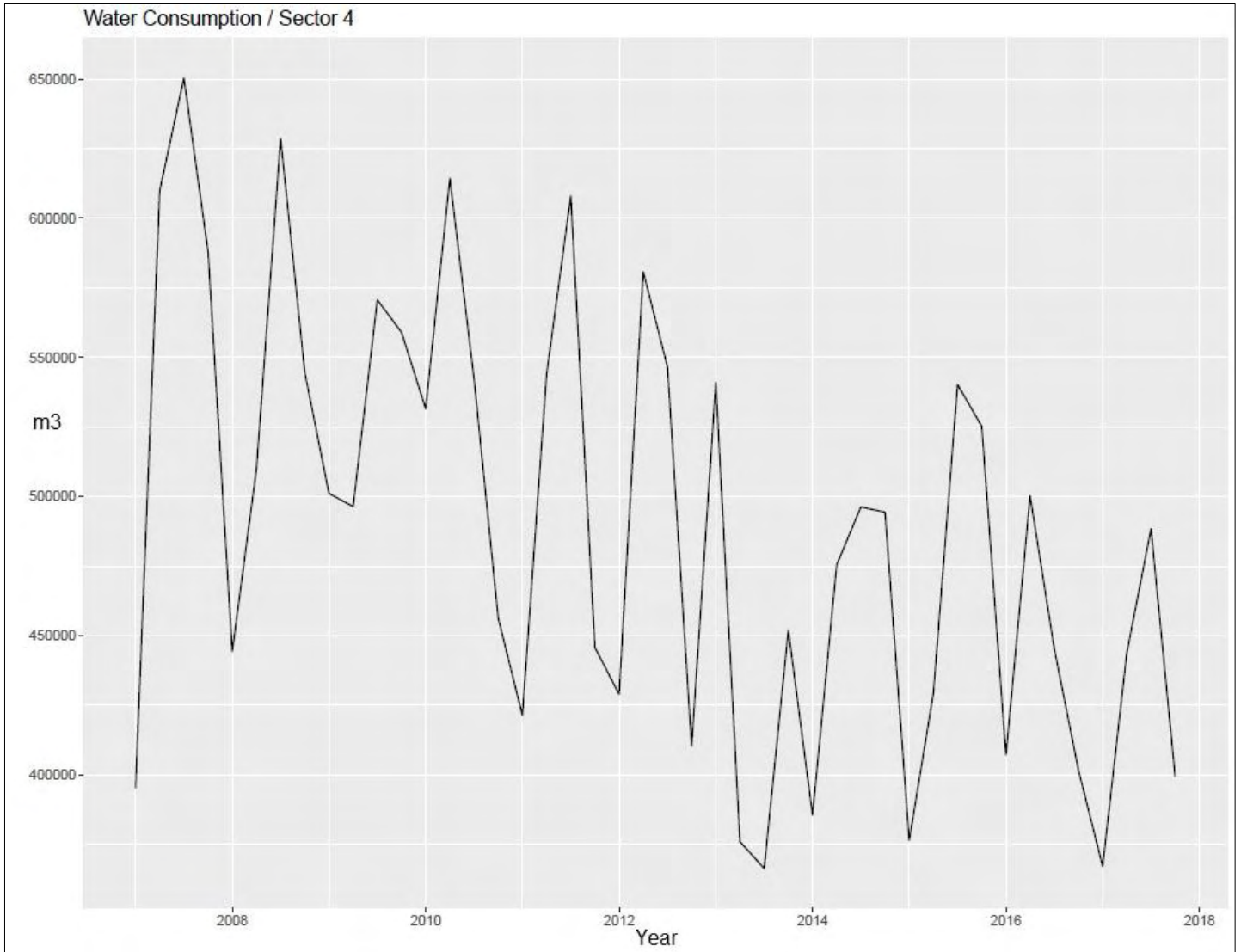
Root Mean Square Error (RMSE)				
<i>Regression</i>	Seasonal Naïve	Decomposition	ETS	ARIMA
22.766,80	62.463,21	85.404,59	42.536,84	42.124,74

A.3.26: Πίνακας σφαλμάτων των καταλληλότερων μοντέλων πρόγνωσης.

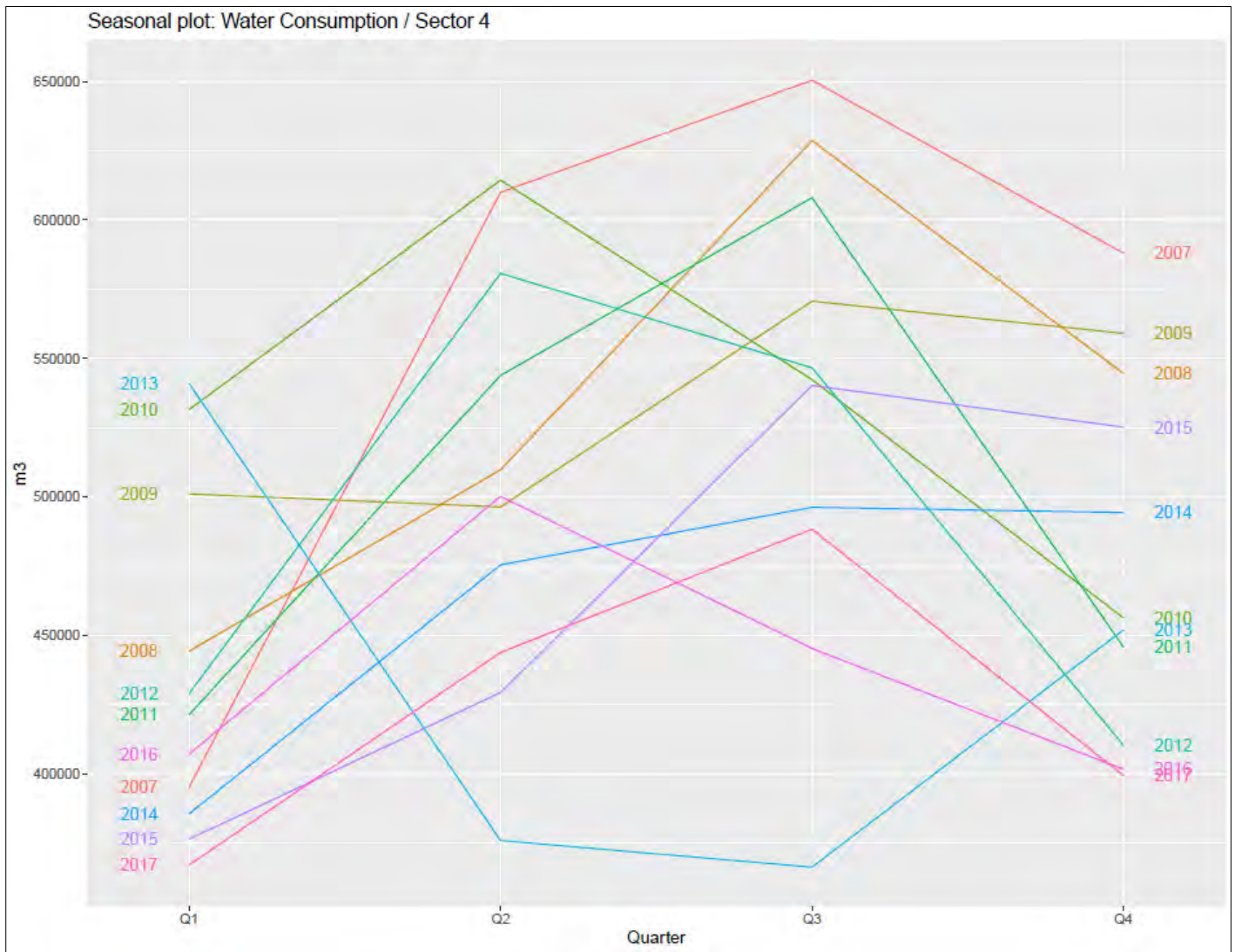


A.3.27: Γράφημα σφαλμάτων μεθόδου cross validation για τα τέσσερα επικρατέστερα μοντέλα.

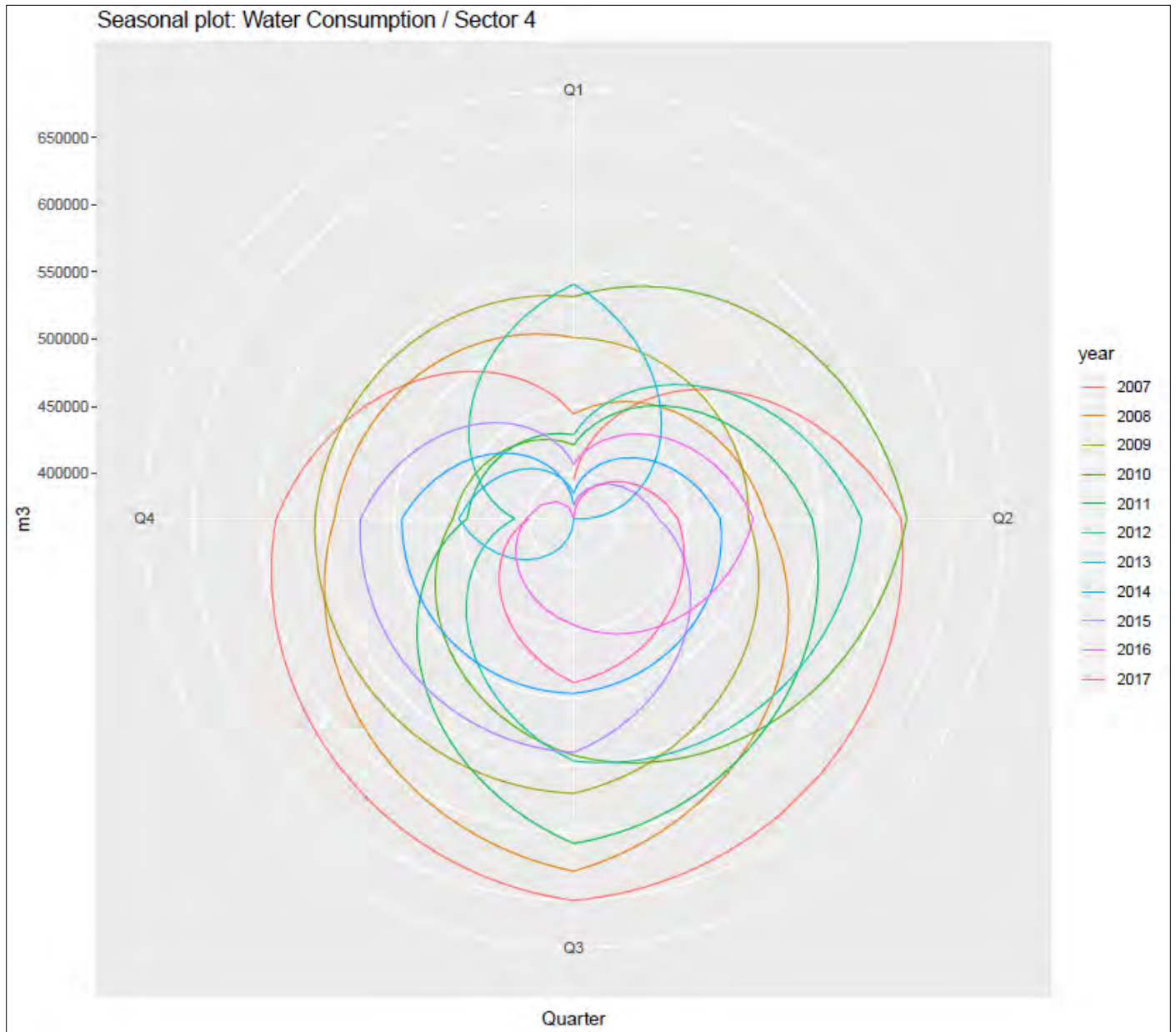
ΤΟΜΕΑΣ 4



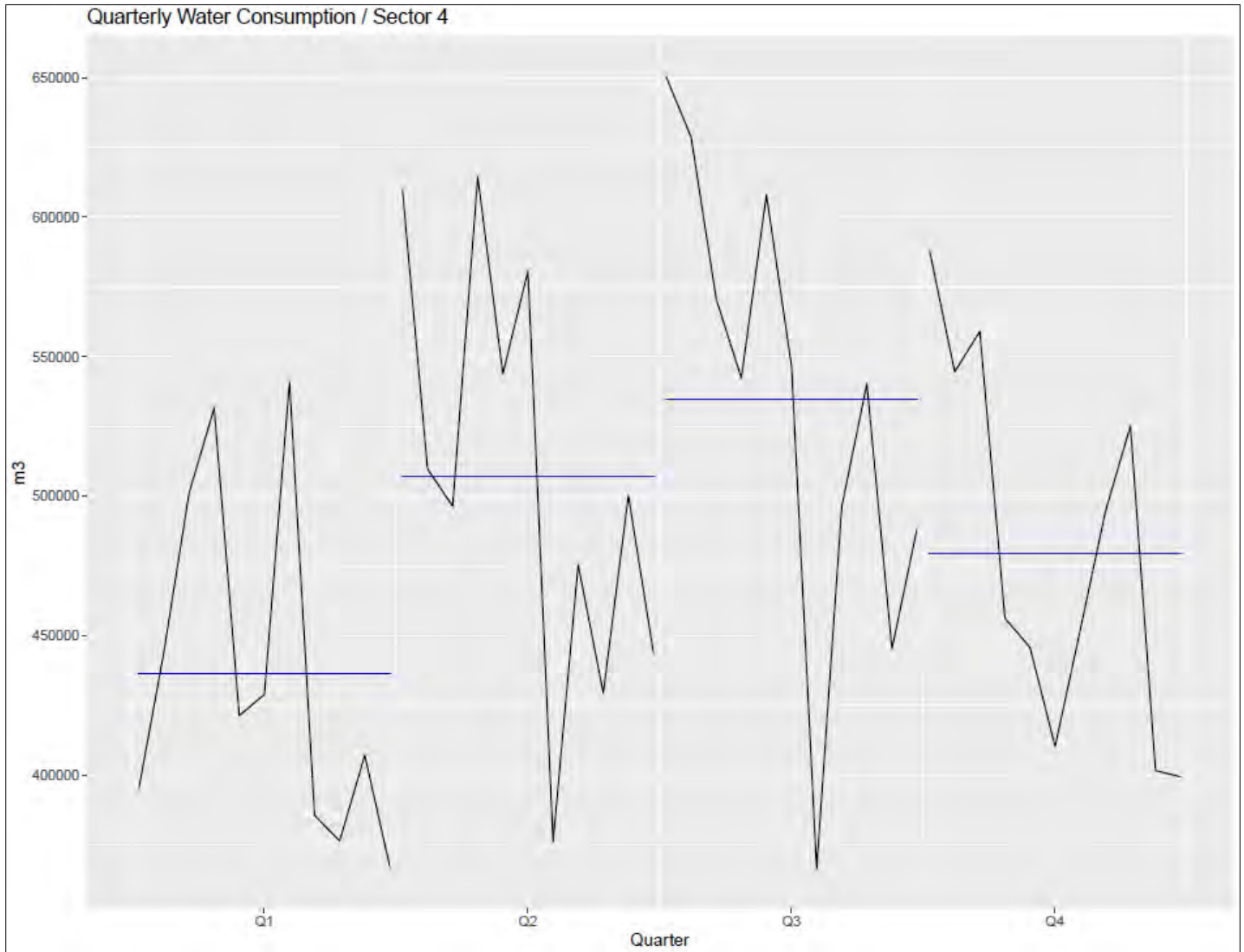
A.4.1: Χρονοσειρά τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού, Τομέα 4.



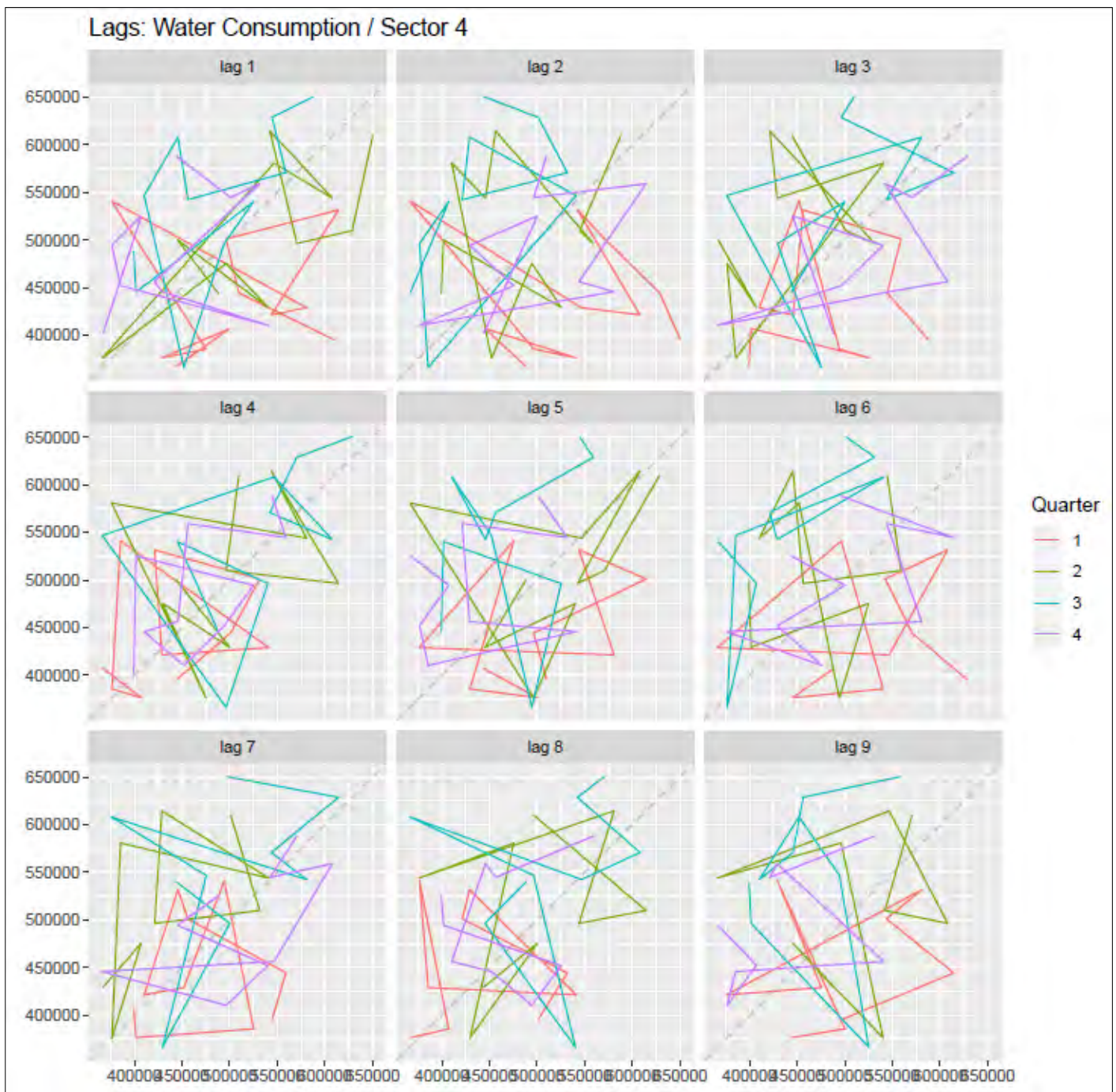
A.4.2: Τριμηνιαία κατανάλωση νερού για κάθε έτος.



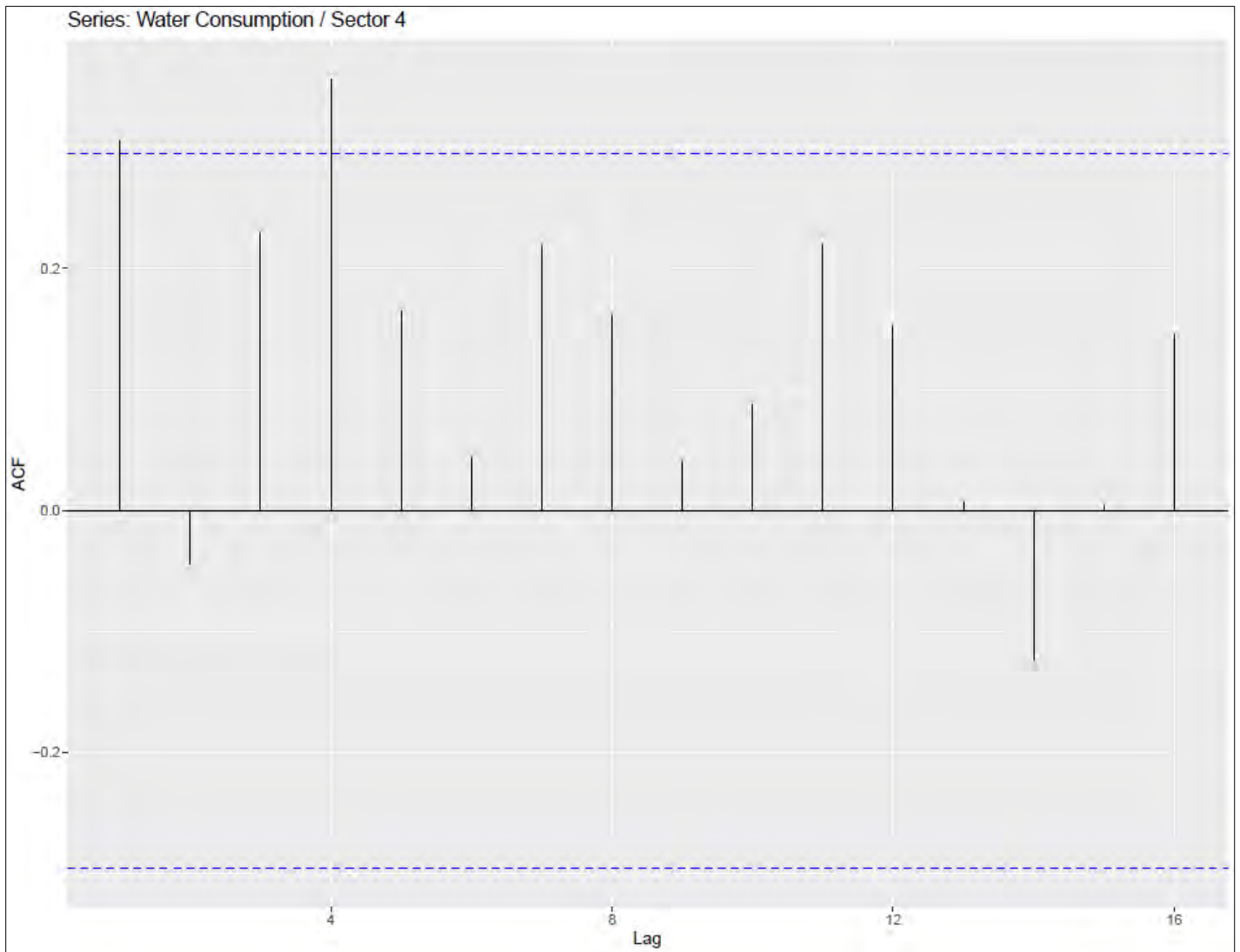
A.4.3: Κυκλική αναπαράσταση τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού για κάθε έτος.



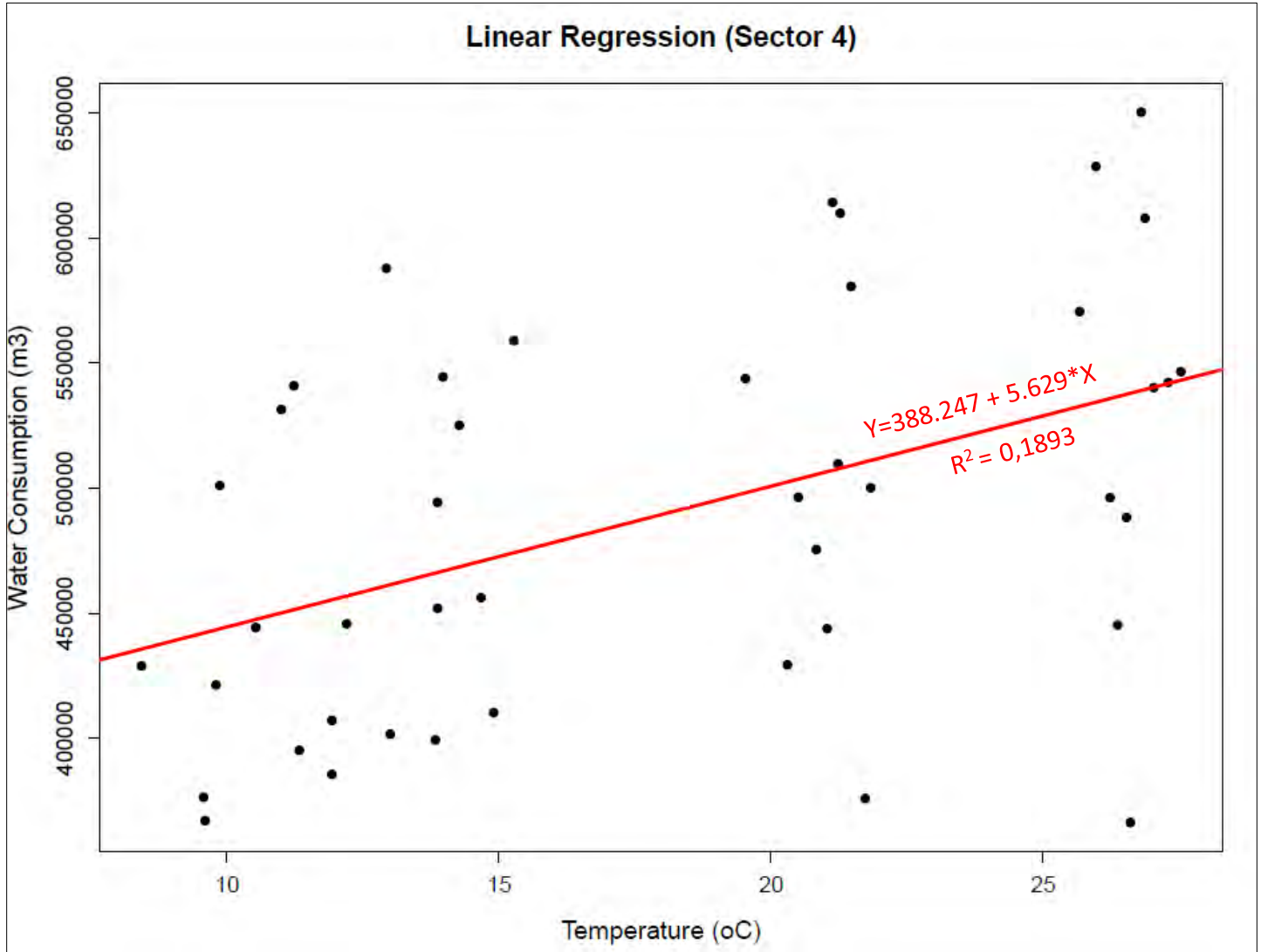
A.4.4: Διακύμανση κατανάλωσης των τεσσάρων τριμήνων.



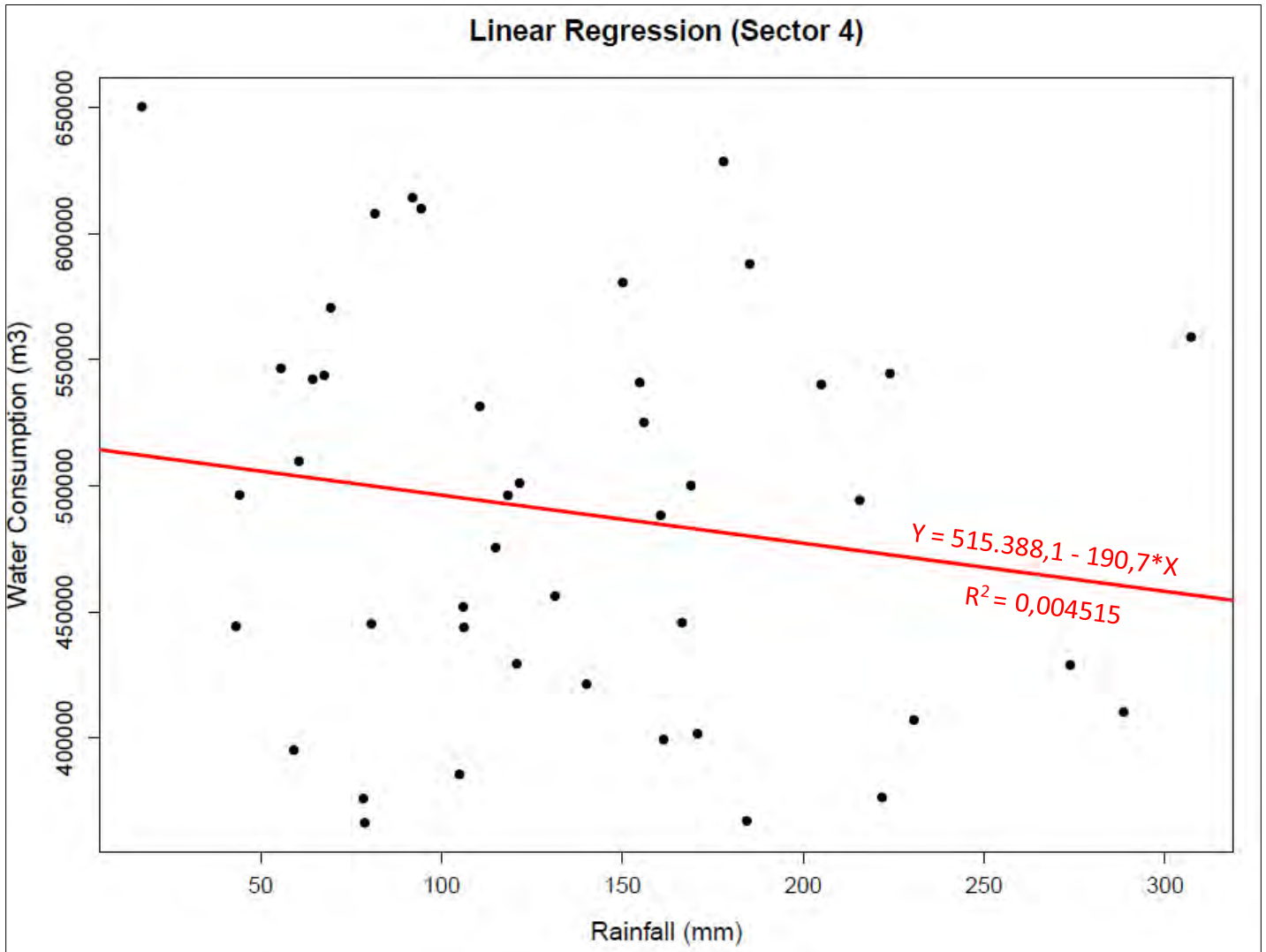
A.4.5: Διαγράμματα υστέρησης των τεσσάρων τριμήνων.



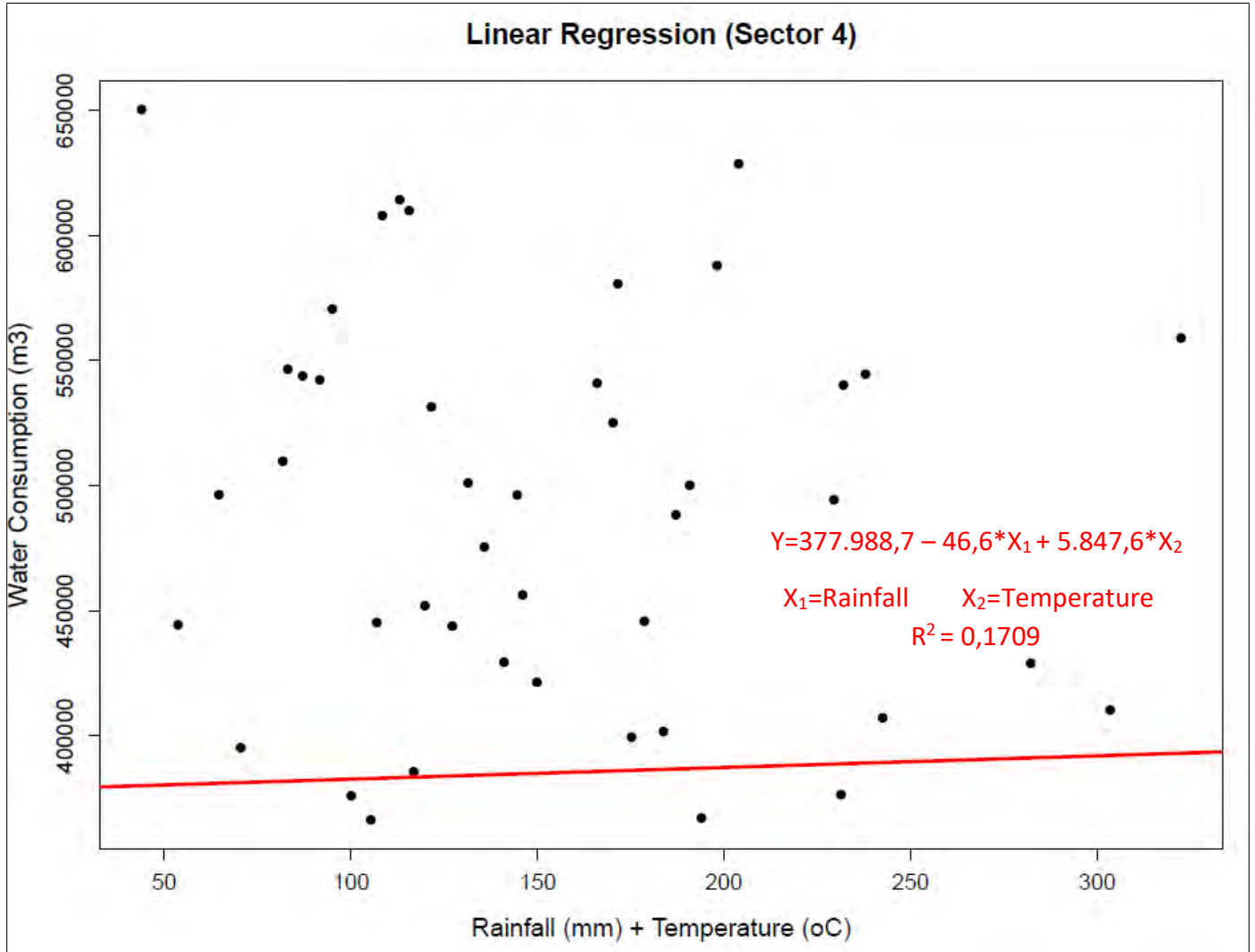
A.4.6: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης δεδομένων κατανάλωσης.



A.4.7: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και θερμοκρασίας.



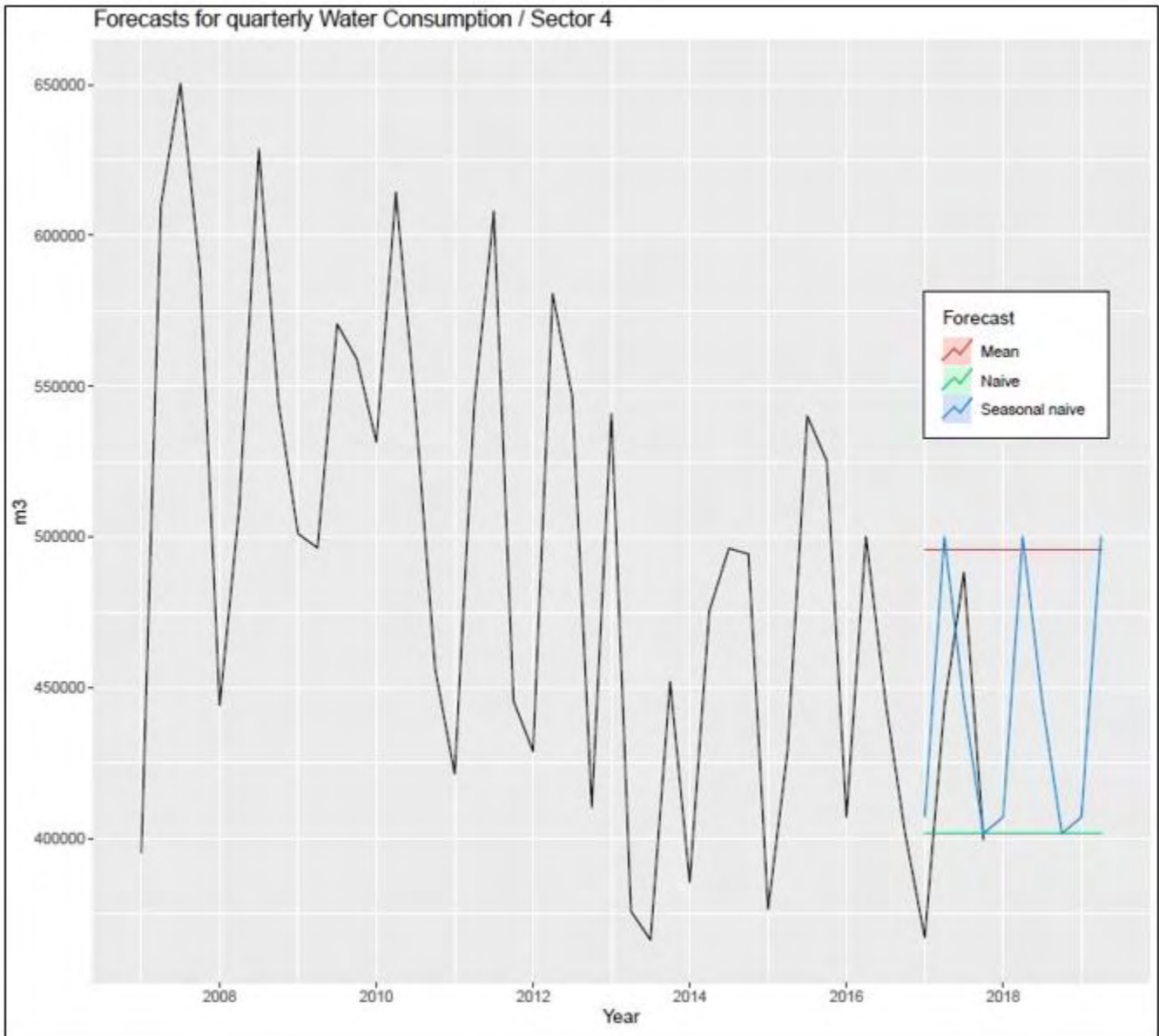
Α.4.8: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και βροχόπτωσης.



A.4.9: Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού και βροχόπτωσης.

Adjusted R-squared (R^2)			
	Temperature (C°)	Rainfall (mm)	Temperature (C°) + Rainfall (mm)
Water Consumption (m ³)	0,1893	0,004515	0,1709

A.4.10: Συντελεστής συσχέτισης μεταβλητών



A.4.11: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τις μεθόδους Average, Naïve, Seasonal naïve.

Average (mean) method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	496015.2	392466.5	599563.8	335351.8	656678.5
2017 Q2	496015.2	392466.5	599563.8	335351.8	656678.5
2017 Q3	496015.2	392466.5	599563.8	335351.8	656678.5
2017 Q4	496015.2	392466.5	599563.8	335351.8	656678.5
2018 Q1	496015.2	392466.5	599563.8	335351.8	656678.5
2018 Q2	496015.2	392466.5	599563.8	335351.8	656678.5
2018 Q3	496015.2	392466.5	599563.8	335351.8	656678.5
2018 Q4	496015.2	392466.5	599563.8	335351.8	656678.5
2019 Q1	496015.2	392466.5	599563.8	335351.8	656678.5
2019 Q2	496015.2	392466.5	599563.8	335351.8	656678.5

A.4.12: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Average.

Naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	401662	282591.15	520732.8	219558.855	583765.1
2017 Q2	401662	233270.39	570053.6	144129.263	659194.7
2017 Q3	401662	195425.24	607898.8	86250.101	717073.9
2017 Q4	401662	163520.31	639803.7	37455.710	765868.3
2018 Q1	401662	135411.49	667912.5	-5533.011	808857.0
2018 Q2	401662	109999.18	693324.8	-44397.786	847721.8
2018 Q3	401662	86630.15	716693.8	-80137.634	883461.6
2018 Q4	401662	64878.79	738445.2	-113403.474	916727.5
2019 Q1	401662	44449.46	758874.5	-144647.435	947971.4
2019 Q2	401662	25126.92	778197.1	-174198.707	977522.7

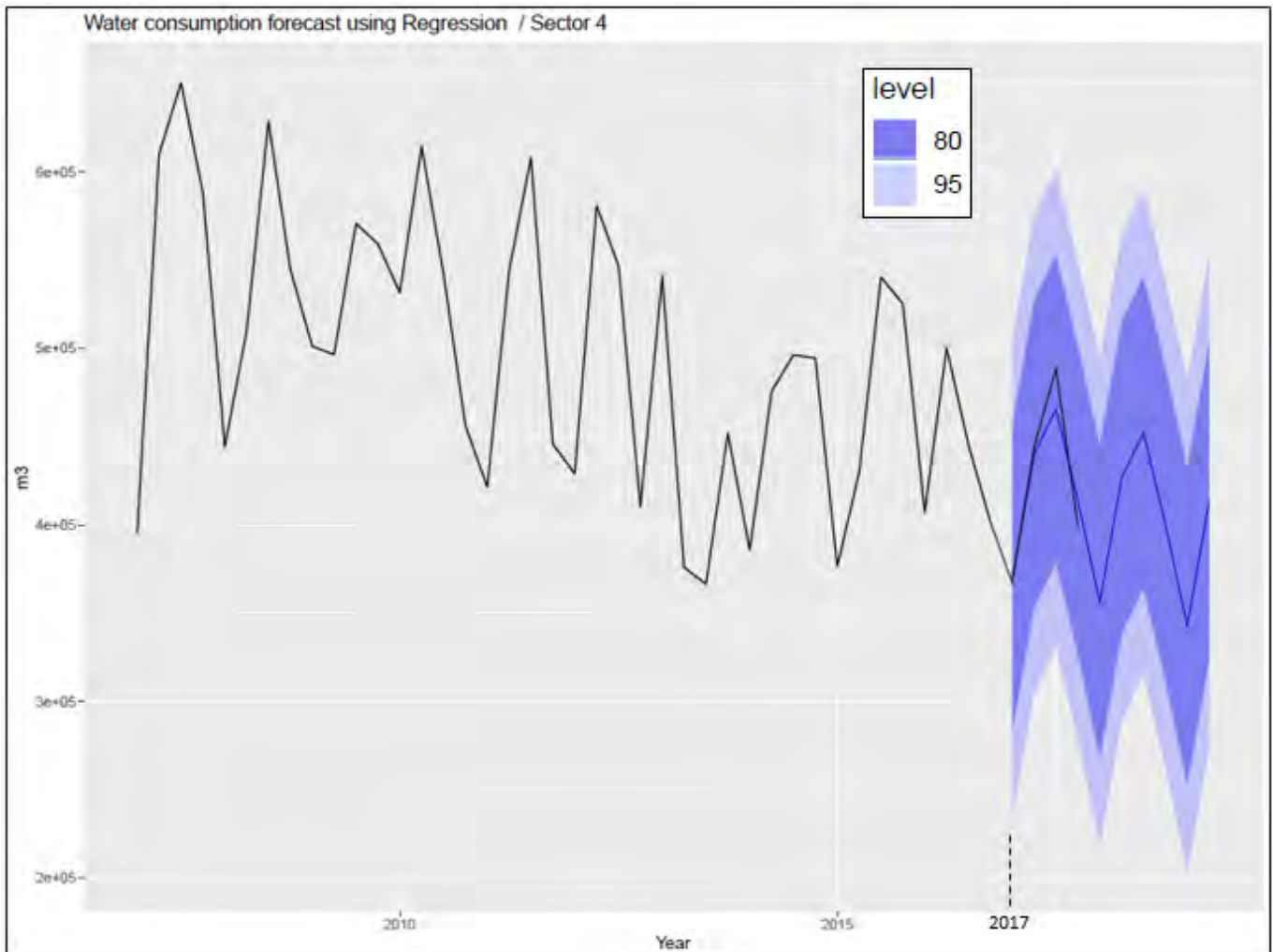
A.4.13: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Naïve.

Seasonal naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	407162	299789.8	514534.2	242950.4	571373.6
2017 Q2	500184	392811.8	607556.2	335972.4	664395.6
2017 Q3	445283	337910.8	552655.2	281071.4	609494.6
2017 Q4	401662	294289.8	509034.2	237450.4	565873.6
2018 Q1	407162	255314.7	559009.3	174931.7	639392.3
2018 Q2	500184	348336.7	652031.3	267953.7	732414.3
2018 Q3	445283	293435.7	597130.3	213052.7	677513.3
2018 Q4	401662	249814.7	553509.3	169431.7	633892.3
2019 Q1	407162	221187.9	593136.1	122739.1	691584.9
2019 Q2	500184	314209.9	686158.1	215761.1	784606.9

A.4.14: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Seasonal Naïve.

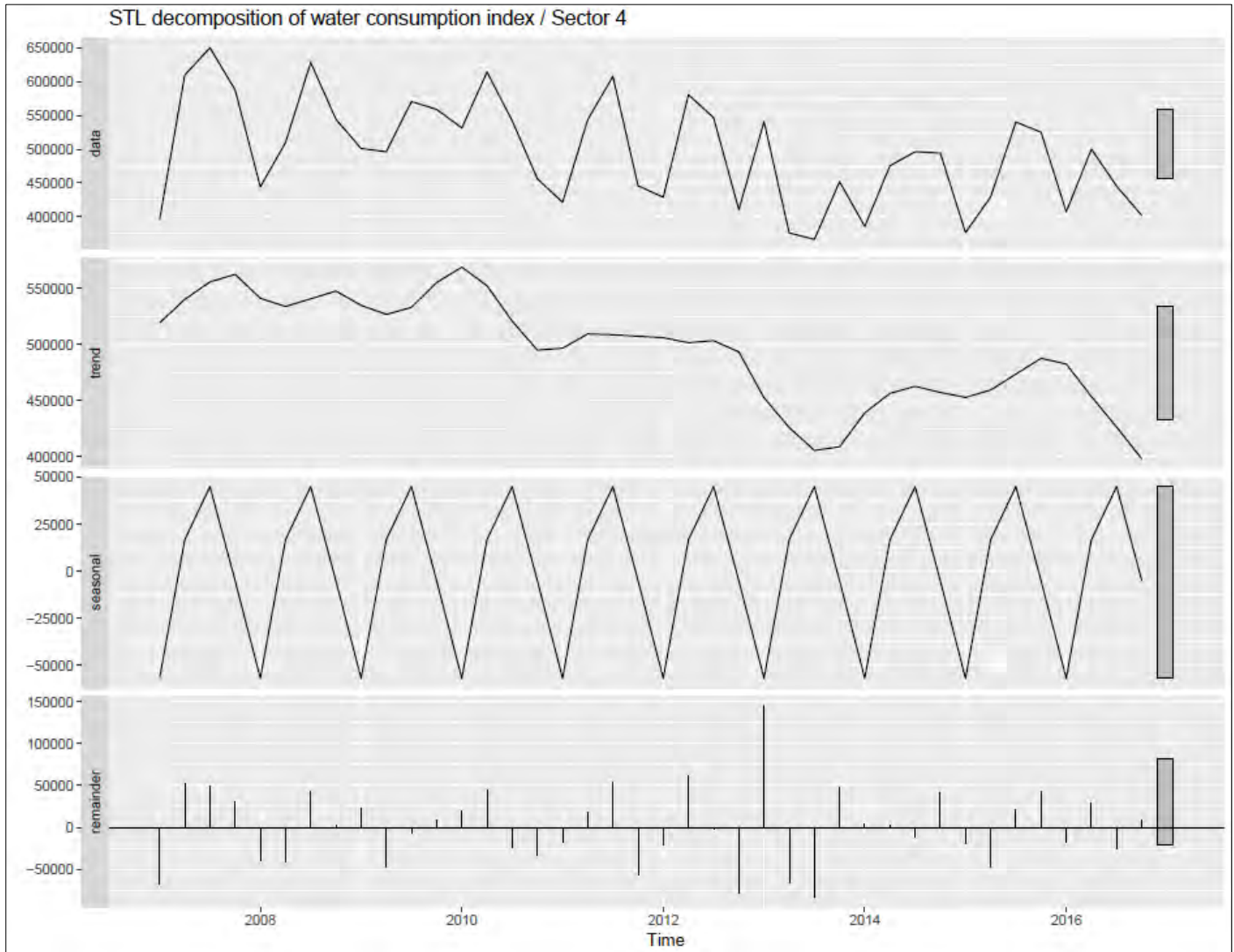


A.4.15: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο παλινδρόμησης.

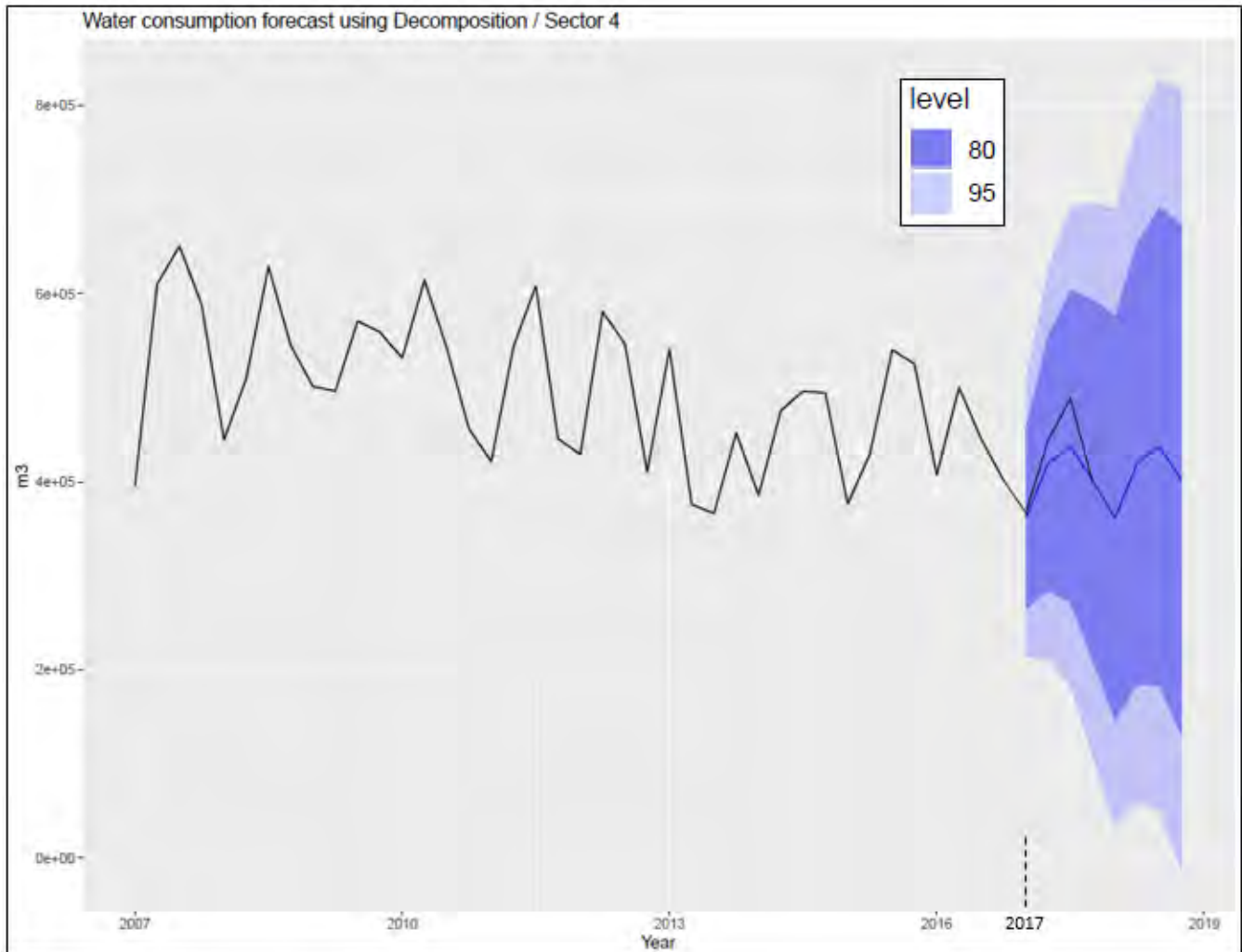
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	369480.3	282521.5	456439.1	234329.3	504631.2
2017 Q2	439830.9	352872.1	526789.7	304679.9	574981.8
2017 Q3	465700.7	378741.9	552659.5	330549.7	600851.6
2017 Q4	413939.5	326980.7	500898.3	278788.5	549090.4
2018 Q1	356066.2	267790.6	444341.8	218868.7	493263.7
2018 Q2	426416.8	338141.2	514692.4	289219.3	563614.3
2018 Q3	452286.6	364011.0	540562.2	315089.1	589484.1
2018 Q4	400525.4	312249.8	488801.0	263327.9	537722.9
2019 Q1	342652.2	252864.7	432439.6	203104.9	482199.4
2019 Q2	413002.8	323215.3	502790.2	273455.5	552550.0

A.4.16: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου παλινδρόμησης.



Α.4.17: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων, μεθόδου αποσύνθεσης.

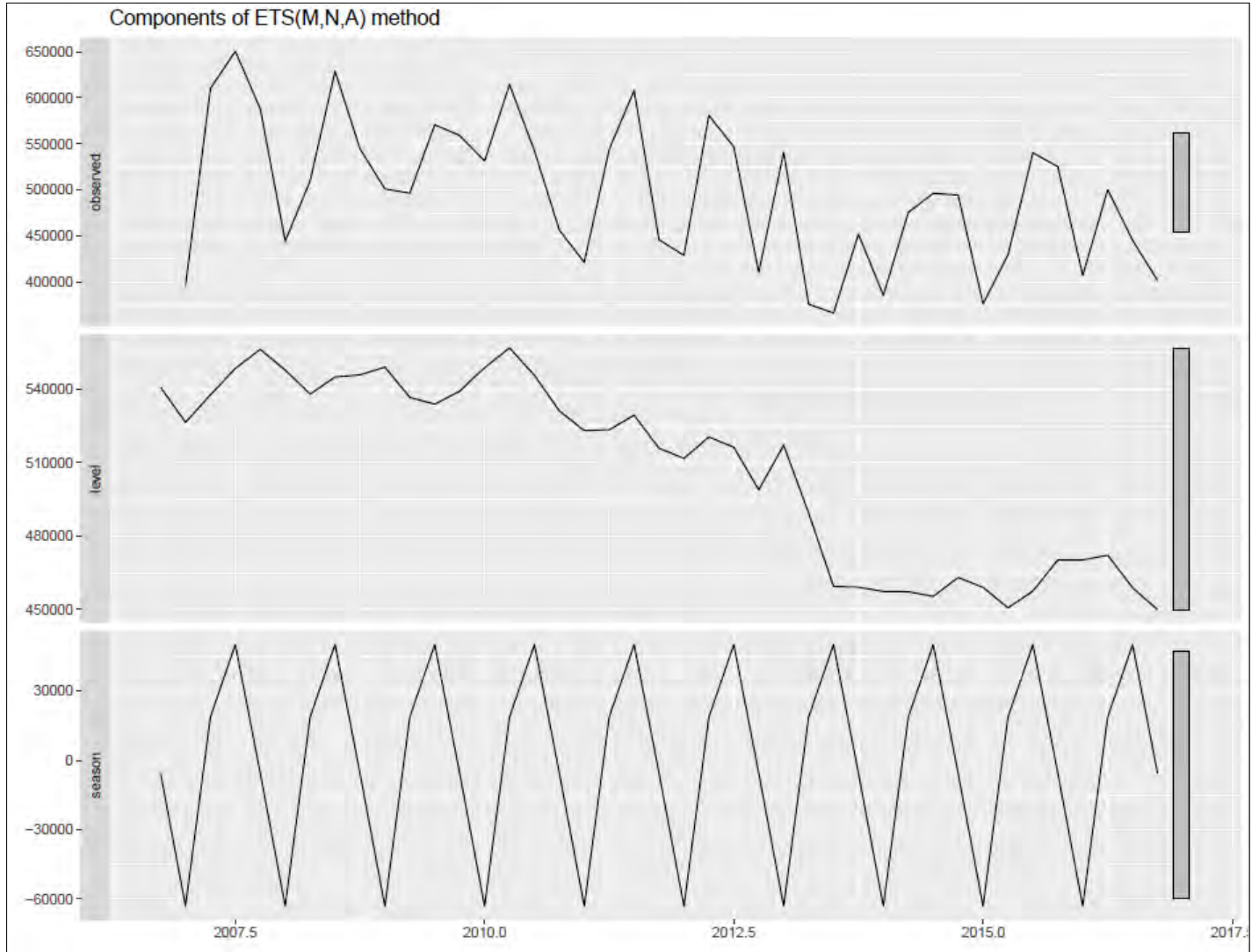


A.4.18: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο αποσύνθεσης.

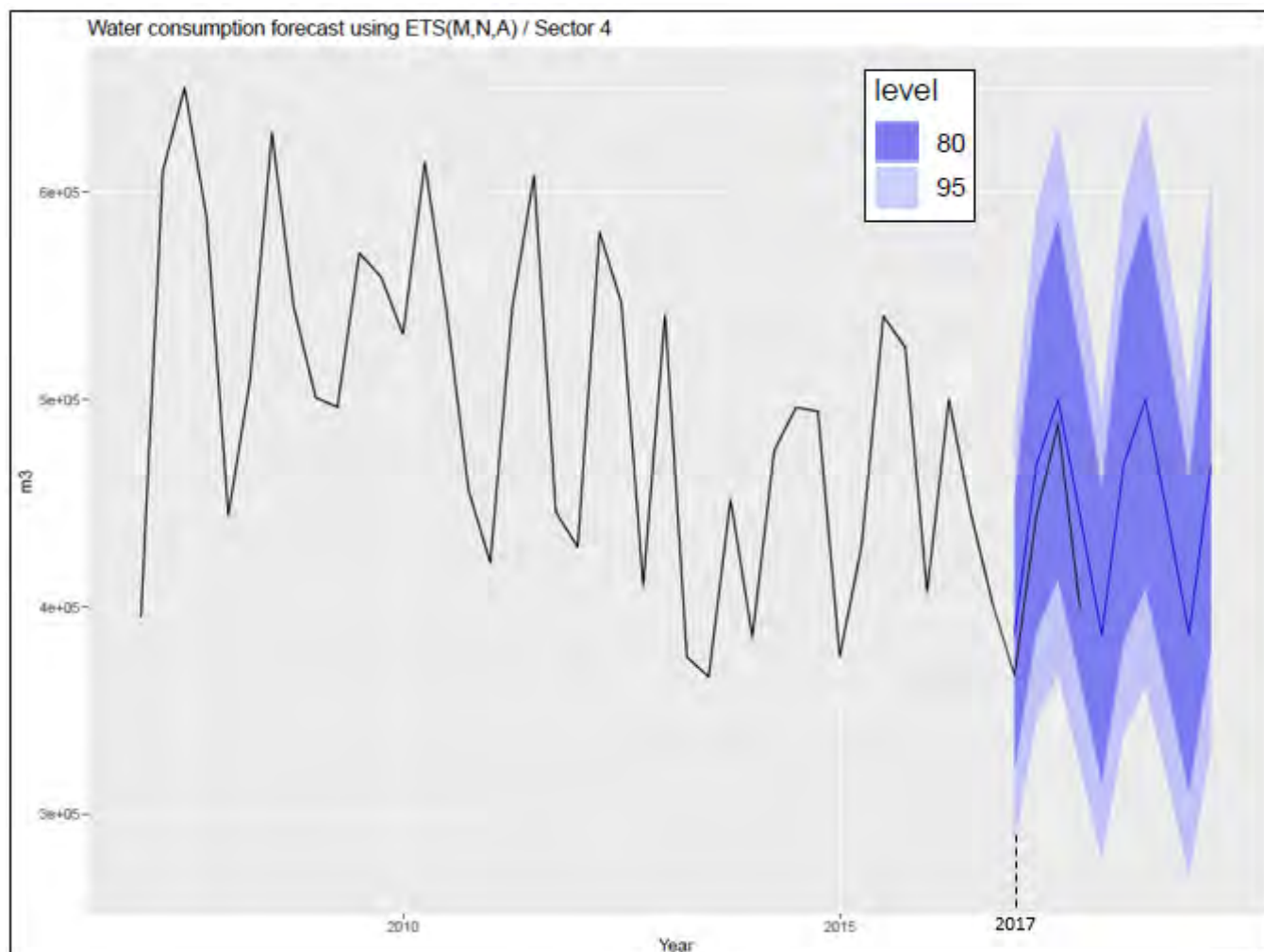
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	361315.9	265188.2	457443.7	214301.19	508330.6
2017 Q2	419860.3	283915.1	555805.5	211950.12	627770.5
2017 Q3	437487.7	270989.6	603985.9	182850.77	692124.7
2017 Q4	401662.0	209406.5	593917.5	107632.58	695691.4
2018 Q1	361315.9	146367.7	576264.1	32581.01	690050.8
2018 Q2	419860.3	184396.4	655324.3	59749.29	779971.3
2018 Q3	437487.7	183157.6	691817.9	48523.36	826452.1
2018 Q4	401662.0	129771.7	673552.3	-14158.40	817482.4

A.4.19: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου αποσύνθεσης.



A.4.20: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων μεθόδου εκθετικής εξομάλυσης.

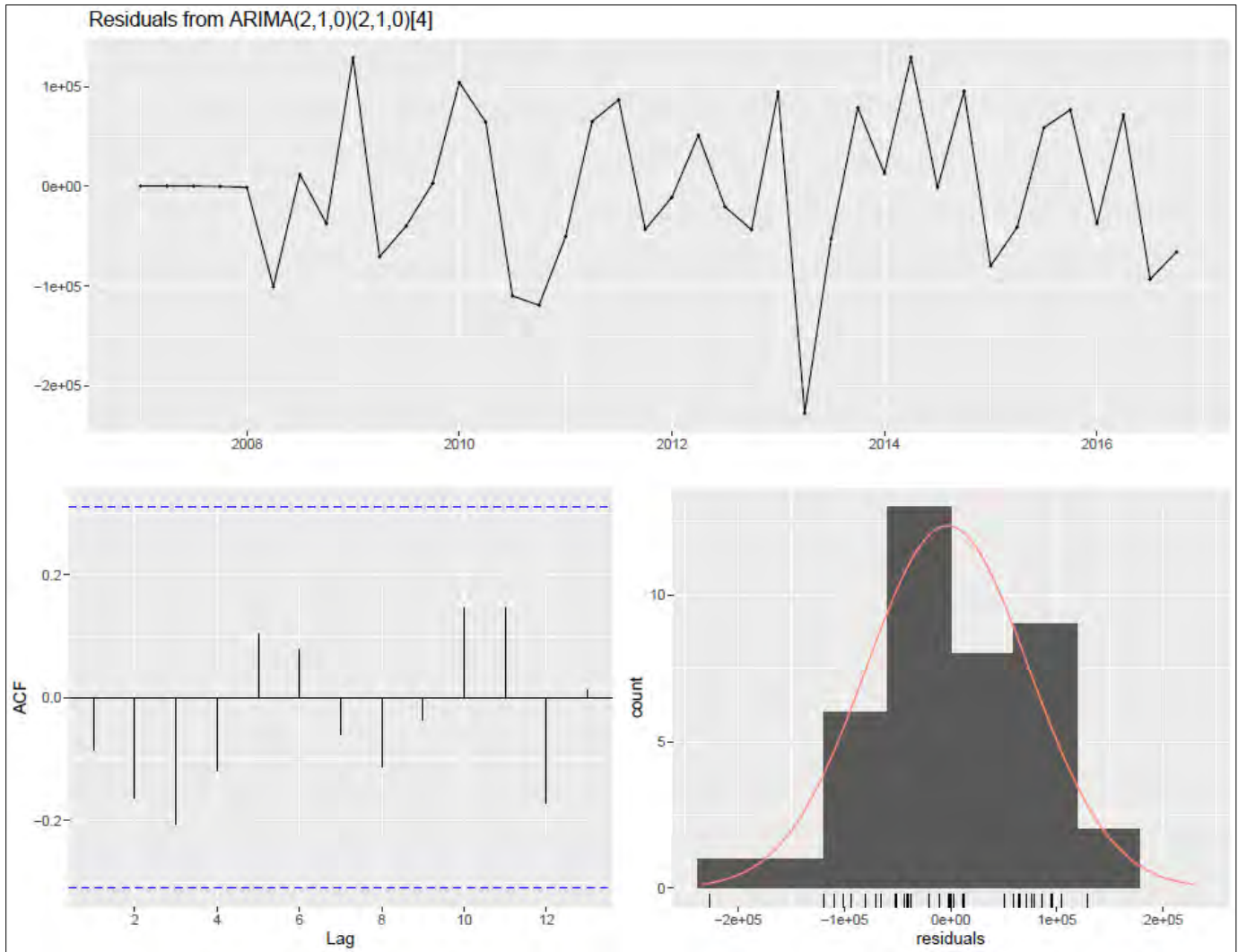


A.4.21: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης.

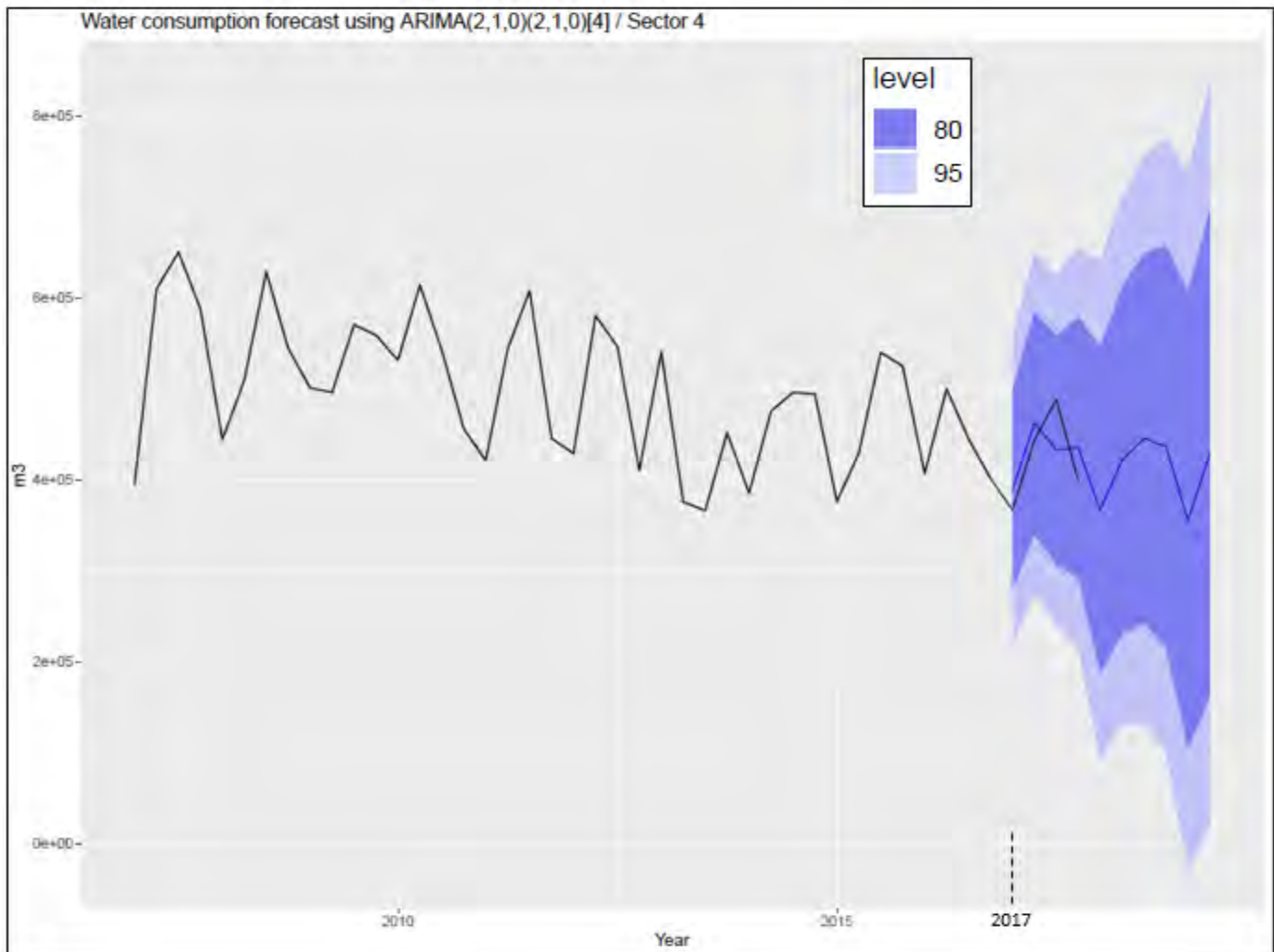
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	386674.4	321124.8	452224.1	286424.9	486924.0
2017 Q2	468567.8	388312.1	548823.6	345827.2	591308.4
2017 Q3	499981.3	413329.7	586632.8	367459.2	632503.4
2017 Q4	444265.4	365418.8	523112.0	323679.9	564850.8
2018 Q1	386674.4	315854.3	457494.6	278364.4	494984.5
2018 Q2	468567.8	383950.3	553185.4	339156.4	597979.2
2018 Q3	499981.3	409273.2	590689.4	361255.2	638707.4
2018 Q4	444265.4	360979.2	527551.5	316890.2	571640.6
2019 Q1	386674.4	310939.8	462409.1	270848.3	502500.6
2019 Q2	468567.8	379794.0	557341.6	332800.0	604335.6

A.4.22: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης.



A.4.23: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης και υπολειμμάτων μοντέλου ARIMA(2,1,1)(1,1,1)₄.



A.4.24: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης με το μοντέλο $ARIMA(2,1,0)(2,1,0)_4$.

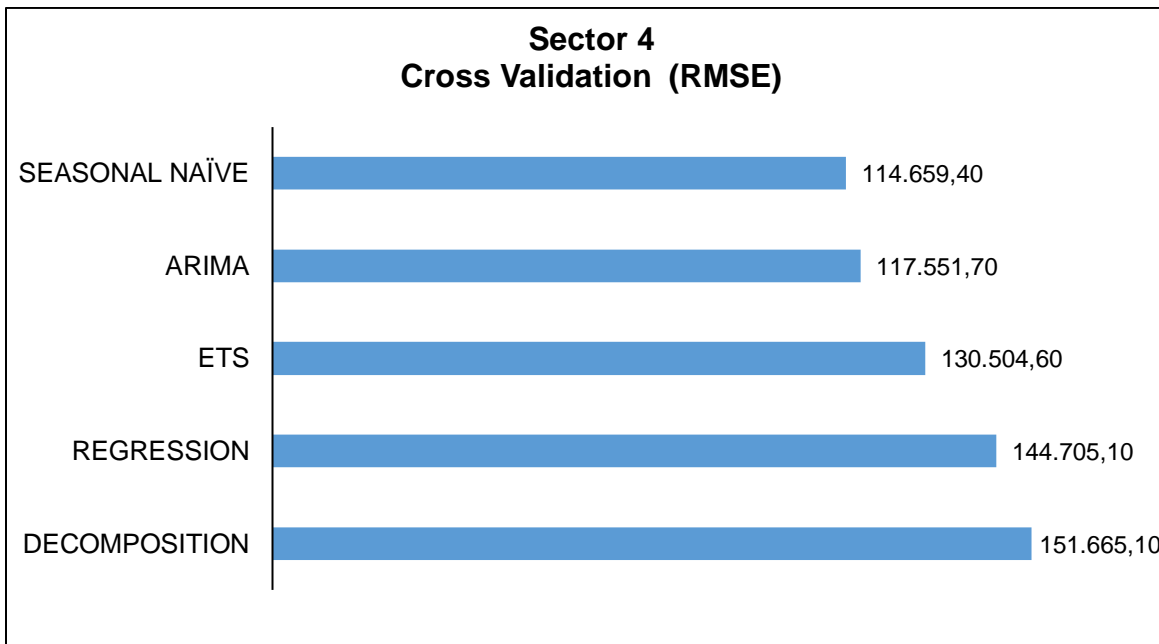
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	389060.5	278806.9	499314.1	220442.18	557678.9
2017 Q2	462503.3	340085.6	584921.0	275281.53	649725.0
2017 Q3	433296.7	307528.4	559065.1	240950.67	625642.8
2017 Q4	435308.8	291697.3	578920.2	215674.02	654943.5
2018 Q1	366760.8	188104.5	545417.1	93529.54	639992.0
2018 Q2	421794.0	230859.3	612728.7	129784.63	713803.4
2018 Q3	445694.1	242523.5	648864.8	134971.45	756416.8
2018 Q4	436599.5	215434.0	657765.0	98356.05	774843.0
2019 Q1	355694.8	104797.3	606592.2	-28019.79	739409.3
2019 Q2	429139.5	161346.1	696933.0	19584.82	838694.3

A.4.25: Αποτελέσματα πρόγνωσης μοντέλου $ARIMA(2,1,0)(2,1,0)_4$.

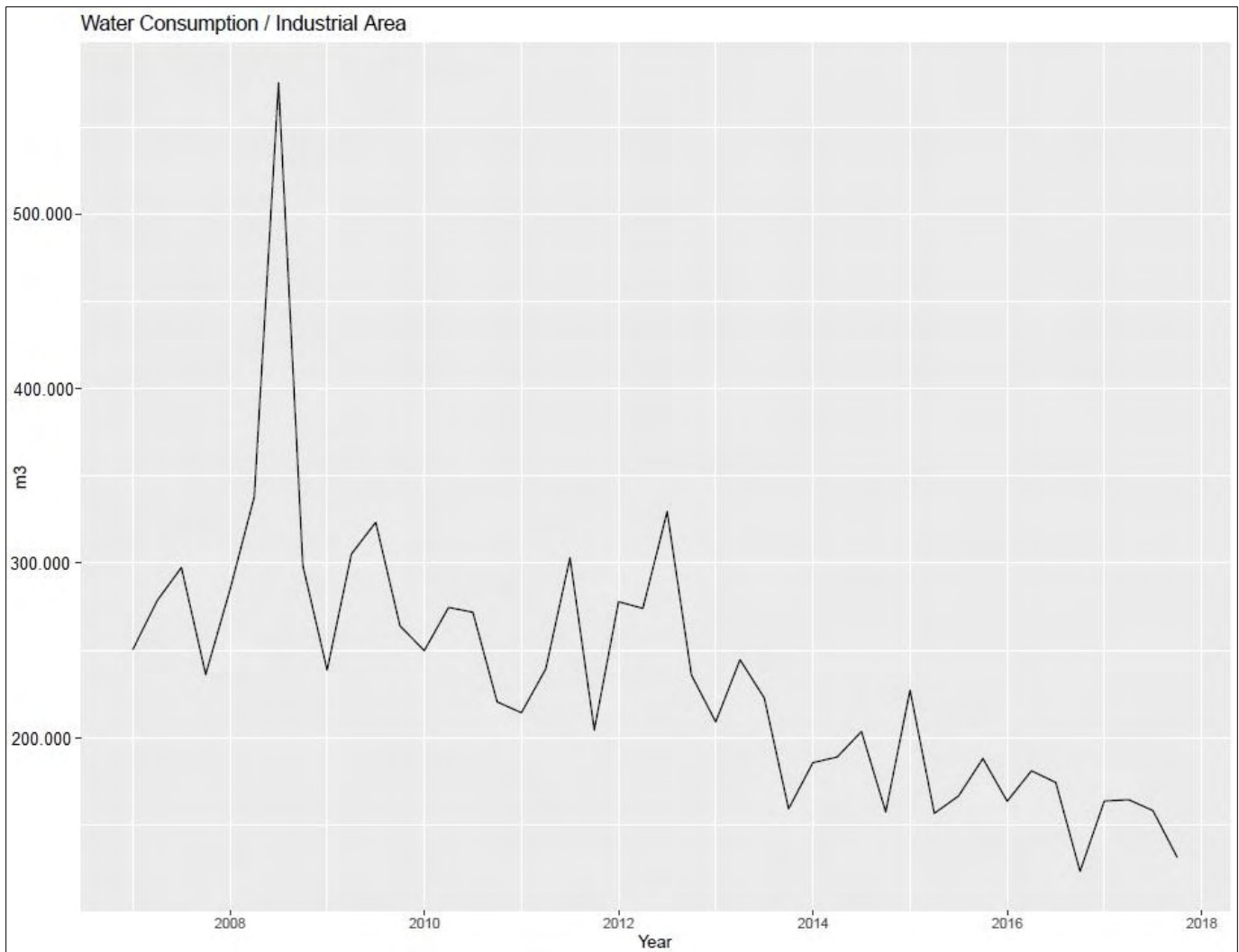
Root Mean Square Error (RMSE)				
<i>Regression</i>	<i>Seasonal Naïve</i>	<i>Decomposition</i>	<i>ETS</i>	<i>ARIMA</i>
13.662,39	40.737,25	28.292,25	28.028,58	35.886,16

A.4.26: Πίνακας σφαλμάτων των καταλληλότερων μοντέλων πρόγνωσης.

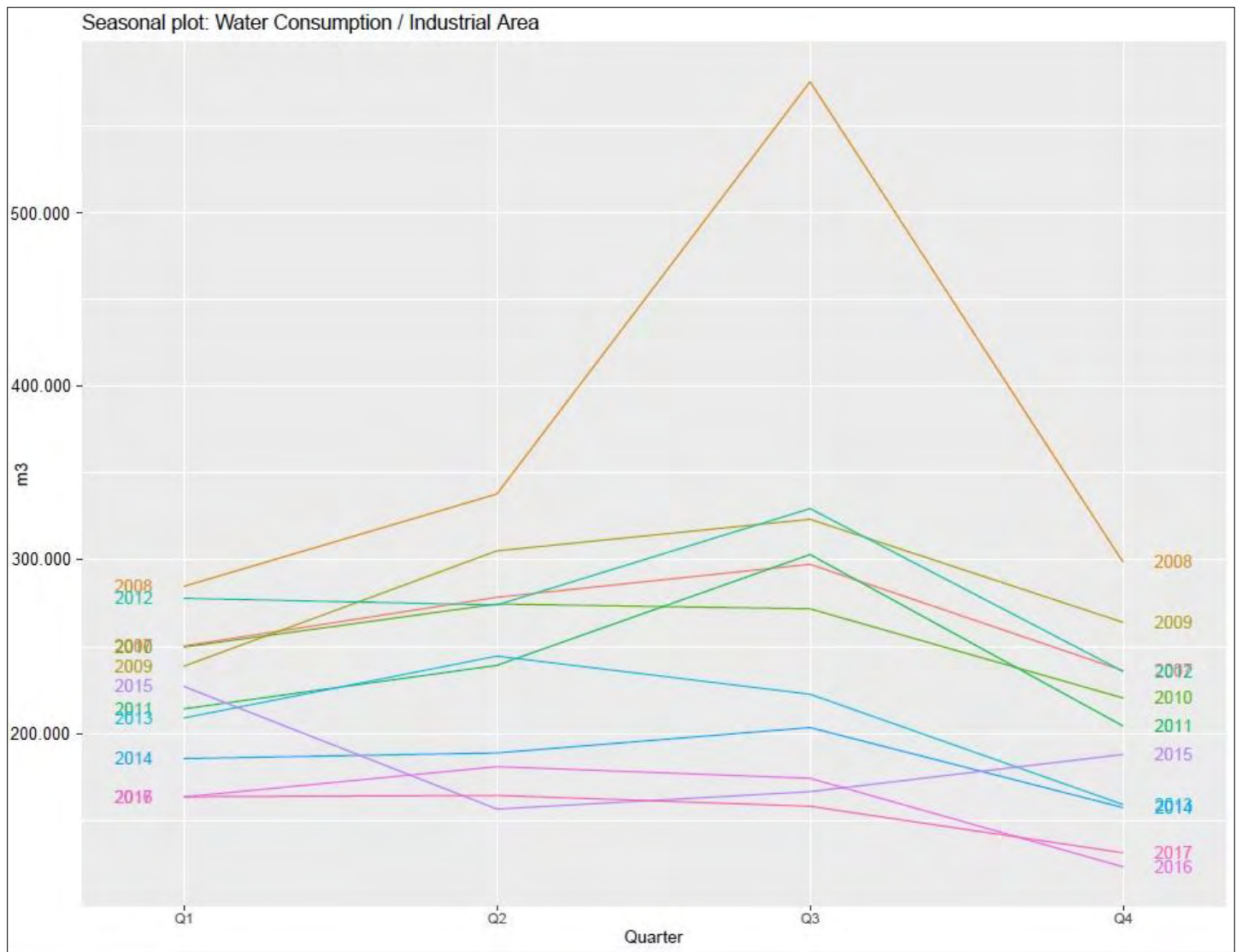


A.4.27: Γράφημα σφαλμάτων μεθόδου cross validation για τα τέσσερα επικρατέστερα μοντέλα.

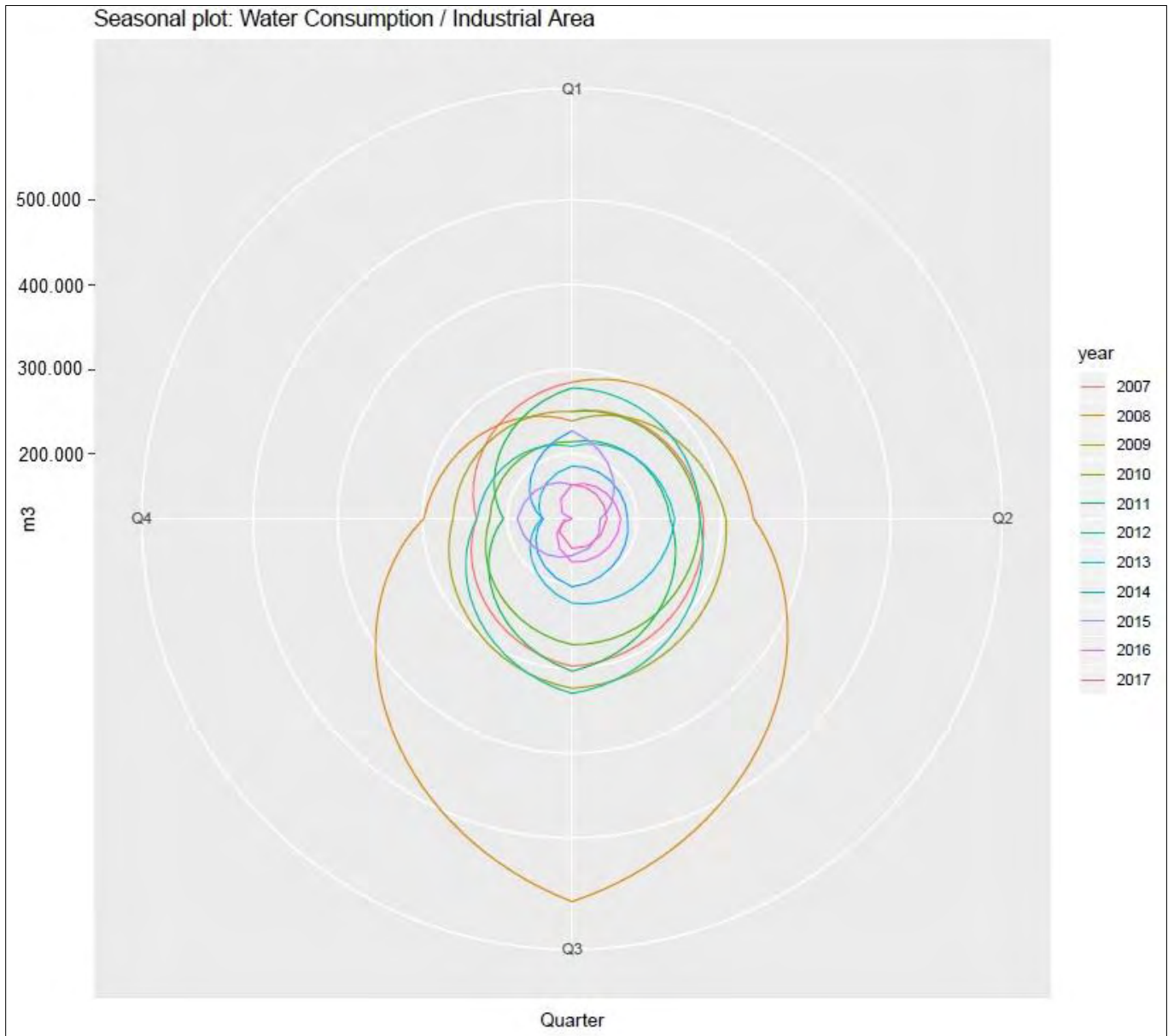
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ



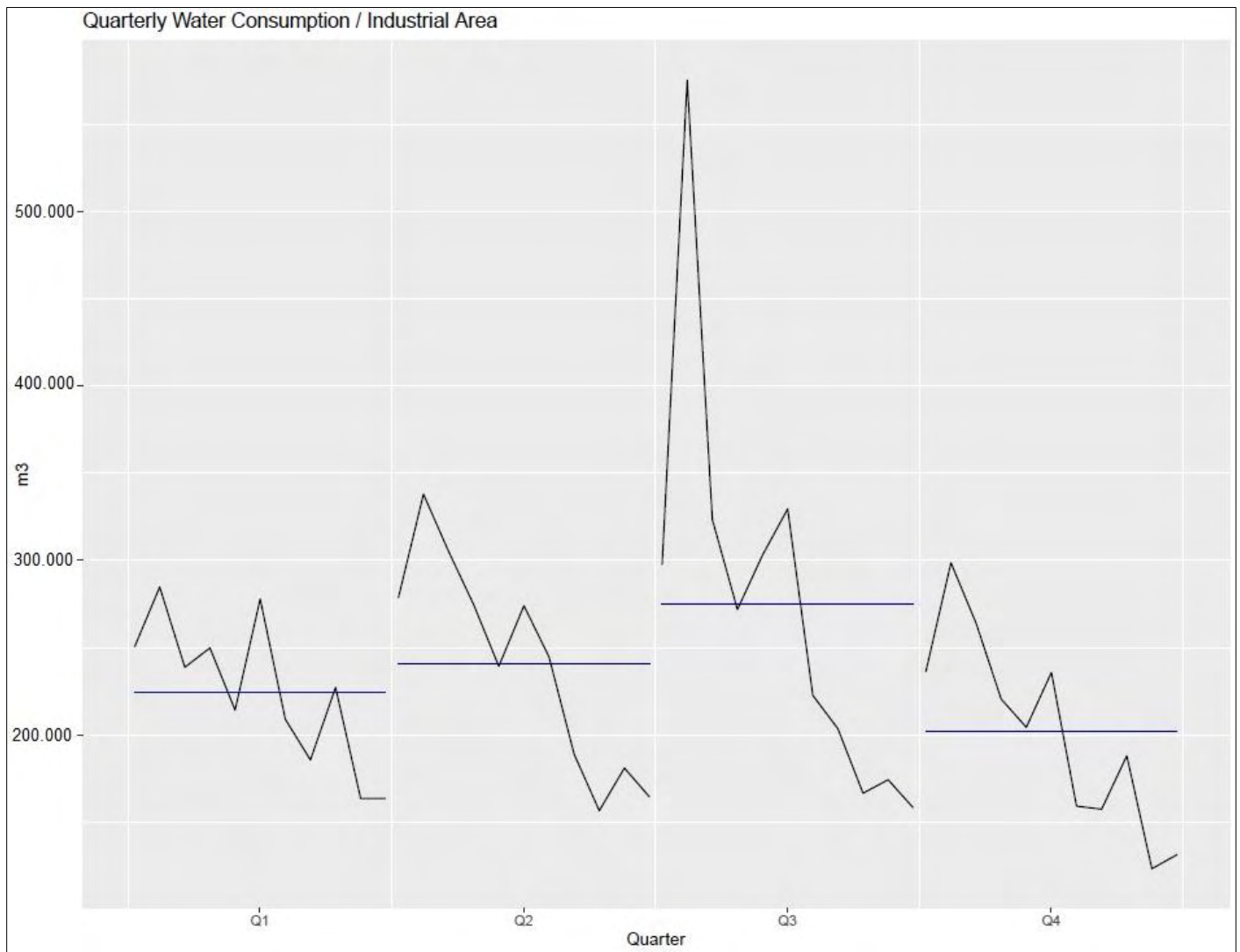
Α.5.1: Χρονοσειρά τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού, ΒΙ. ΠΕ. .



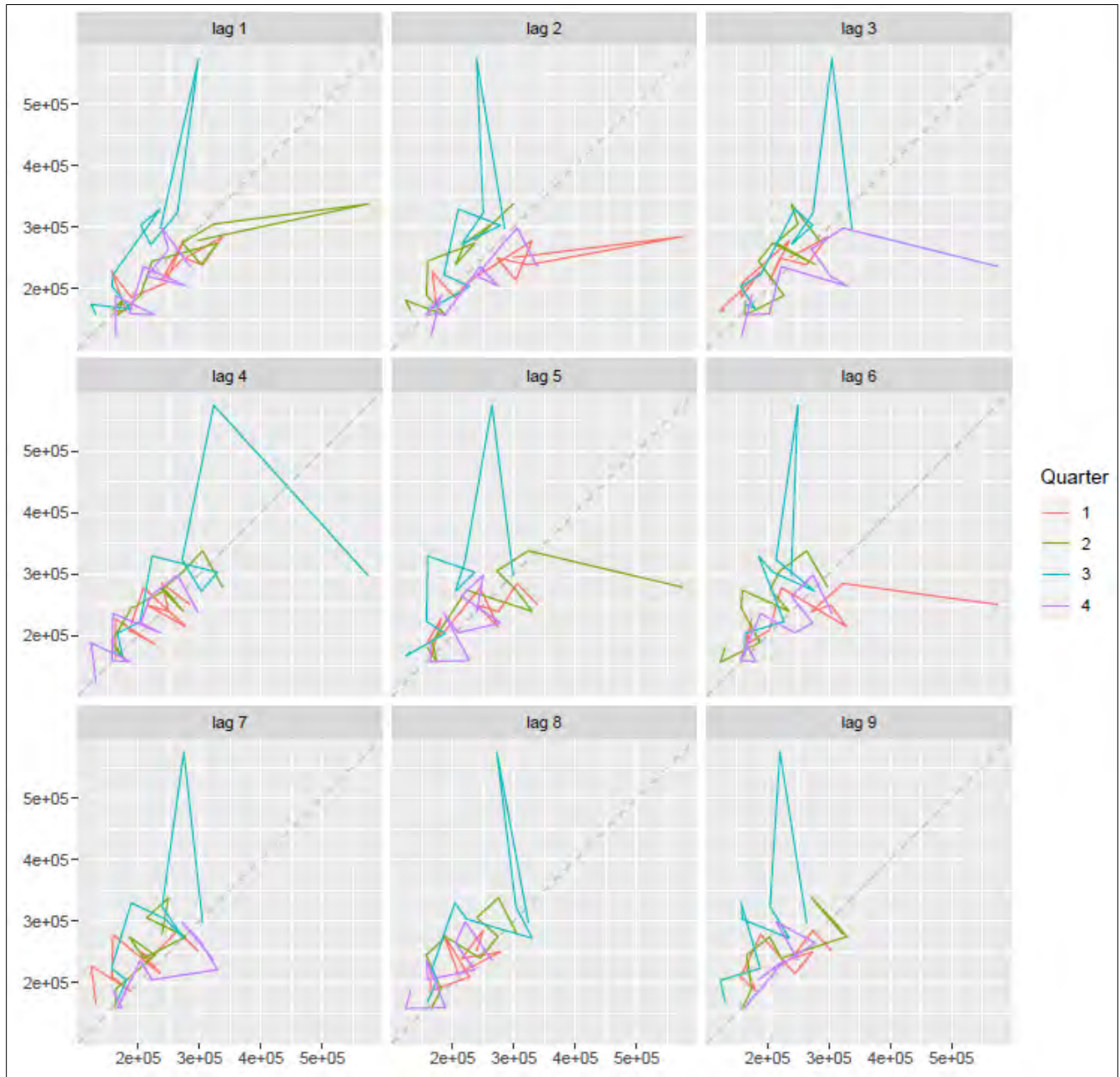
A.5.2: Τριμηνιαία κατανάλωση νερού για κάθε έτος.



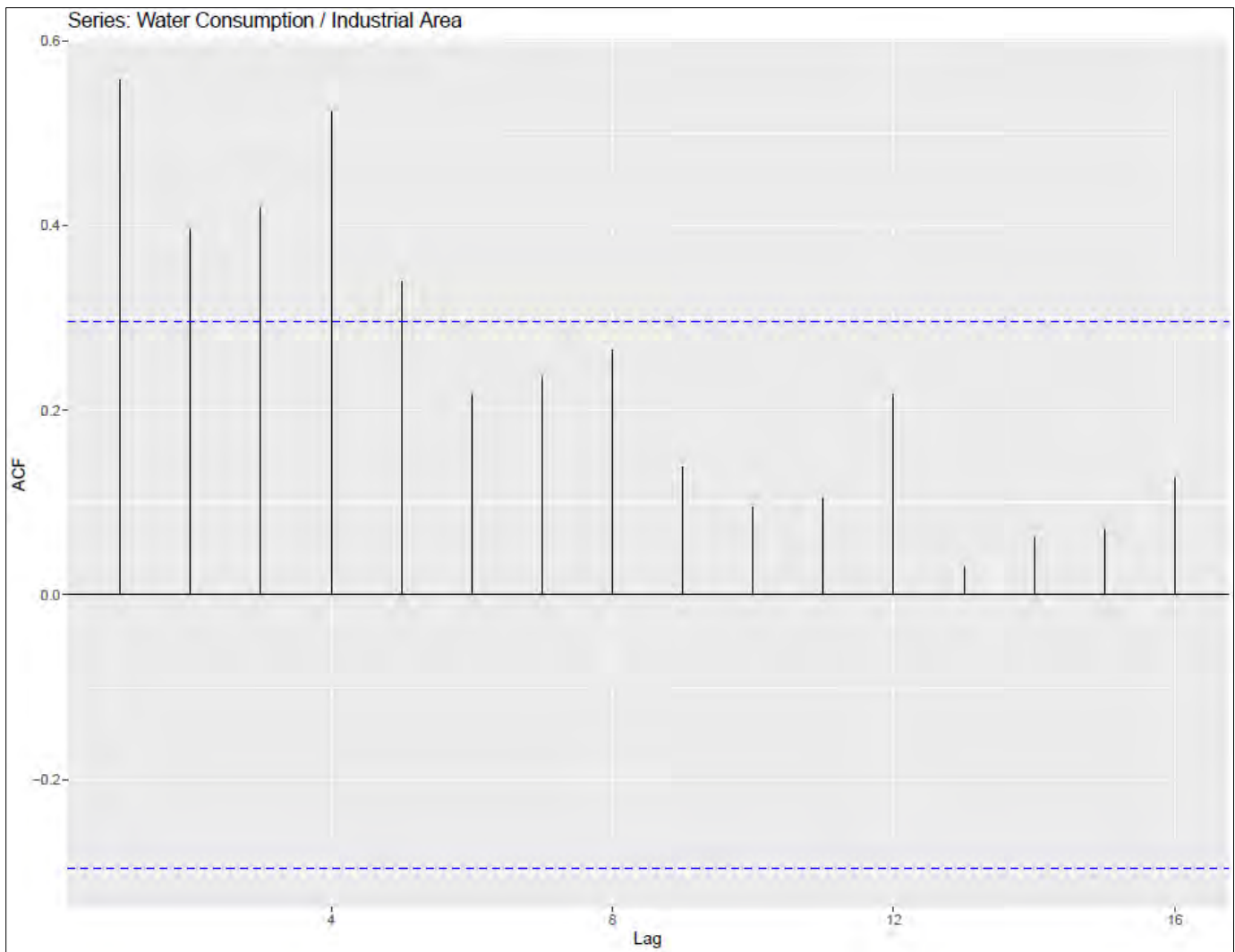
A.5.3: Κυκλική αναπαράσταση τριμηνιαίας κατανάλωσης νερού για κάθε έτος.



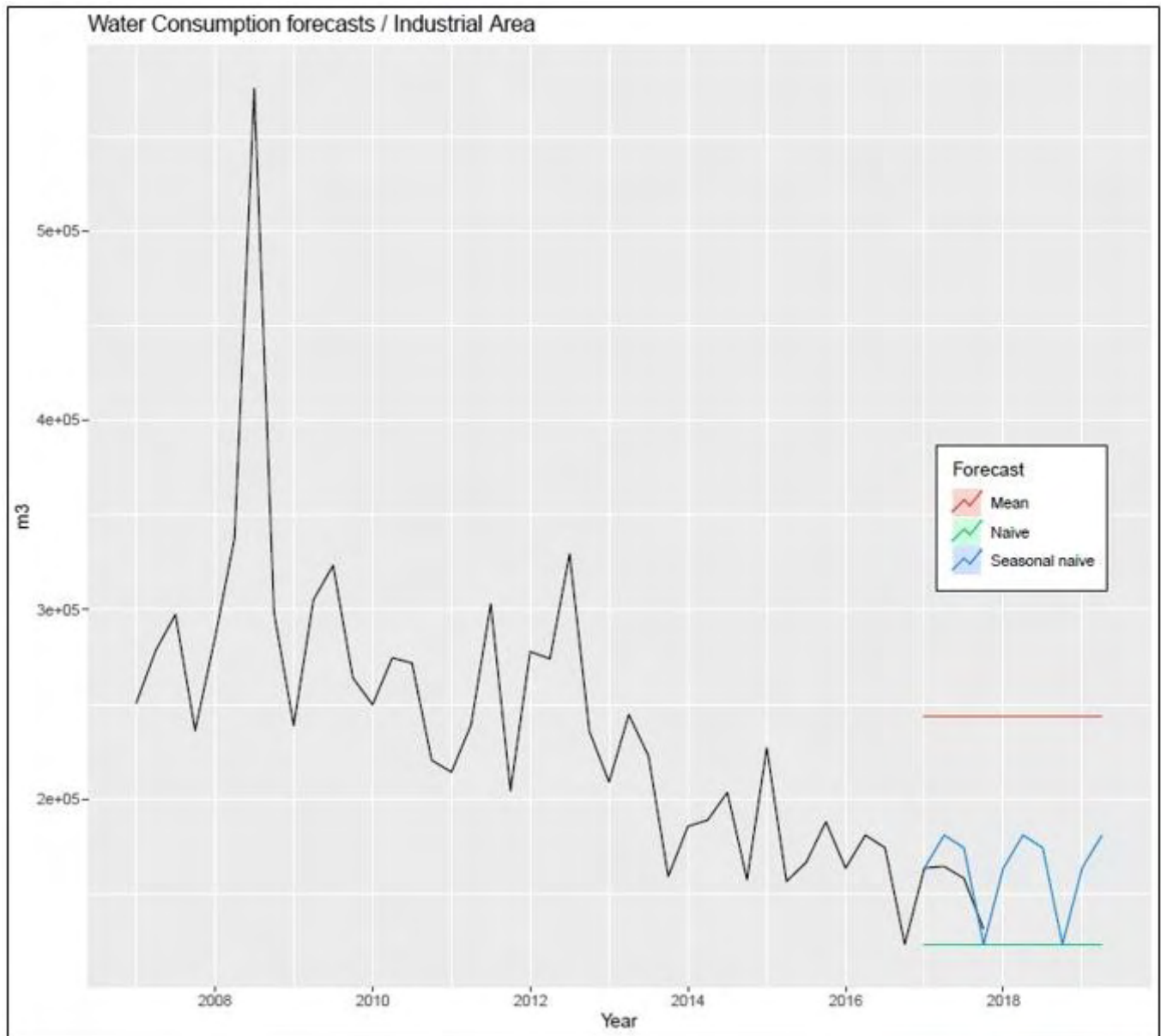
A.5.4: Διακύμανση κατανάλωσης των τεσσάρων τριμήνων.



A.5.5: Διαγράμματα υστέρησης των τεσσάρων τριμήνων.



A.5.6: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης δεδομένων κατανάλωσης.



A.5.7: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τις μεθόδους Average, Naïve, Seasonal naïve.

Average (mean) method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	243513	142904.8	344121.3	87412.01	399614.1
2017 Q2	243513	142904.8	344121.3	87412.01	399614.1
2017 Q3	243513	142904.8	344121.3	87412.01	399614.1
2017 Q4	243513	142904.8	344121.3	87412.01	399614.1
2018 Q1	243513	142904.8	344121.3	87412.01	399614.1
2018 Q2	243513	142904.8	344121.3	87412.01	399614.1
2018 Q3	243513	142904.8	344121.3	87412.01	399614.1
2018 Q4	243513	142904.8	344121.3	87412.01	399614.1
2019 Q1	243513	142904.8	344121.3	87412.01	399614.1
2019 Q2	243513	142904.8	344121.3	87412.01	399614.1

A.5.8: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Average.

Naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	123471	28706.30	218235.7	-21459.11	268401.1
2017 Q2	123471	-10546.53	257488.5	-81491.13	328433.1
2017 Q3	123471	-40666.28	287608.3	-127555.31	374497.3
2017 Q4	123471	-66058.41	313000.4	-166389.22	413331.2
2018 Q1	123471	-88429.32	335371.3	-200602.58	447544.6
2018 Q2	123471	-108654.17	355596.2	-231533.82	478475.8
2018 Q3	123471	-127252.84	374194.8	-259978.03	506920.0
2018 Q4	123471	-144564.06	391506.1	-286453.25	533395.3
2019 Q1	123471	-160823.11	407765.1	-311319.33	558261.3
2019 Q2	123471	-176201.31	423143.3	-334838.25	581780.2

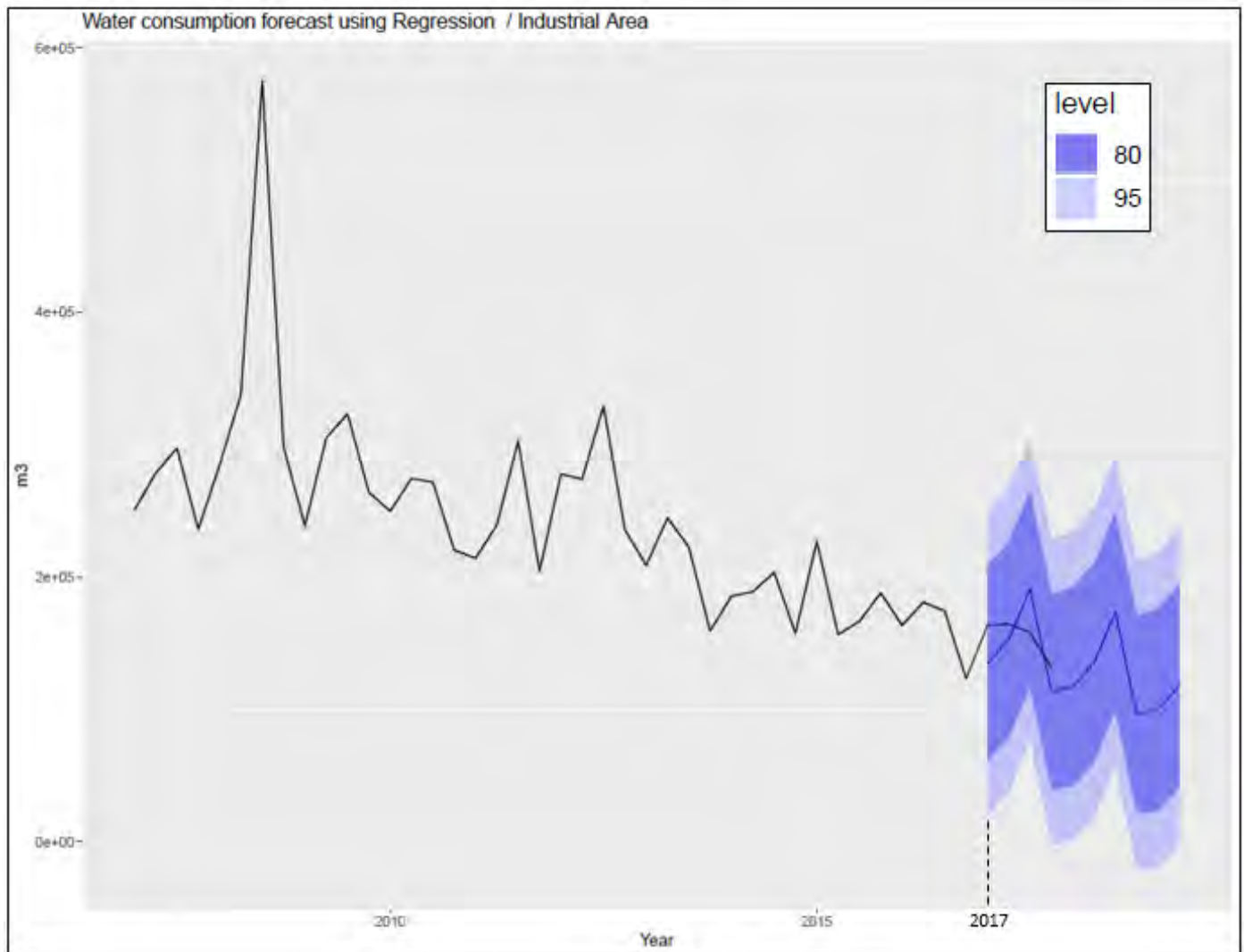
A.5.9: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Naïve.

Seasonal Naïve method

Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	163669	65666.185	261671.8	13786.63	313551.4
2017 Q2	181116	83113.185	279118.8	31233.63	330998.4
2017 Q3	174413	76410.185	272415.8	24530.63	324295.4
2017 Q4	123471	25468.185	221473.8	-26411.37	273353.4
2018 Q1	163669	25072.090	302265.9	-48296.68	375634.7
2018 Q2	181116	42519.090	319712.9	-30849.68	393081.7
2018 Q3	174413	35816.090	313009.9	-37552.68	386378.7
2018 Q4	123471	-15125.910	262067.9	-88494.68	335436.7
2019 Q1	163669	-6076.854	333414.9	-95934.88	423272.9
2019 Q2	181116	11370.146	350861.9	-78487.88	440719.9

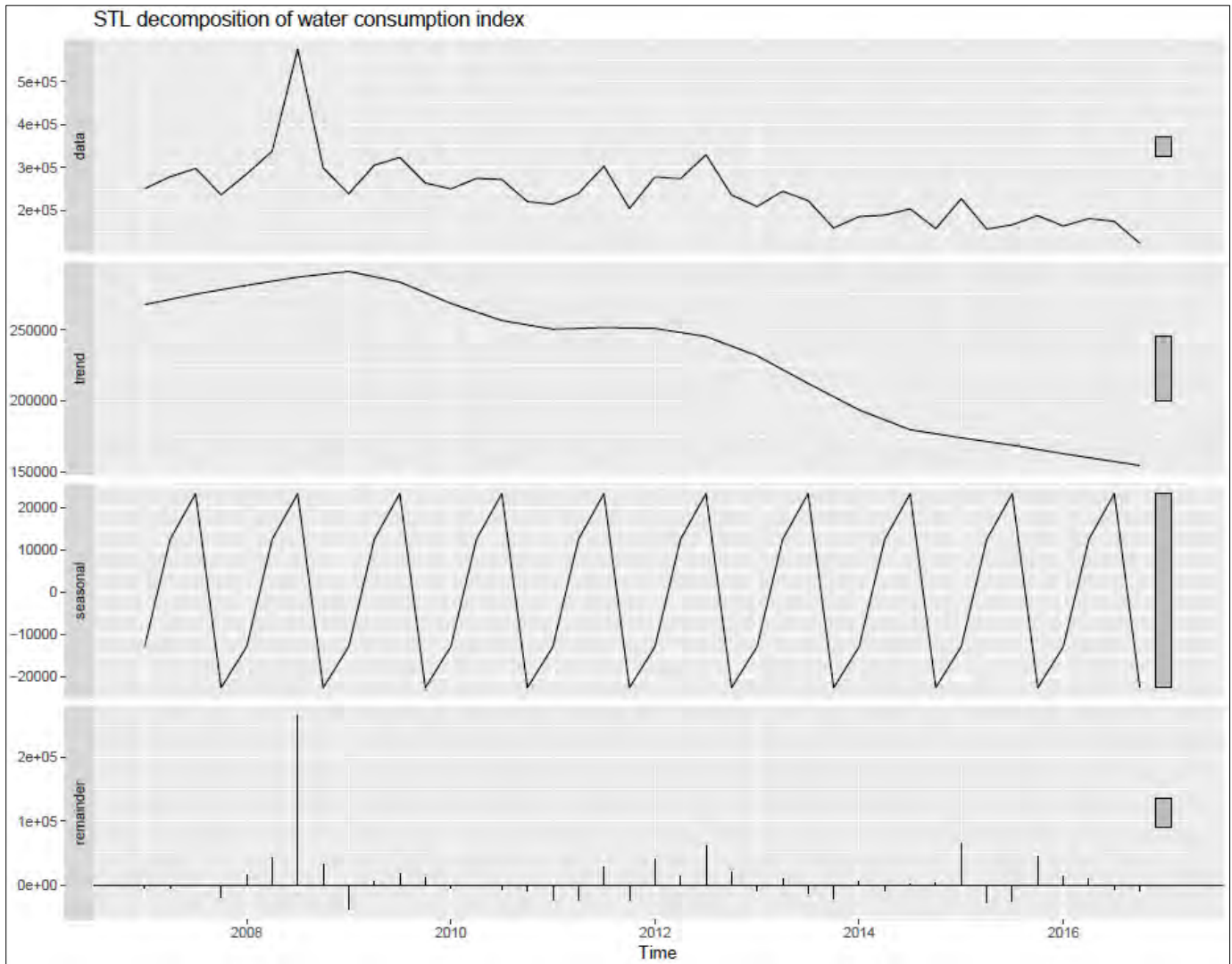
A.5.10: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου Seasonal Naïve.



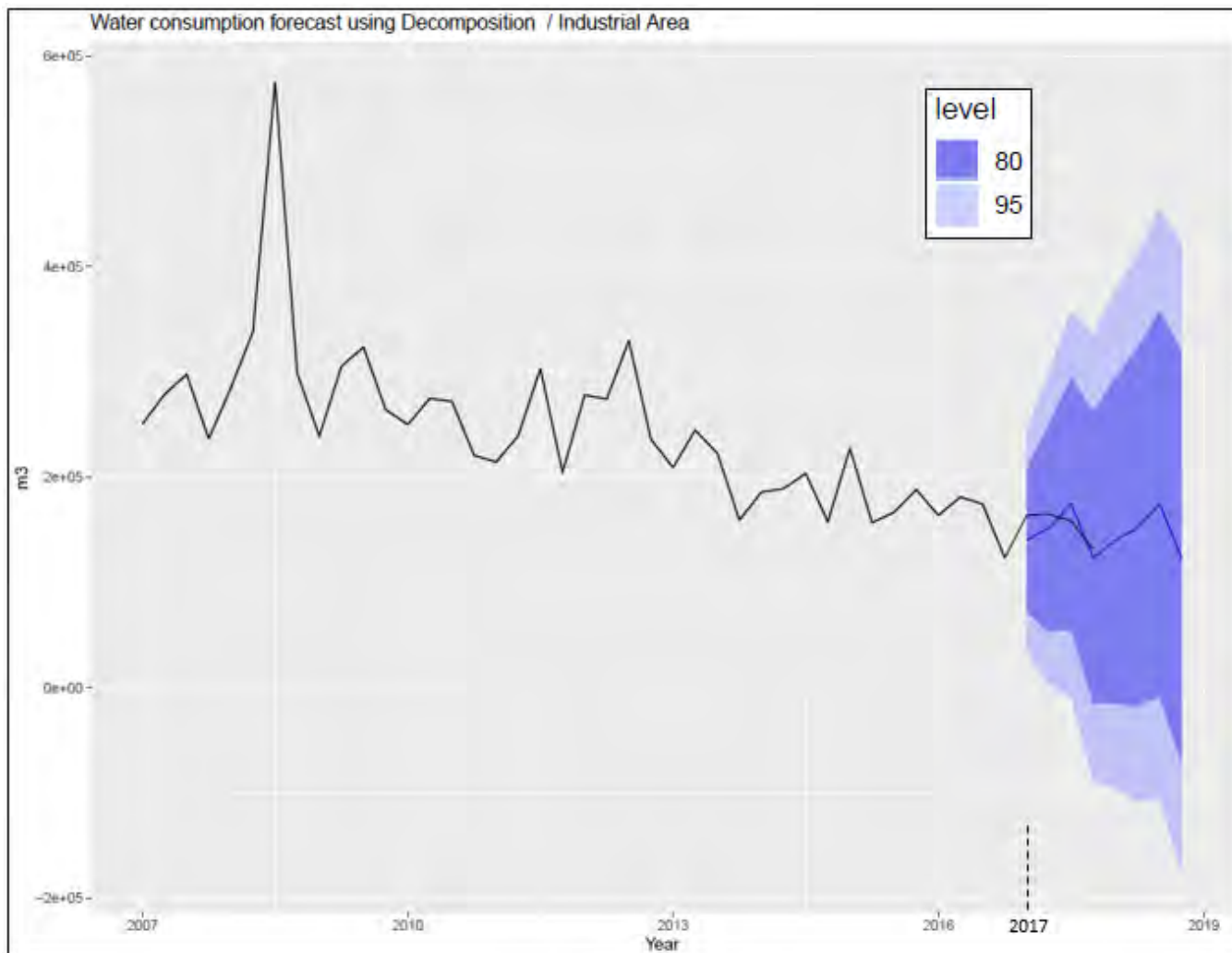
A.5.11: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο παλινδρόμησης.

Forecasts:						
	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95	
2017 Q1	134786.97	60691.22	208882.7	19627.7240	249946.2	
2017 Q2	152709.97	78614.22	226805.7	37550.7240	267869.2	
2017 Q3	191385.77	117290.02	265481.5	76226.5240	306545.0	
2017 Q4	113422.57	39326.82	187518.3	-1736.6760	228581.8	
2018 Q1	117434.83	42217.07	192652.6	531.7552	234337.9	
2018 Q2	135357.83	60140.07	210575.6	18454.7552	252260.9	
2018 Q3	174033.63	98815.87	249251.4	57130.5552	290936.7	
2018 Q4	96070.43	20852.67	171288.2	-20832.6448	212973.5	
2019 Q1	100082.70	23576.71	176588.7	-18822.5335	218987.9	
2019 Q2	118005.70	41499.71	194511.7	-899.5335	236910.9	

A.5.12: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου παλινδρόμησης.



A.5.13: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων, μεθόδου αποσύνθεσης.

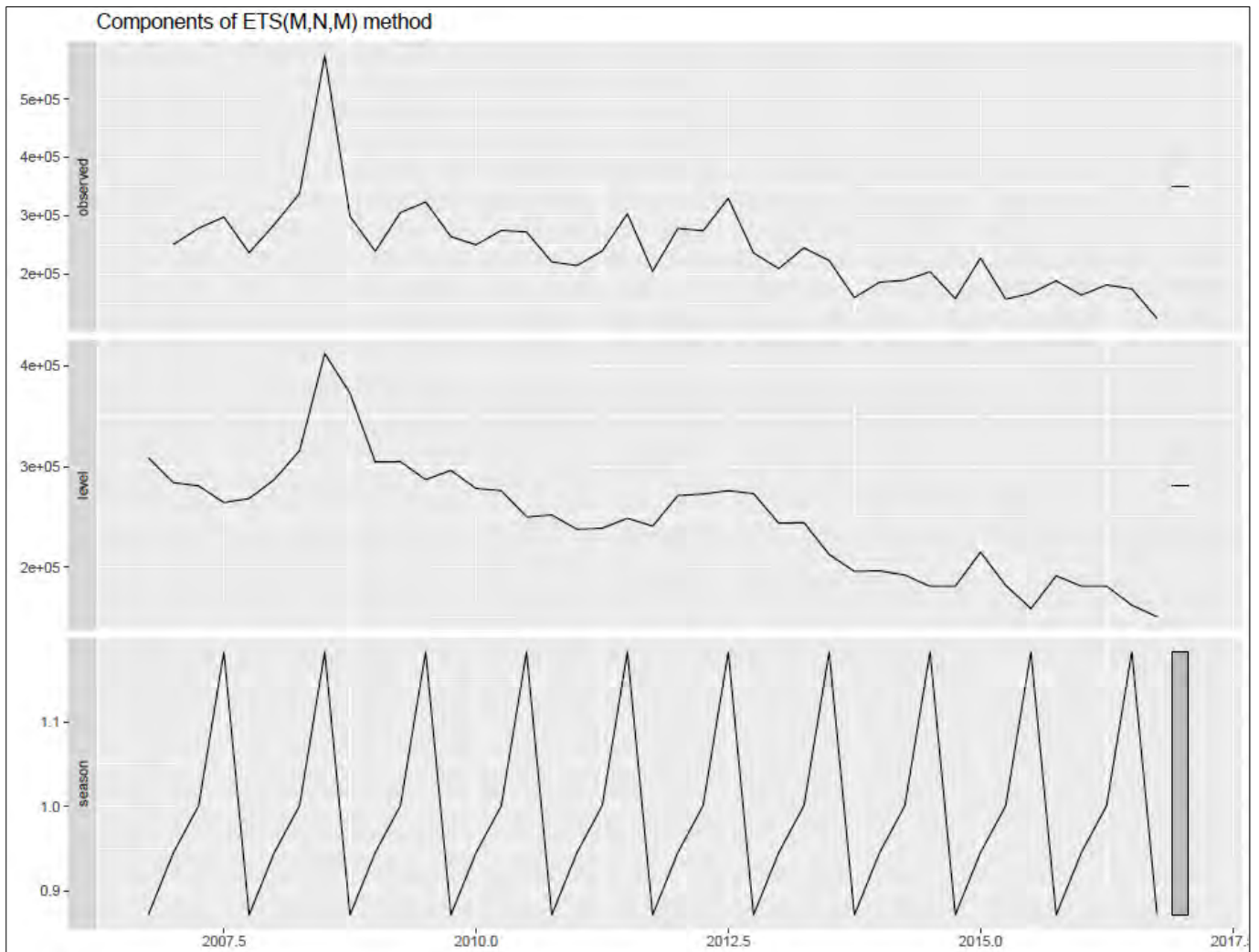


A.5.14: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο αποσύνθεσης.

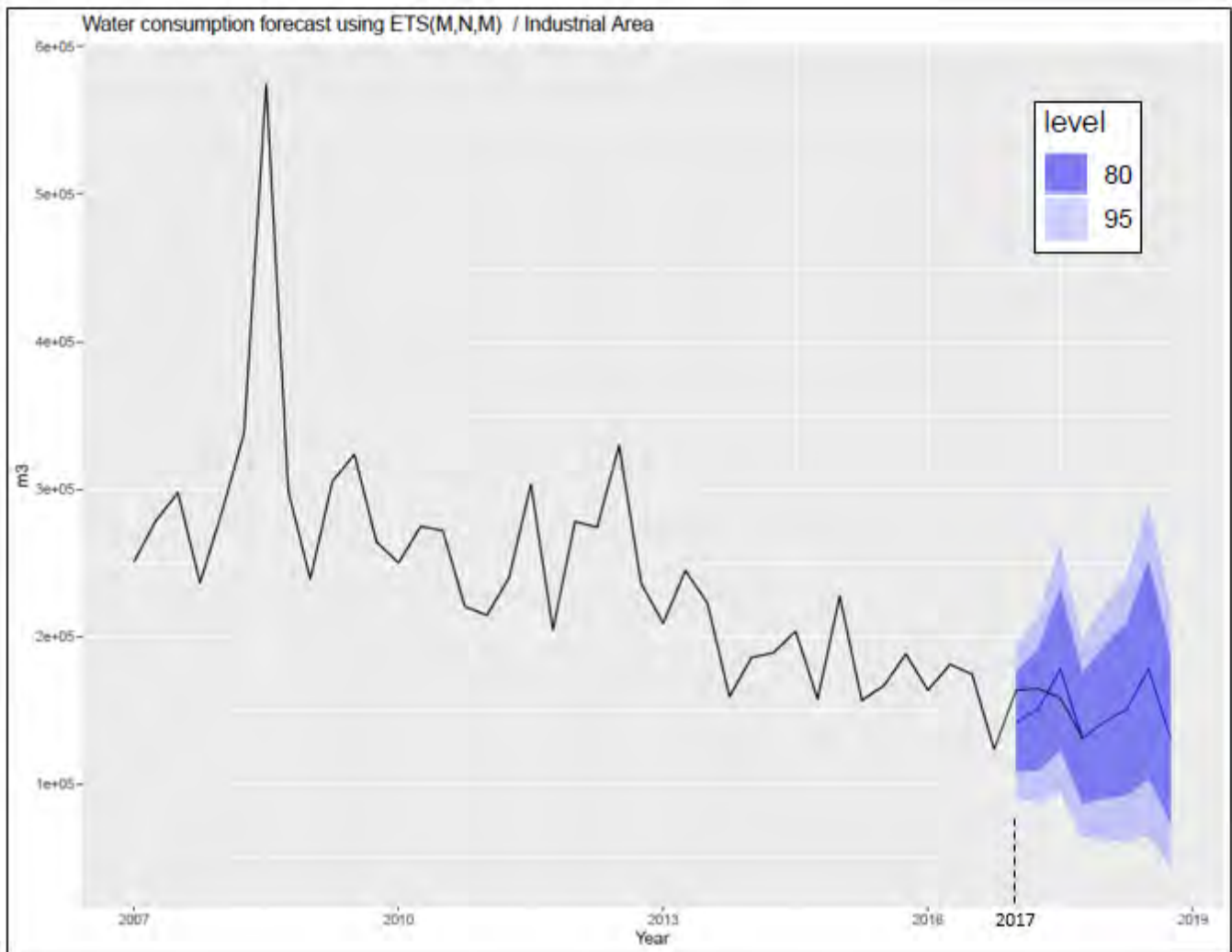
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	140059.7	70786.992	209332.3	34116.254	246003.1
2017 Q2	151647.4	53681.038	249613.7	1820.784	301474.0
2017 Q3	174918.5	54934.709	294902.3	-8580.871	358417.9
2017 Q4	123471.0	-15074.344	262016.3	-88415.819	335357.8
2018 Q1	140059.7	-14838.740	294958.1	-96837.002	376956.3
2018 Q2	151647.4	-18035.309	321330.1	-107859.905	411154.7
2018 Q3	174918.5	-8359.766	358196.8	-105381.418	455218.4
2018 Q4	123471.0	-72461.705	319403.7	-176182.214	423124.2

A.5.15: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου αποσύνθεσης.



A.5.16: Διάγραμμα ανάλυσης εποχικότητας και τάσης των δεδομένων μεθόδου εκθετικής εξομάλυσης.

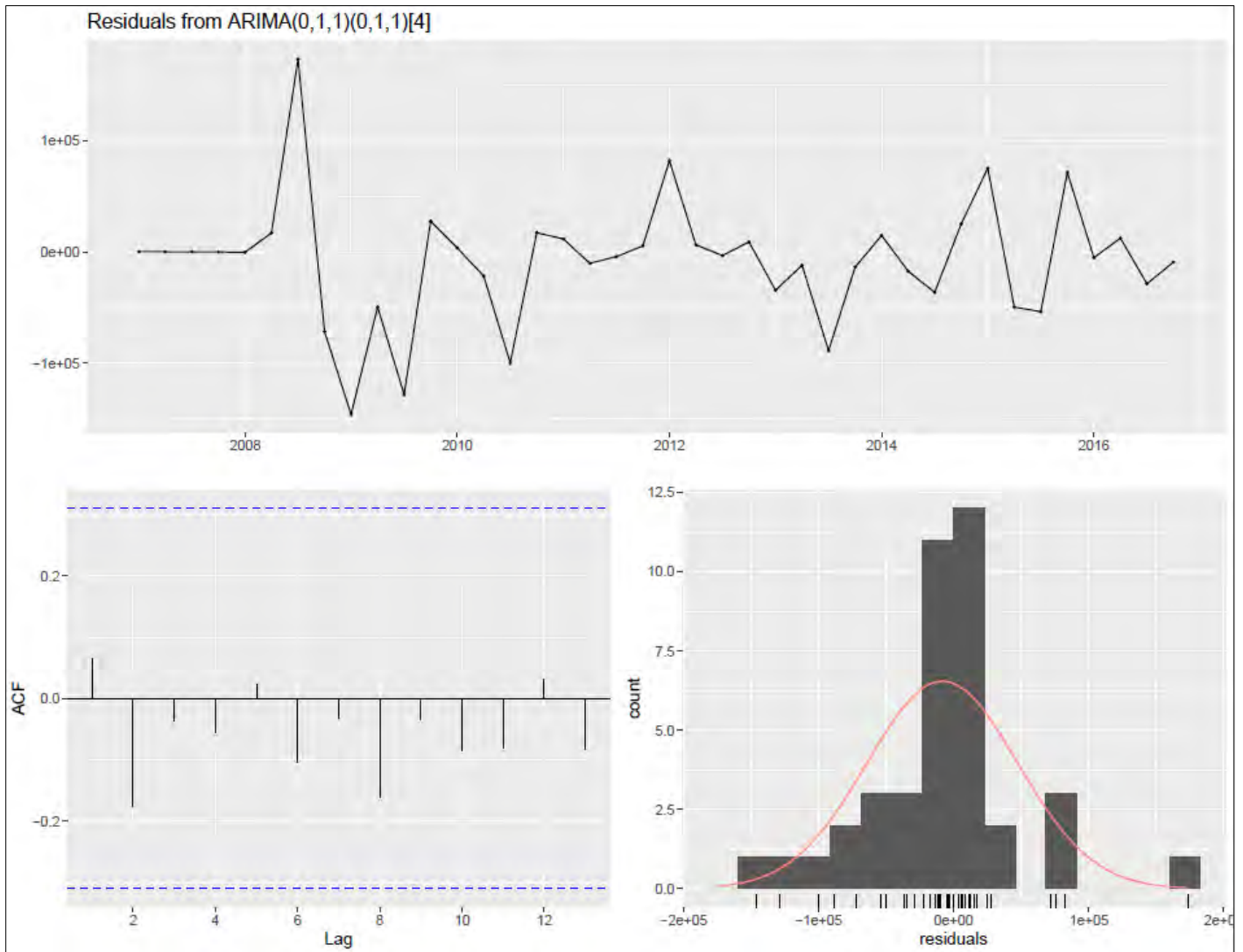


A.5.17: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης νερού με τη μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης.

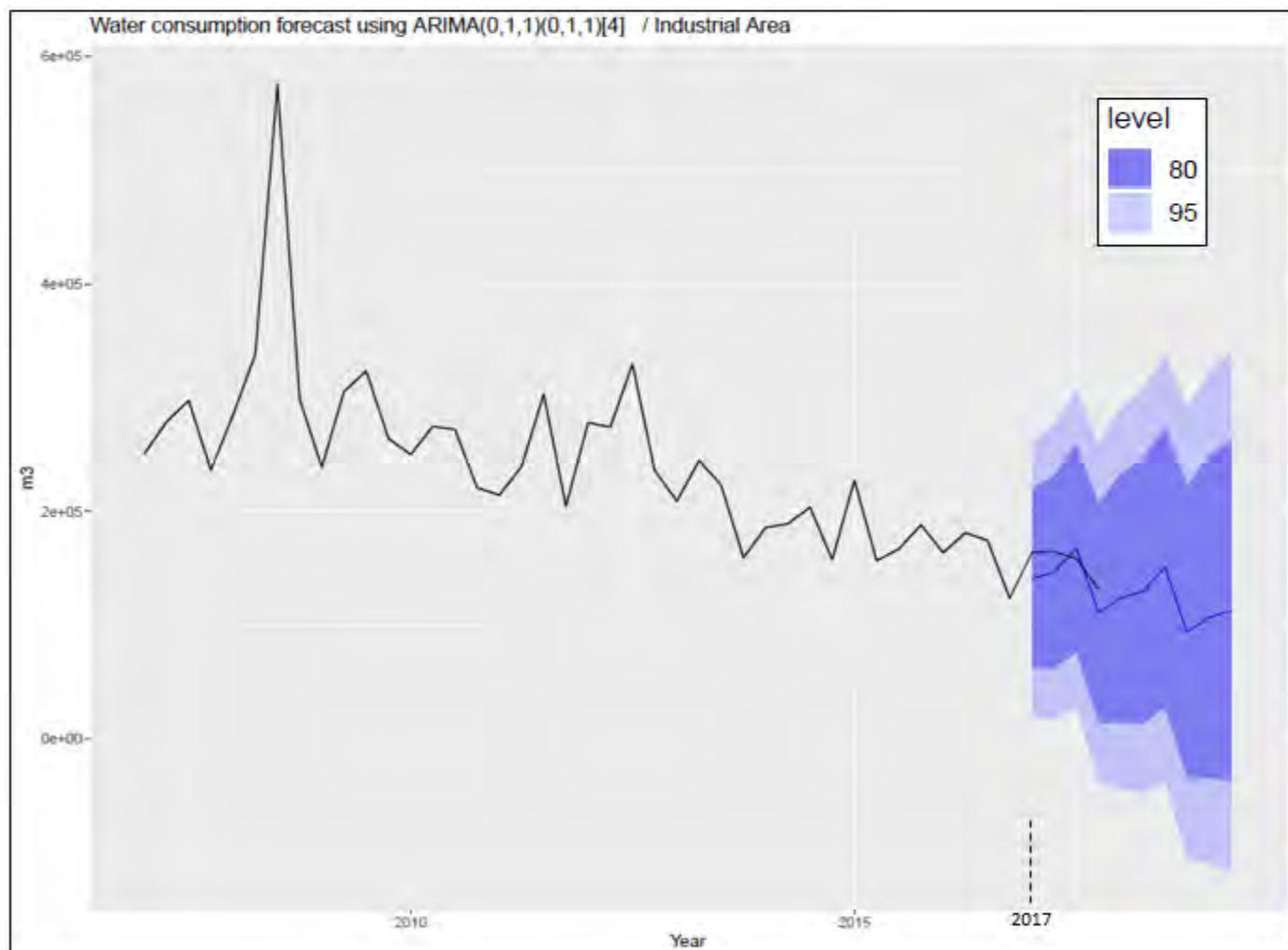
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	142187.3	108430.11	175944.6	90560.11	193814.6
2017 Q2	150548.8	109268.21	191829.4	87415.59	213682.0
2017 Q3	178001.1	123364.52	232637.6	94441.68	261560.4
2017 Q4	131054.6	86911.32	175197.9	63543.28	198565.9
2018 Q1	142187.6	90349.50	194025.7	62908.05	221467.2
2018 Q2	150549.1	91741.58	209356.6	60610.76	240487.4
2018 Q3	178001.4	104078.11	251924.7	64945.49	291057.3
2018 Q4	131054.9	73543.14	188566.6	43098.27	219011.5

A.5.18: Αποτελέσματα πρόγνωσης μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης.



A.5.19: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης και υπολειμμάτων μοντέλου ARIMA(0,1,1)(0,1,1)₄.



A.5.20: Διάγραμμα πρόγνωσης κατανάλωσης με το μοντέλο $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_4$.

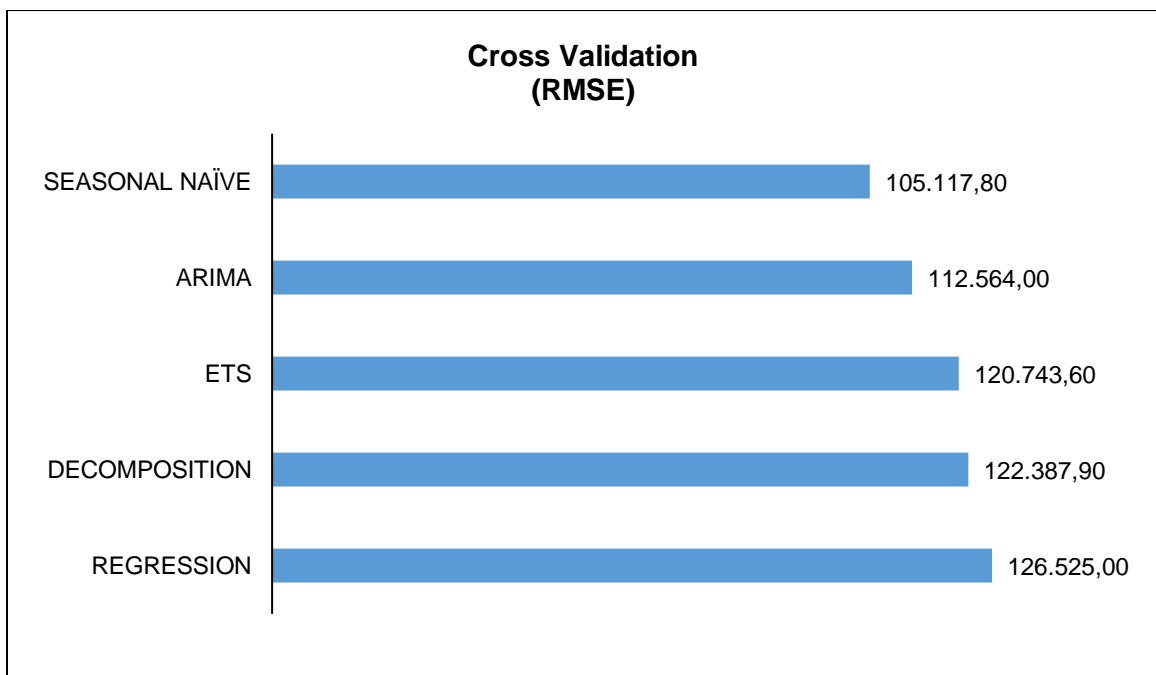
Forecasts:

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2017 Q1	140864.16	62214.05	219514.3	20579.20	261149.1
2017 Q2	146346.60	61175.87	231517.3	16089.20	276604.0
2017 Q3	167515.59	76289.12	258742.1	27996.74	307034.4
2017 Q4	110768.48	13863.97	207673.0	-37434.17	258971.1
2018 Q1	123957.54	14692.59	233222.5	-43148.78	291063.9
2018 Q2	129439.98	13084.95	245795.0	-48509.69	307389.7
2018 Q3	150608.97	27571.74	273646.2	-37560.23	338778.2
2018 Q4	93861.86	-35512.88	223236.6	-103999.73	291723.5
2019 Q1	107050.92	-34672.62	248774.5	-109696.54	323798.4
2019 Q2	112533.36	-36871.49	261938.2	-115961.65	341028.4

A.5.21: Αποτελέσματα πρόγνωσης μοντέλου $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_4$.

Root Mean Square Error (RMSE)				
Regression	<i>Seasonal Naïve</i>	Decomposition	ETS	ARIMA
24.494,19	12.222,79	16.341,16	16.189,59	18.514,36

A.5.22: Πίνακας σφαλμάτων των καταλληλότερων μοντέλων πρόγνωσης.



A.5.23: Γράφημα σφαλμάτων μεθόδου cross validation για τα τέσσερα επικρατέστερα μοντέλα.