



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Πρόβλεψη Παραγωγής και Μακροπρόθεσμης Διείσδυσης  
των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για τις Χώρες της  
Ευρωπαϊκής Ένωσης**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ Δ. ΚΟΛΕΡΗ

**Επιβλέπων :** Βασίλειος Ασημακόπουλος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Υπεύθυνος :** Φώτιος Πετρόπουλος,

Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2012





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## Πρόβλεψη Παραγωγής και Μακροπρόθεσμης Διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για τις Χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ ΚΟΛΕΡΗ

**Επιβλέπων :** ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Υπεύθυνος:** ΦΩΤΙΟΣ ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ

Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την ...<sup>η</sup> Ιουλίου 2012.

.....  
Β.Ασημακόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Ι.Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Γ.Μέντζας  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2012

.....  
Νικολέττα Κολέρη

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Νικολέττα Κολέρη, 2012.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

Θέμα: Πρόβλεψη παραγωγής και μακροπρόθεσμης διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) για τις Χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και αξιολόγηση των μοντέλων χρονοσειρών, όταν αυτά εφαρμόζονται σε ενεργειακά δεδομένα που αφορούν στην παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας και σε ποσοστά διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Αρχικά, παρουσιάζεται η πολιτική της Ε.Ε στην προώθηση των ΑΠΕ καθώς και ιστορικές προβλέψεις παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ. Επίσης περιγράφονται τα Εθνικά Σχέδια δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια και οι πολιτικές των Κρατών –Μελών.

Ακολουθεί μια παρουσίαση των τεχνικών προβλέψεων στα πλαίσια της οποίας αναλύονται και οι μέθοδοι που υλοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Αυτές είναι οι μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης (απλή εκθετική εξομάλυνση, μοντέλο γραμμικής τάσης και μοντέλο φθίνουσας τάσης), η απλοϊκή μέθοδος (Naïve ), η απλή γραμμική παλινδρόμηση καθώς και η μέθοδος Theta.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το πείραμα πρόβλεψης παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ για τις χώρες της ΕΕ στο οποίο εξετάζονται χρονοσειρές ανά χώρα και ανά ενέργεια, ενώ η ακρίβεια των μεθόδων προβλέψεων σε αυτές αξιολογείται μέσω μιας σειράς δεικτών σφάλματος.

Σκοπός του πειράματος 'Πρόβλεψη στόχου 2020' είναι να διερευνήσει ποια μέθοδος προσαρμόζεται καλύτερα στη χρονοσειρά που εκφράζει τα ποσοστά των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα της κάθε χώρας της ΕΕ και να επεκτείνει το κατάλληλο μοντέλο για την εκάστοτε χώρα, ώστε να παραχθούν μακροπρόθεσμες προβλέψεις για το 2020, και να εκτιμηθεί εάν η κάθε χώρα θα καταφέρει να επιτύχει τους στόχους που έχουν τεθεί.

Τέλος, τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι η πιο ακριβής μέθοδος στην πλειοψηφία των χρονοσειρών παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας είναι η Holt ενώ κατά τη μελέτη τέτοιων δεδομένων κατά κανόνα καλύτερα αποτελέσματα έχει η top down προσέγγιση. Επίσης σε ότι αφορά στις χρονοσειρές που εκφράζουν τη διείσδυση των ΑΠΕ, η μέθοδος theta είναι εκείνη που προσαρμόζεται καλύτερα για την πλειοψηφία των χωρών ενώ προκύπτει ότι εάν οι χώρες- μέλη συνεχίσουν τις πολιτικές που έχουν ήδη υιοθετήσει, η Ε.Ε .συνολικά θα ξεπεράσει το στόχο του 2020.

Λέξεις κλειδιά: Μοντέλα χρονοσειρών, μακροπρόθεσμη πρόβλεψη, ΑΠΕ

## Abstract

**Subject:** Forecast of production and long-term penetration of Renewable Energy Sources (RES) in the Member-States of European Union (EU-27)

The aim of the present dissertation is the evaluation of time series models in the case of energy data concerning the production of renewable energy and the percentage of RES penetration in the energy mixture of the EU Member States.

Initially, there is an overview of the EU policy on the promotion of RES, as well as, a presentation of historical forecasts on RES production followed by a short description of the National Renewable Energy Action Plans and the relative policies of EU Member States.

It follows a presentation of time series models, including an analysis of the methods used in the present work: Exponential smoothing models (simple exponential smoothing, HOLT exponential smoothing, DAMPED Exponential Smoothing), Naïve method, simple linear regression method as well as Theta model

Afterwards follows the presentation of the experiment “Forecasting RES production of EU Member States” in which time series per country and per source of renewable energy are examined while their performance is evaluated using a group of statistical error indicators

The aim of the second experiment “Forecast for the 2020 target” is to examine which method is better adapted to the time series expressing the percentages of RES in the energy mixture of every EU Country and to extrapolate the suitable model for each specific Country in order to produce long-term forecasts for the 2020 and evaluate whether the specific Country will achieve its binding targets

Finally the results of the experiments indicated that the HOLT method had the better performance in the majority of the time series of renewable energy production while in studying such data, as a rule, the top - down approach has the better results. Also, regarding the time series expressing the RES penetration, Theta method is better adapted for the majority of the Countries and the outcome is that if the EU Member – States continue to implement the already adopted policies, the EU, as a whole, will exceed the 2020 target.

Key words: time series models, long- term forecasting, RES

## Πρόλογος

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011-2012 στο πλαίσιο των ερευνητικών δραστηριοτήτων της Μονάδας Προβλέψεων και Στρατηγικής του Τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμότατα τον Καθηγητή κ. Βασίλειο Ασημακόπουλο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με τον τόσο ενδιαφέροντα τομέα των προβλέψεων και την πολύτιμη καθοδήγησή του. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Ι. Ψαρρά και τον Αναπλ. Καθηγητή κ. Δ. Ασκούνη για την τιμή που μου έκαναν να συμμετάσχουν στην τριμελή επιτροπή εξέτασης της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον διδάκτορα ΕΜΠ και συντονιστή της μονάδας Φώτιο Πετρόπουλο, που χάρη στις οργανωτικές του ικανότητες και στις πολύτιμες συμβουλές του ολοκλήρωσα επιτυχώς την διπλωματική μου εργασία.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω ολόκληρη την ομάδα της Μονάδας για την πολύτιμη συνδρομή τους και ιδιαίτερα τον Α.Ράπτη και τη Φ.Σκιαδά.

Τέλος, ευχαριστώ από καρδιάς τους αγαπημένους μου γονείς και τους λοιπούς δικούς μου ανθρώπους για την αμέριστη συμπαράσταση και στήριξη που μου προσέφεραν καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Νικολέττα Δ. Κολέρη

Αθήνα, Ιούλιος 2012

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	1
Abstract .....	2
Πρόλογος.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ευρεία περίληψη .....	11
1.1 Ενεργειακές προκλήσεις και επιλογές .....	11
1.2 Ιστορικό προβλέψεων και πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ ανά κράτος- μέλος της Ε.Ε. 12	
1.3 τεχνικές προβλέψεων.....	12
1.4 Πείραμα πρόβλεψης ετήσιας παραγωγής ΑΠΕ ανά χώρα και ενέργεια .....	14
1.5 Πείραμα πρόβλεψης στόχου για το 2020 .....	16
1.6 Προτάσεις για περεταίρω επιστημονική έρευνα.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ενεργειακές προκλήσεις και επιλογές.....	20
2.1 Εισαγωγή .....	20
2.2 Το πακέτο «ενέργεια-κλίμα» της Ε.Ε. ....	21
2.3 Η Ευρωπαϊκή Οδηγία για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές .....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ιστορικό προβλέψεων και πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ ανά κράτος- μέλος της Ε.Ε. ....	26
3.1 Εισαγωγή .....	26
Πίνακας 3. 1 Ιστορικές προβλέψεις (περιόδου 1990 – 2002) για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη Ευρώπη (EU-15).....	29
3.2 Εθνικά Σχέδια Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια (ΕΣΔΑΕ) (National Renewable Energy Action Plans, NREAP).....	29
3.3 Πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ στην Ε.Ε.....	31
3.3.1 Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:.....	31
3.3.2 ΑΠΕ Θέρμανσης - Ψύξης (Θ/Ψ):.....	32
3.3.3 ΑΠΕ – Μεταφορών: .....	32
3.4 Πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ ανά χώρα της Ε.Ε. ....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Τεχνικές προβλέψεων.....	42
4.1 Γενικά για τις προβλέψεις .....	42
4.2 Κατηγορίες μεθόδων πρόβλεψης .....	42
4.2.1 Ποσοτικές (quantitative) μέθοδοι προβλέψεων .....	42
4.2.2 Κριτικές (judgmental) μέθοδοι προβλέψεων .....	44
4.3 Ορίζοντας πρόβλεψης (forecast horizon) .....	44
4.4 Στάδια πρόβλεψης.....	45
4.5 Οι χρονοσειρές και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους .....	46



4.6 Βασικές μέθοδοι πρόβλεψης .....	47
4.6.1 Απλοϊκή μέθοδος (Naïve) .....	47
4.6.2 Μέθοδοι εξομάλυνσης:.....	47
4.6.2.1 Μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης: .....	47
4.6.2.2 Μέθοδος απλού ή κινητού μέσου όρου: .....	50
4.6.2.3 Μέθοδοι αποσύνθεσης .....	51
4.6.2.4 Μέθοδοι παλινδρόμησης.....	51
4.6.2.5. Μέθοδος Theta.....	52
4.6.2.6 Μοντέλα ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average models).....	53
4.6.2.7 Νευρωνικά δίκτυα (Neural Networks) .....	53
4.6.2.8 Μέθοδοι συνδυασμού (Combining Methods) .....	54
4.6.2.9 Expert Methods .....	54
4.7 Σφάλματα .....	54
4.8 Επιλογή της κατάλληλης μεθόδου πρόβλεψης .....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Δεδομένα- πειραματική διαδικασία.....	58
5.1 Εισαγωγή .....	58
5.2 Πείραμα πρόβλεψης ετήσιας παραγωγής ΑΠΕ ανά χώρα και ενέργεια .....	58
5.2.1 Κύριο μέρος του πειράματος .....	69
5.3 Πείραμα πρόβλεψης στόχου για το 2020 .....	72
5.3.1 Κύριο μέρος του πειράματος .....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Αποτελέσματα πειράματος πρόβλεψης ετήσιας παραγωγής ΑΠΕ ανά χώρα και ανά ενέργεια.....	76
6.1 Ανάλυση ανά χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης .....	78
6.2 Ανάλυση ανά ενέργεια .....	110
6.3 Γενικά συμπεράσματα πρώτου πειράματος.....	130
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Αποτελέσματα πειράματος για το στόχο του 2020 .....	137
7.1 Γενικά συμπεράσματα δευτέρου πειράματος.....	166
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Γενικά συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω επιστημονική έρευνα .....	170
8.1 Γενικά συμπεράσματα.....	170
8.2 Προεκτάσεις .....	171
Βιβλιογραφικές αναφορές .....	173
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	175

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2. 1 Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι Οδηγίας 2009/28/ΕΚ.....	24
Πίνακας 3. 1 Ιστορικές προβλέψεις (περιόδου 1990 – 2002) για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη Ευρώπη (EU-15).....	29
Πίνακας 3. 2 Συγκεντρωτικές προβλέψεις κατά χώρα .....	30
Πίνακας 3. 3 Προβλέψεις ΕΕ .....	31
Πίνακας 5. 1 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Αυστρία .....	60
Πίνακας 5. 2 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Βέλγιο .....	60
Πίνακας 5. 3 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Βουλγαρία .....	60
Πίνακας 5. 4 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Κύπρος.....	60
Πίνακας 5. 5 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Δημοκρατία της Τσεχίας.....	61
Πίνακας 5. 6 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Δανία .....	61
Πίνακας 5. 7 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Εσθονία.....	61
Πίνακας 5. 8 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Φινλανδία.....	61
Πίνακας 5. 9 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Γαλλία .....	62
Πίνακας 5. 10 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Γερμανία .....	62
Πίνακας 5. 11 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών- Ελλάδα.....	62
Πίνακας 5. 12 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ουγγαρία .....	63
Πίνακας 5. 13 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ιρλανδία.....	63
Πίνακας 5. 14 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ιταλία .....	63
Πίνακας 5. 15 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Λετονία .....	63
Πίνακας 5. 16 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Λιθουανία.....	64
Πίνακας 5. 17 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Λουξεμβούργο.....	64
Πίνακας 5. 18 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ολλανδία .....	64
Πίνακας 5. 19 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Πολωνία.....	64
Πίνακας 5. 20 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών- Πορτογαλία.....	65
Πίνακας 5. 21 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ρουμανία .....	65
Πίνακας 5. 22 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Σλοβακία.....	65
Πίνακας 5. 23 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Σλοβενία .....	65
Πίνακας 5. 24 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ισπανία .....	66
Πίνακας 5. 25 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Σουηδία .....	66
Πίνακας 5. 26 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών- Ηνωμένο Βασίλειο.....	66
Πίνακας 5. 27 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-ΕΕ .....	67
Πίνακας 5. 28 Ποσοστά Διείσδυσης ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση Μέρος Πρώτο.....	73
Πίνακας 5. 29 Ποσοστά Διείσδυσης ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση Μέρος Δεύτερο.....	74
Πίνακας 6. 1 Αποτελέσματα-Αυστρία.....	78
Πίνακας 6. 2 Αποτελέσματα-Βέλγιο.....	79
Πίνακας 6. 3 Αποτελέσματα-Βουλγαρία.....	81
Πίνακας 6. 4 Αποτελέσματα-Κύπρος .....	82

Πίνακας 6. 5 Αποτελέσματα-Δημοκρατία της Τσεχίας .....	83
Πίνακας 6. 6 Αποτελέσματα- Δανία .....	84
Πίνακας 6. 7 Αποτελέσματα-Εσθονία .....	86
Πίνακας 6. 8 Αποτελέσματα-Φινλανδία .....	87
Πίνακας 6. 9 Αποτελέσματα-Γαλλία .....	88
Πίνακας 6. 10 Αποτελέσματα-Γερμανία .....	90
Πίνακας 6. 11 Αποτελέσματα-Ελλάδα .....	92
Πίνακας 6. 12 Αποτελέσματα-Ουγγαρία .....	93
Πίνακας 6. 13 Αποτελέσματα-Ιρλανδία .....	94
Πίνακας 6. 14 Αποτελέσματα-Ιταλία .....	95
Πίνακας 6. 15 Αποτελέσματα-Λετονία.....	96
Πίνακας 6. 16 Αποτελέσματα-Λιθουανία .....	97
Πίνακας 6. 17 Αποτελέσματα-Λουξεμβούργο .....	98
Πίνακας 6. 18 Αποτελέσματα-Ολλανδία.....	99
Πίνακας 6. 19 Αποτελέσματα-Πολωνία .....	100
Πίνακας 6. 20 Αποτελέσματα-Πορτογαλία.....	102
Πίνακας 6. 21 Αποτελέσματα-Ρουμανία .....	103
Πίνακας 6. 22 Αποτελέσματα-Σλοβακία .....	104
Πίνακας 6. 23 Αποτελέσματα-Σλοβενία.....	105
Πίνακας 6. 24 Αποτελέσματα-Ισπανία.....	106
Πίνακας 6. 25 Αποτελέσματα-Σουηδία.....	107
Πίνακας 6. 26 Αποτελέσματα-Ηνωμένο Βασίλειο .....	108
Πίνακας 6. 27 Αποτελέσματα-ΕΕ.....	109
Πίνακας 6. 28 Αποτελέσματα-Συνολική Ανανεώσιμη ενέργεια .....	111
Πίνακας 6. 29 Καλύτερη μέθοδος ανά χώρα-Συνολική Ανανεώσιμη Ενέργεια .....	113
Πίνακας 6. 30 Αποτελέσματα-Ηλιοθερμική Ενέργεια .....	114
Πίνακας 6. 31 Αποτελέσματα-Καλύτερη Μέθοδος ανά Χώρα-Ηλιοθερμική Ενέργεια.....	116
Πίνακας 6. 32 Αποτελέσματα-Βιομάζα .....	117
Πίνακας 6. 33 Καλύτερη Μέθοδος ανά Χώρα Βιομάζα .....	119
Πίνακας 6. 34 Αποτελέσματα-Γεωθερμική Ενέργεια.....	120
Πίνακας 6. 35-Καλύτερη Μέθοδος ανά Χώρα-Γεωθερμική Ενέργεια .....	121
Πίνακας 6. 36 Αποτελέσματα-Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	122
Πίνακας 6. 37 Καλύτερη Μέθοδος Ανά Χώρα-Υδροηλεκτρική Ενέργεια .....	124
Πίνακας 6. 38 Αποτελέσματα-Αιολική Ενέργεια.....	125
Πίνακας 6. 39 Καλύτερη Μέθοδος ανά Χώρα-Αιολική Ενέργεια .....	127
Πίνακας 6. 40 Αποτελέσματα-Φωτοβολταϊκή Ενέργεια.....	128
Πίνακας 6. 41 Καλύτερη Μέθοδος ανά Χώρα-Φωτοβολταϊκή Ενέργεια .....	129
Πίνακας 6. 42 Bottom up-Top down .....	131
Πίνακας 6. 43 Συγκεντρωτικός Πίνακας –Χώρες Μέλη της Ευρωζώνης.....	134
Πίνακας 6. 44 Συγκεντρωτικός Πίνακας-Χώρες Μέλη των G20.....	135
Πίνακας 6. 45 Συγκεντρωτικός Πίνακας –Χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή CO2.....	136
Πίνακας 7. 1 Δείκτες Σφάλματος-Αυστρία.....	138
Πίνακας 7. 2 Δείκτες Σφάλματος-Βέλγιο.....	139

Πίνακας 7. 3 Δείκτες Σφάλματος-Βουλγαρία.....	140
Πίνακας 7. 4 Δείκτες Σφάλματος-Κύπρος.....	142
Πίνακας 7. 5 Δείκτες Σφάλματος-Δημοκρατία της Τσεχίας.....	143
Πίνακας 7. 6 Δείκτες Σφάλματος-Δανία.....	144
Πίνακας 7. 7 Δείκτες Σφάλματος-Εσθονία.....	145
Πίνακας 7. 8 Δείκτες Σφάλματος-Φινλανδία.....	146
Πίνακας 7. 9 Δείκτες Σφάλματος-Γαλλία.....	147
Πίνακας 7. 10 Δείκτες Σφάλματος-Γερμανία.....	148
Πίνακας 7. 11 Δείκτες Σφάλματος-Ελλάδα.....	149
Πίνακας 7. 12 Δείκτες Σφάλματος-Ουγγαρία.....	150
Πίνακας 7. 13 Δείκτες Σφάλματος-Ιρλανδία.....	151
Πίνακας 7. 14 Δείκτες Σφάλματος-Ιταλία.....	152
Πίνακας 7. 15 Δείκτες Σφάλματος-Λετονία.....	153
Πίνακας 7. 16 Δείκτες Σφάλματος-Λιθουανία.....	154
Πίνακας 7. 17 Δείκτες Σφάλματος-Λουξεμβούργο.....	155
Πίνακας 7. 18 Δείκτες Σφάλματος-Ολλανδία.....	156
Πίνακας 7. 19 Δείκτες Σφάλματος-Πολωνία.....	157
Πίνακας 7. 20 Δείκτες Σφάλματος-Πορτογαλία.....	158
Πίνακας 7. 21 Δείκτες Σφάλματος-Ρουμανία.....	159
Πίνακας 7. 22 Δείκτες Σφάλματος-Σλοβακία.....	160
Πίνακας 7. 23 Δείκτες Σφάλματος-Σλοβενία.....	161
Πίνακας 7. 24 Δείκτες Σφάλματος-Ισπανία.....	162
Πίνακας 7. 25 Δείκτες Σφάλματος-Σουηδία.....	163
Πίνακας 7. 26 Δείκτες Σφάλματος-Ηνωμένο Βασίλειο.....	164
Πίνακας 7. 27 Δείκτες Σφάλματος-Ε.Ε.....	165
Πίνακας 7. 28 Καλύτερη Μέθοδος Ανά Χώρα.....	166
Πίνακας 7. 29 Πρόβλεψη-Στόχος 2020.....	168
Πίνακας 7. 30 Ποσοστά Μεθόδων ανά δείκτη σφάλματος.....	170

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 4. 1.....	43
Σχήμα 4. 2.....	44
Σχήμα 6. 1.....	76
Σχήμα 6. 2.....	76

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 6. 1 Δεδομένα ΕΕ.....	67
Γράφημα 6. 2 Δεδομένα Ελλάδα .....	68
Γράφημα 6. 3 Δεδομένα Γερμανία.....	68
Γράφημα 6. 4 Αυστρία .....	79
Γράφημα 6. 5 Βέλγιο .....	80
Γράφημα 6. 6 Βουλγαρία .....	82
Γράφημα 6. 7 Κύπρος.....	83
Γράφημα 6. 8 Δημοκρατία της Τσεχίας .....	84
Γράφημα 6. 9 Δανία .....	85
Γράφημα 6. 10 Εσθονία .....	86
Γράφημα 6. 11 Φινλανδία.....	88
Γράφημα 6. 12 Γαλλία.....	89
Γράφημα 6. 13 Γερμανία.....	91
Γράφημα 6. 14 Ελλάδα.....	92
Γράφημα 6. 15 Ουγγαρία.....	93
Γράφημα 6. 16 Ιρλανδία .....	95
Γράφημα 6. 17 Ιταλία.....	96
Γράφημα 6. 18 Λετονία.....	97
Γράφημα 6. 19 Λιθουανία.....	98
Γράφημα 6. 20 Λουξεμβούργο .....	99
Γράφημα 6. 21 Ολλανδία .....	100
Γράφημα 6. 22 Πολωνία .....	101
Γράφημα 6. 23 Πορτογαλία .....	103
Γράφημα 6. 24 Ρουμανία.....	104
Γράφημα 6. 25 Σλοβακία.....	105
Γράφημα 6. 26 Σλοβενία.....	106
Γράφημα 6. 27 Ισπανία .....	107
Γράφημα 6. 28 Σουηδία .....	108
Γράφημα 6. 29 Ηνωμένο Βασίλειο .....	109
Γράφημα 6. 30 ΕΕ27 .....	110
Γράφημα 6. 31 Συνολική Ανανεώσιμη Ενέργεια .....	114
Γράφημα 6. 32 Ηλιοθερμική Ενέργεια.....	117
Γράφημα 6. 33 Βιομάζα .....	119
Γράφημα 6. 34 Γεωθερμική Ενέργεια .....	122
Γράφημα 6. 35 Υδροηλεκτρική Ενέργεια .....	125
Γράφημα 6. 36 Αιολική Ενέργεια .....	127
Γράφημα 6. 37 Φωτοβολταϊκή Ενέργεια .....	129
Γράφημα 6. 38 Bottom up/Top down.....	132
Γράφημα 6. 39 Ακριβέστερη Μέθοδος.....	133
Γράφημα 7. 1 Αυστρία .....	138
Γράφημα 7. 2 Βέλγιο .....	139
Γράφημα 7. 3 Βουλγαρία .....	140
Γράφημα 7. 4 Κύπρος.....	141
Γράφημα 7. 5 Δημοκρατία της Τσεχίας .....	143

Γράφημα 7. 6 Δανία .....	144
Γράφημα 7. 7 Εσθονία .....	145
Γράφημα 7. 8 Φινλανδία.....	146
Γράφημα 7. 9 Γαλλία.....	147
Γράφημα 7. 10 Γερμανία.....	148
Γράφημα 7. 11 Ελλάδα.....	149
Γράφημα 7. 12 Ουγγαρία.....	150
Γράφημα 7. 13 Ιρλανδία .....	151
Γράφημα 7. 14 Ιταλία.....	152
Γράφημα 7. 15 Λετονία.....	153
Γράφημα 7. 16 Λιθουανία.....	154
Γράφημα 7. 17 Λουξεμβούργο .....	155
Γράφημα 7. 18 Ολλανδία .....	156
Γράφημα 7. 19 Πολωνία .....	157
Γράφημα 7. 20 Πορτογαλία .....	158
Γράφημα 7. 21 Ρουμανία.....	159
Γράφημα 7. 22 Σλοβακία.....	160
Γράφημα 7. 23 Σλοβενία .....	161
Γράφημα 7. 24 Ισπανία .....	162
Γράφημα 7. 25 Σουηδία .....	163
Γράφημα 7. 26 Ηνωμένο Βασίλειο .....	164
Γράφημα 7. 27 ΕΕ27 .....	165
Γράφημα 7. 28 Καλύτερη Μέθοδος.....	167
Γράφημα 7. 29 Καλύτερες Μέθοδοι για Χώρες που πετυχαίνουν τους Στόχους.....	169
Γράφημα 7. 30 Καλύτερες Μέθοδοι για Χώρες που δεν Πετυχαίνουν τους Στόχους	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ευρεία περίληψη

### 1.1 Ενεργειακές προκλήσεις και επιλογές

Οι σύγχρονες κοινωνίες είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρες και καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών τους από ορυκτά καύσιμα, η καύση των οποίων απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα τεράστιες ποσότητες CO<sub>2</sub>, το οποίο αποτελεί το βασικότερο συστατικό των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την συνακόλουθη κλιματική αλλαγή. Αν συνεκτιμηθεί και το γεγονός ότι τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων και ιδιαίτερα αυτά των υδρογονανθράκων (πετρέλαιο και φυσικό αέριο) είναι περιορισμένα και προβλέπεται να εξαντληθούν εντός του αιώνα που διανύουμε, προβάλλει επιτακτική η ανάγκη υποκατάστασης της χρήσης ορυκτών καυσίμων στην παραγωγή ενέργειας παράλληλα με την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Η αύξηση της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό μίγμα δεν αποτελεί σήμερα ελκυστική επιλογή λόγω των θεμάτων ασφαλείας και διάθεσης των πυρηνικών αποβλήτων που δεν έχουν αντιμετωπισθεί αποτελεσματικά και της συνακόλουθης έντονης αντίδρασης του κοινού στη χρήση της. Κατά συνέπεια οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελούν την μοναδική εναλλακτική αφού, όχι μόνο δεν υπάρχουν ουσιαστικά προβλήματα ασφαλείας ή περιβαλλοντικά στη χρήση τους αλλά έχουν και τη συναίνεση της συντριπτικής πλειοψηφίας του κοινού. Επιπλέον οι ΑΠΕ υπάρχουν παγκοσμίως σε αφθονία.

Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν τα τελευταία χρόνια, σε όλον τον πλανήτη και ιδιαίτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν διαμορφωθεί εργαλεία και πολιτικές για την προώθηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα με αποκορύφωμα το πακέτο « Ενέργεια – Κλίμα» ή «Σχέδιο 20-20-20» με το οποίο τέθηκαν οι εξής τρεις συγκεκριμένοι στόχοι: η μείωση κατά 20% των αερίων θερμοκηπίου, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, η βελτίωση κατά 20% της ενεργειακής αποδοτικότητας και η αύξηση της συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ώστε να αποτελούν το 20% στο ενεργειακό μίγμα.

Παράλληλα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28/EK της 23ης Απριλίου 2009 καθορίστηκαν για το 2020 δεσμευτικοί εθνικοί στόχοι για το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα καθώς και η υποχρέωση των Κρατών – Μελών να υποβάλλουν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέχρι 30-6-2010, το **Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια, ΕΣΔΑΕ (National Renewable Energy Action Plan, NREAP)** το οποίο θα περιλάμβανε τόσο τους τομεακούς στόχους, όσο και μία ενδεικτική πορεία για την επίτευξη των στόχων.

## 1.2 Ιστορικό προβλέψεων και πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ ανά κράτος- μέλος της Ε.Ε.

Τα Εθνικά Σχέδια Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια τα οποία υπεβλήθησαν από τα Κράτη – Μέλη δεν αποτελούν παρά μία πρόβλεψη της πορείας προς το στόχο του 2020 και για την εκπόνησή τους χρησιμοποιήθηκαν τα μοντέλα πρόβλεψης που κρίθηκαν κατάλληλα από το κάθε Κράτος- Μέλος.

Εν προκειμένω αξίζει να επισημανθεί ότι το ιστορικό των προβλέψεων σχετικά με την διείσδυση των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερα επιτυχημένο. Τόσο στην Ευρώπη όσο και παγκοσμίως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναπτύχθηκαν σημαντικά ταχύτερα από ότι προβλεπόταν. Οι προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Παγκόσμιου Οργανισμού Ενέργειας αποκλίνουν ιδιαίτερα σημαντικά από τις σημερινές εξελίξεις. Μια ιδιαίτερα χαρακτηριστική περίπτωση είναι αυτή της πρόβλεψης “PRIMES” για το 2020, η οποία έγινε το 1994. Η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές το 2008 ήταν ήδη σημαντικά υψηλότερη από τις τιμές που είχαν προβλεφθεί για το 2020. Η αιολική ενέργεια ήταν ήδη 36% πάνω από την προβλεπόμενη τιμή, η βιοενέργεια 26% υψηλότερη και η ηλιακή ενέργεια 15 φορές υψηλότερη. Στην πρόβλεψη “PRIMES” δεν υπήρχε καν αναφορά φωτοβολταϊκής ισχύος ή παραγωγής βιοκαυσίμων για το 2020. Όμως η εγκατεστημένη ισχύς από φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ευρώπη ήταν 10 GWatts το 2008 και η παραγωγή βιοκαυσίμων 7,7 εκατομμύρια τόνοι το 2007. Ανάλογες αποκλίσεις παρουσιάζει σχεδόν το σύνολο των προβλέψεων ακόμη και αυτές που πραγματοποιήθηκαν σχετικά πρόσφατα και ενόσω είχαν αναγνωρισθεί οι δυνατότητες των ΑΠΕ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας που στο World Energy Outlook του 2000 προέβλεπε 100.000 MW αιολικής ενέργειας για το 2020, ισχύς που ξεπεράστηκε κατά 20% ήδη από το 2008.

## 1.3 τεχνικές προβλέψεων

Η πλειοψηφία των αποφάσεων που καλείται να λάβει ένα άτομο, μια επιχείρηση ή ένας οργανισμός έχει άμεση σχέση με την πρόβλεψη και εκτίμηση μελλοντικών καταστάσεων. Έτσι, ο επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με την παραγωγή προβλέψεων έχει γνωρίσει μεγάλη άνθιση τα τελευταία χρόνια.

Οι μέθοδοι προβλέψεων χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις ποσοτικές και τις κριτικές. Οι ποσοτικές μέθοδοι χρειάζονται επαρκή αριθμητικά δεδομένα ενώ βασίζονται στην υπόθεση ότι το πρότυπο συμπεριφοράς του υπό μελέτη μεγέθους διατηρείται σταθερό. Υπάρχουν δύο κατηγορίες μοντέλων που αφορούν τις ποσοτικές μεθόδους, το μοντέλο χρονοσειρών και το αιτιοκρατικό μοντέλο. Το πρώτο, που είναι και το πιο διαδεδομένο, χρειάζεται παρελθοντικά αριθμητικά δεδομένα σε σταθερές περιόδους και υποθέτει ότι η μεταβολή της τιμής του υπό εξέταση μεγέθους ακολουθεί ένα συγκεκριμένο λανθάνον πρότυπο το οποίο αναγνωρίζεται και προεκτείνεται στο μέλλον για την παραγωγή προβλέψεων. Το



αιτιοκρατικό μοντέλο στηρίζεται στη βασική υπόθεση ότι υπάρχει μια σταθερή σχέση μεταξύ του υπό πρόβλεψη μεγέθους (εξαρτημένη μεταβλητή) και ορισμένων παραμέτρων (ανεξάρτητες μεταβλητές) που το επηρεάζουν.

Οι κριτικές μέθοδοι πρόβλεψης δεν έχουν τις ίδιες απαιτήσεις σε δεδομένα όπως οι ποσοτικές/στατιστικές μέθοδοι. Τα δεδομένα των κριτικών μεθόδων αποτελούν προϊόν διαίσθησης, κρίσης και συσσωρευμένης γνώσης από πλευράς των εμπειρογνομόνων. Στις κριτικές μεθόδους η πρόβλεψη μπορεί να βασίζεται είτε στις γνώσεις και την κρίση ενός ατόμου (ατομικές μέθοδοι) είτε να προκύπτει από την ανταλλαγή και το συνδυασμό απόψεων των μελών κάποιας επιτροπής (μέθοδοι επιτροπής).

Στην επιλογή της κατάλληλης κάθε φορά μεθόδου πρόβλεψης πολύ σημαντικό ρόλο παίζει ο ορίζοντας της πρόβλεψης ο οποίος είναι ο δείκτης που δείχνει για πόσες μελλοντικές περιόδους της ζητούμενης χρονοσειράς καλούμαστε να δώσουμε εκτιμήσεις μέσω μεθοδολογιών πρόβλεψης. Ανάλογα με την τιμή του ορίζοντα πρόβλεψης, έχουμε βραχυπρόθεσμες, μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες προβλέψεις.

Επομένως γίνεται αντιληπτό πόσο σημαντική είναι η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανάλογα με τις απαιτήσεις που υπάρχουν κάθε φορά. Όμως μια επιτυχημένη πρόβλεψη δεν περιορίζεται μόνο στην επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί. Πρώτα πρέπει να καθορισθεί το πρόβλημα, στη συνέχεια να εφαρμοστούν διάφορες μέθοδοι πρόβλεψης και τέλος να επιλεγεί η καταλληλότερη μέθοδος σύμφωνα με ορισμένα κριτήρια.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι οι χρονοσειρές ή χρονολογικές σειρές αποτελούν ένα σύνολο διαδοχικών παρατηρήσεων της τιμής κάποιου φυσικού ή άλλου μεγέθους. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι το γεγονός ότι αυτές οι διαδοχικές παρατηρήσεις δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.

Οι παραδοσιακές μέθοδοι ανάλυσης χρονοσειρών ασχολούνται κυρίως με την αποσύνθεση της χρονοσειράς σε τέσσερα συστατικά της στοιχεία: την τάση, την κυκλικότητα, την εποχιακότητα και τις μη κανονικές διακυμάνσεις.

Οι μέθοδοι που υλοποιούνται στην παρούσα εργασία είναι η απλοϊκή μέθοδος (Naïve) , οι μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης (σταθερού επιπέδου, γραμμικής τάσης, φθίνουσας τάσης), η Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση (LRL) και η κλασσική μέθοδος Theta.

Η μέθοδος Naïve είναι η απλούστερη ποσοτική μέθοδος. Εδώ η πρόβλεψη ισούται με την πραγματική τιμή της προηγούμενης παρατήρησης.

Οι μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης βασίζονται στην υπόθεση ότι η μεταβολή των υπό επεξεργασία χρονοσειρών ακολουθεί ένα πρότυπο συμπεριφοράς που το διατηρεί στο χρόνο. Αυτές οι μέθοδοι λοιπόν, με βάση τα προηγούμενα δεδομένα δημιουργούν μια εξομαλυμένη χρονοσειρά, απομονώνοντας ουσιαστικά το πρότυπο του υπό μελέτη μεγέθους από τις τυχαίες διακυμάνσεις.

Η μέθοδος της απλής γραμμικής παλινδρόμησης εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο μεγεθών, του υπό πρόβλεψη μεγέθους και κάποιο άλλο.

Η μέθοδος Theta βασίζεται στη μεταβολή των τοπικών καμπυλοτήτων της χρονοσειράς μέσω της παραμέτρου  $\theta$ , η οποία εφαρμόζεται πολλαπλασιαστικά στις διαφορές δεύτερης τάξης των δεδομένων. Οι χρονοσειρές που προκύπτουν κατά αυτό τον τρόπο ονομάζονται γραμμές Theta και ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου  $\theta$  μπορούν είτε να προσεγγίσουν σε μεγάλο βαθμό τη μακροπρόθεσμη συμπεριφορά της χρονοσειράς είτε να τονίσουν τα βραχυπρόθεσμα χαρακτηριστικά της.

Προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη στατιστική μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να γίνει κάποια στατιστική ανάλυση της ακρίβειας της κάθε μεθόδου. Αυτή επιτυγχάνεται 'κρύβοντας' κάποιες από της διαθέσιμες παρατηρήσεις, εφαρμόζοντας τη μέθοδο ώστε να υπολογιστούν προβλέψεις για τις παρατηρήσεις αυτές και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα. Σαν μέτρο αυτής της σύγκρισης χρησιμοποιούνται τα σφάλματα, τα οποία είναι στατιστικοί δείκτες που ορίζονται με βάση τη διαφορά της πραγματικής τιμής και της τιμής πρόβλεψης που υπολογίζει κάθε μέθοδος. Με κριτήριο ποια μέθοδος παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα, είναι δηλαδή ακριβέστερη, επιλέγεται για την προέκτασή της στο χρονικό ορίζοντα της πρόβλεψης. Βέβαια το αποτέλεσμα στο οποίο θα καταλήξουμε είναι άμεση συνάρτηση του δείκτη σφάλματος που θα χρησιμοποιήσουμε. Ακόμα κι αν επιλεγεί η μέθοδος που εμφανίζει το μικρότερο δείκτη σφάλματος αυτό δεν εξασφαλίζει ότι και η πρόβλεψη που θα επιτευχθεί θα παρουσιάζει το ίδιο μικρό σφάλμα. Σε κάθε περίπτωση όμως οι δείκτες σφάλματος αποτελούν ένα κριτήριο του πόσο καλά προσαρμόζεται η μέθοδος στα δεδομένα και όσο καλύτερα μία μέθοδος προσαρμόζεται στη χρονοσειρά τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα η μέθοδος αυτή να δώσει ικανοποιητικές προβλέψεις.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιούμε τους δείκτες: ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE), μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MAPE), συμμετρικό μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (sMAPE) και μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE).

#### **1.4 Πείραμα πρόβλεψης ετήσιας παραγωγής ΑΠΕ ανά χώρα και ενέργεια**

Σκοπός του πειράματος αυτού ήταν να διερευνήσει πόσο καλά αποδίδουν οι μέθοδοι χρονοσειρών σε ενεργειακά δεδομένα. Προς αυτή την κατεύθυνση, εφαρμόστηκαν κατάλληλες μέθοδοι χρονοσειρών σε ετήσια δεδομένα παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Πιο συγκεκριμένα συγκεντρώθηκαν ετήσια δεδομένα από το 1990 μέχρι και το 2010, που αφορούν στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ανά πηγή ενέργειας και ανά χώρα της ευρωπαϊκής ένωσης, μετρημένα σε γιγαβατώρες (Gwh).

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που εξετάστηκαν είναι οι ακόλουθες:

- Υδροηλεκτρική
- Αιολική
- Γεωθερμική
- Βιομάζα
- Ηλιοθερμική
- Φωτοβολταϊκά

Η ουσία του πειράματος αυτού έγκειται στην υλοποίηση και εφαρμογή των βασικών μοντέλων χρονοσειρών που περιγράψαμε στις διαθέσιμες 147 χρονοσειρές. Η επιλογή των μεθόδων έγινε αξιολογώντας τα χαρακτηριστικά των δεδομένων, τα οποία επειδή είναι ετήσια και εκφράζουν παραγωγή ενέργειας δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη τυχαιότητα ενώ η τάση υπερισχύει σαφώς των λοιπών χαρακτηριστικών των χρονοσειρών. Επιπλέον, τα δεδομένα δεν παρουσιάζουν εποχιακότητα οπότε δεν επιλέχθηκε η αποσύνθεση ως μέθοδος πρόβλεψης αλλά ούτε ως προκαταρκτικό στάδιο για κάποια άλλη μέθοδο. Η υλοποίηση ακόμη πιο σύνθετων και πολύπλοκων μοντέλων δεν κρίθηκε αναγκαία καθώς είναι χρονοβόρα και έχει μάλλον αμφίβολα αποτελέσματα.

Κατασκευάστηκε ένα πρόγραμμα το οποίο λειτουργούσε επαναληπτικά για κάθε μία από τις διαθέσιμες χρονοσειρές, το οποίο υλοποιούσε τις μεθόδους που προαναφέρθηκαν, με συγκεκριμένες προκειμένου να αξιολογηθεί η ακρίβεια της καθεμιάς με τη χρήση κάποιων στατιστικών δεικτών σφάλματος. Επειδή οι διαθέσιμες χρονοσειρές δεν είχαν το ίδιο μέγεθος, καθώς η παραγωγή ενέργειας από κάποια ανανεώσιμη πηγή για κάποια χώρα ξεκινούσε μετά το 1990, το πρόγραμμα προσαρμοζόταν ώστε η εφαρμογή των μεθόδων να ξεκινά από το έτος από το οποίο είχαμε την πρώτη παρατήρηση. Το πρόγραμμα αρχικά 'έκρυβε' τις τέσσερις τελευταίες διαθέσιμες παρατηρήσεις, υλοποιούσε στη συνέχεια την κάθε μέθοδο κάνοντας πρόβλεψη για τις παρατηρήσεις αυτές και τέλος συνέκρινε τις προβλεφθείσες τιμές, με τις πραγματικές μέσω του συμμετρικού μέσου απόλυτου ποσοστιαίου σφάλματος (SMAPE), του μέσου απόλυτου ποσοστιαίου σφάλματος (MAPE) και της ρίζας του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE).

Στη συνέχεια του πειράματος, έχοντας πλέον στη διάθεσή μας όλα τα σφάλματα για όλες τις χώρες, για όλες τις μεθόδους και όλες τις εξεταζόμενες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των σφαλμάτων της κάθε μεθόδου για τη συνολική παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, αλλά και ο μέσος όρος των σφαλμάτων της κάθε μεθόδου για το άθροισμα των επιμέρους ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στη συνέχεια για κάθε ανανεώσιμη πηγή υπολογίστηκε ο μέσος όρος των σφαλμάτων όλων των χωρών για κάθε μέθοδο. Τέλος, συγκρίναμε τα πραγματικά δεδομένα για τη συνολική παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ με το άθροισμα των προβλέψεων για την κάθε πηγή ξεχωριστά ώστε να εκτιμήσουμε ποια προσέγγιση αποδίδει καλύτερα, η bottom up ή η top down.

Σημειώνεται ότι η top down προσέγγιση είναι αυτή στην οποία αναπτύσσεται ένα μοντέλο πρόβλεψης για να προβλέψει για το σύνολο και διανέμεται στη συνέχεια στα μεμονωμένα στοιχεία αυτού του συνόλου. Στην bottom up στρατηγική από την άλλη εφαρμόζεται το μοντέλο πρόβλεψης και παράγει προβλέψεις για τα δομικά στοιχεία του συνόλου οι οποίες αθροίζονται προκειμένου να παραχθεί πρόβλεψη

για το σύνολο. Στη δική μας περίπτωση, τα δεδομένα διαμορφώνουν δύο πυραμίδες. Στην πρώτη, στην κορυφή βρίσκεται η ευρωπαϊκή ένωση των 27 χωρών η οποία χωρίζεται ανά χώρα και στη συνέχεια ανά ενέργεια. Στη δεύτερη περίπτωση, πάλι στην κορυφή βρίσκεται η ευρωπαϊκή ένωση των 27 στη συνέχεια όμως η ευρωπαϊκή ένωση εξετάζεται ανά ενέργεια και τέλος ανά χώρα.

Με τη διαδικασία που περιγράφηκε πραγματοποιήθηκε η ανάλυση ανά χώρα (πρώτη πυραμίδα). Την ίδια διαδικασία ακολουθήσαμε κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων ανά ενέργεια όπου εδώ αθροίζαμε τις προβλέψεις για την παραγωγή μιας ΑΠΕ όλων των χωρών και τη συγκρίναμε με την πραγματική χρονοσειρά της παραγωγής της συγκεκριμένης ΑΠΕ για όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ένα σημαντικό εύρημα που αφορά στην ανάλυση ανά χώρα είναι ότι όλες οι χώρες στις οποίες, τόσο για την bottom up όσο και για το πεδίο total της χρονοσειράς της συνολικής ενέργειας της χώρας μεγαλύτερη ακρίβεια παρουσίαζε η μέθοδος holt, η προσέγγιση με τα ακριβέστερα αποτελέσματα για τη χώρα είναι η top down ενώ όλες οι χώρες πλην της Κύπρου οι οποίες στα πεδία bottom up και total η και μόνο στο πεδίο total οι καλύτεροι δείκτες σφάλματος ήταν για τη μέθοδο lrl, αποδίδουν καλύτερα στην bottom up στρατηγική.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στην περίπτωση της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, για τη συντριπτική πλειοψηφία των χωρών οι δείκτες σφάλματος συμφωνούν ως προς τη μέθοδο που έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα για την κάθε χώρα ενώ σε όλες τις χώρες οι δείκτες mape και smape συμφωνούν απόλυτα.

Η μέθοδος που έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα στην πλειοψηφία των χωρών αλλά και των ενεργειών είναι η holt ακολουθούμενη από τη μέθοδο lrl, γεγονός που υποδηλώνει πως οι χρονοσειρές της πλειοψηφίας των χωρών έχουν πολύ έντονη τάση γεγονός που συνάδει με την πολιτική της ενεργειακής βιωσιμότητας που ακολουθεί η ευρωπαϊκή ένωση.

Με κριτήριο την πλειοψηφία των μεθόδων σε κάθε κατηγορία έγινε ξεκάθαρο ότι τόσο στην μελέτη του πειράματος ανά χώρα όσο και στη μελέτη ανά ενέργεια η Top down στρατηγική υπερτερεί της Bottom up για τη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων.

## 1.5 Πείραμα πρόβλεψης στόχου για το 2020

Είναι γνωστό ότι κάθε μοντέλο πρόβλεψης βασίζεται στην προσαρμογή ενός μοντέλου σε ένα σύνολο διαθέσιμων δεδομένων και η παραγόμενη πρόβλεψη είναι ακριβέστερη όσο καλύτερη είναι η προσαρμογή του μοντέλου στα υπάρχοντα δεδομένα. Σκοπός, λοιπόν, του πειράματος αυτού ήταν σε πρώτη φάση η αναγνώριση του βασικού μοντέλου πρόβλεψης που προσαρμόζεται καλύτερα στην χρονοσειρά που εξετάζεται. Οι χρονοσειρές του πειράματος αυτού αφορούν στο ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης που καλύπτεται από τις ΑΠΕ για κάθε

χώρα της ευρωπαϊκής ένωσης των 27, από το 1990 έως το 2010. Η διερεύνηση αυτή γίνεται υπό την υπόθεση ότι η φύση του μοντέλου που προσαρμόζεται καλύτερα στη χρονοσειρά μιας χώρας αποτελεί μια ένδειξη της πολιτικής που αυτή η χώρα ακολουθεί σε σχέση με τις ΑΠΕ.

Σε αυτό το πείραμα υλοποιήθηκαν οι βασικές μέθοδοι πρόβλεψης όπως στο προηγούμενο πείραμα, αυτή τη φορά όμως στο σύνολο των δεδομένων, προκειμένου να εξεταστεί η προσαρμογή της κάθε μεθόδου στο σύνολο των διαθέσιμων δεδομένων. Οι παραμετροποιήσεις που εφαρμόστηκαν σε κάθε μέθοδο, κυρίως για την εύρεση των βέλτιστων συντελεστών στις μεθόδους εξομάλυνσης διατηρήθηκαν και σε αυτό το πείραμα. Επιπλέον, προκειμένου να αξιολογηθεί η απόδοση της κάθε μεθόδου εκτός από το συμμετρικό μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα, το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα και τη ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος, χρησιμοποιήθηκε και ένας επιπλέον δείκτης σφάλματος, αυτός του μέσου απόλυτου σφάλματος. Πρέπει να τονιστεί ότι οι δείκτες σφάλματος σε αυτό το πείραμα συγκρίνουν τις τιμές που προκύπτουν από το εκάστοτε μοντέλο πρόβλεψης για όλη τη χρονοσειρά με τα πραγματικά δεδομένα της χρονοσειράς. Σε αυτή τη φάση άλλωστε τα μοντέλα δεν χρησιμοποιούνται για πρόβλεψη. Ένα πολύ βασικό στοιχείο του πειράματος είναι ότι το πρόγραμμα έβρισκε τη βέλτιστη μέθοδο εξομάλυνσης και αυτή εφαρμόζε στα δεδομένα της χρονοσειράς.

Στη συνέχεια του πειράματος αξιολογήθηκε με βάση τους τέσσερις στατιστικούς δείκτες ποια μέθοδος προσαρμόζεται καλύτερα σε κάθε χρονοσειρά. Επειδή στην πλειοψηφία των περιπτώσεων για διαφορετικό δείκτη πλεονεκτούσε και διαφορετική μέθοδος ακολουθήθηκε ένας αλγόριθμος προκειμένου να γίνει μια αντικειμενική επιλογή της καλύτερης μεθόδου. Σύμφωνα με τον αλγόριθμο αυτό για κάθε μία από τις 27 χρονοσειρές ( 26 για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης πλην της Μάλτας η οποία δεν είχε ΑΠΕ μέχρι και το 2010 και μία για το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης ), για κάθε έναν από τους τέσσερις δείκτες σφάλματος υπολογιζόταν ποια μέθοδος ήρθε πρώτη, ποια δεύτερη, τρίτη , τέταρτη, πέμπτη και έκτη. Προφανώς η κατάταξη των μεθόδων έγινε με κριτήριο ποια μέθοδος είχε το μικρότερο σφάλμα, ποια το δεύτερο μικρότερο και ούτω το καθεξής. Έτσι για κάθε δείκτη η κάθε μέθοδος είχε βάρος, ένα αν είχε έρθει πρώτη, δύο αν είχε έρθει δεύτερη κλπ. Όταν η διαδικασία ολοκληρώθηκε και για τους τέσσερις δείκτες αθροίστηκαν τα βάρη της κάθε μεθόδου και επιλέχθηκε αυτή που είχε συγκεντρώσει το μικρότερο. Στην περίπτωση που δύο μέθοδοι ισοψήφισαν κρατήσαμε και τις δύο. Τέλος, σε κάθε μία από τις 27 χρονοσειρές εφαρμόσαμε την καλύτερη (ή τις καλύτερες) μέθοδο(-ους) προκειμένου να παράγουμε πρόβλεψη με χρονικό ορίζοντα 10 ετών, για το 2020, ώστε να αποφανθούμε αν η κάθε χώρα και η ευρωπαϊκή ένωση συνολικά θα πιάσει τους στόχους που έχει θέσει για το ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας που θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές το 2020.

Στις περισσότερες χρονοσειρές καλύτερα προσαρμόστηκε η μέθοδος theta ακολουθούμενη με ελάχιστη διαφορά από τη μέθοδο damped η οποία κι αυτή προσαρμόστηκε καλύτερα σε αρκετές από τις χρονοσειρές.

Μάλιστα η μέθοδος theta ήταν αυτή που προσαρμοζόταν καλύτερα στην πλειοψηφία των χρονοσειρών των χωρών που με βάση την πρόβλεψή μας θα επιτύχουν το στόχο του 2020 ενώ αντίστοιχα η μέθοδος damped ήταν η καλύτερη για την πλειοψηφία των χωρών που σύμφωνα με την πρόβλεψη που κάναμε, αν εξακολουθήσουν να εφαρμόζουν την ενεργειακή πολιτική που ακολουθούν, δεν θα πετύχουν το στόχο που προτείνει η Ευρωπαϊκή Οδηγία.

Συνολικά περισσότερες από τις μισές χώρες της Ε.Ε. θα καταφέρουν να προσεγγίσουν τους στόχους τους ενώ σε κάθε περίπτωση η Ε.Ε. θα ξεπεράσει το στόχο του 20% διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό της μίγμα.

## 1.6 Προτάσεις για περαιτέρω επιστημονική έρευνα

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων του πρώτου πειράματος εξήχθησαν πολύ σημαντικά συμπεράσματα για τη συμπεριφορά των μοντέλων χρονοσειρών όταν αυτά εφαρμόζονται σε ετήσια δεδομένα παραγωγής ενέργειας. Παρόλα αυτά το συγκεκριμένο πεδίο ενδείκνυται για περαιτέρω έρευνα προκειμένου να αποκτηθεί μια πιο ολοκληρωμένη και σφαιρική γνώση της πρόβλεψης ενεργειακών δεδομένων.

Αρχικά θα παρουσίαζε ενδιαφέρον η εξέταση περισσότερων και πιο πολύπλοκων δεικτών σφάλματος για την εξέταση της ακρίβειας των μεθόδων που εφαρμόζονται στις χρονοσειρές, έτσι ώστε να είναι εφικτό να καθοριστεί ποια μέθοδος αποδίδει καλύτερα για κάθε έναν από τους δείκτες σφάλματος.

Επιπλέον, θα μπορούσαμε να προσθέσουμε στο πείραμα και τα βιοκαύσιμα ή ακόμα και την πυρηνική ενέργεια, την οποία αγνοήσαμε γιατί η Ευρώπη δεν την αναγνωρίζει ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για τους γνωστούς λόγους οι οποίοι αναφέρθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο. Θα μπορούσε κανείς να προχωρήσει την έρευνα ακόμα περισσότερο υλοποιώντας και άλλες μεθόδους χρονοσειρών πέρα από αυτές που υλοποιήθηκαν σε αυτό το πείραμα καθώς και άλλες μεθόδους πρόβλεψης όπως π.χ. νευρωνικά δίκτυα και να τις συγκρίνει μεταξύ τους και με άλλα κοινωνικοοικονομικά ενεργειακά μοντέλα.

Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και η παραγωγή κριτικών προβλέψεων και ο συνδυασμός τους με τα αποτελέσματα κλασσικών μεθόδων πρόβλεψης. Η κριτικές προβλέψεις μπορεί να βασίζονται σε ειλημμένες αποφάσεις των κρατών-μελών της Ε.Ε. σχετικά με την ακολουθούμενη πολιτική ως προς τις ΑΠΕ και να λαμβάνουν υπόψιν τους το γενικό οικονομικό κλίμα στην Ευρώπη, το οποίο το τελευταίο χρονικό διάστημα δεν ευνοεί την κατανάλωση ενέργειας λόγω της ύφεσης και κατά συνέπεια ούτε την πραγματοποίηση επενδύσεων στον τομέα των ΑΠΕ.

Επιπλέον το πεδίο του πειράματος θα μπορούσε να διευρυνθεί ώστε να συμπεριλάβει χώρες διαφορετικών ηπείρων ώστε να είναι σε θέση κανείς να εξαγάγει συμπεράσματα ως προς τη μεταξύ τους συσχέτιση.

Επίσης θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τα μοντέλα πρόβλεψης για να εξαγάγουμε συμπεράσματα σχετικά με τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στο κόστος της ενέργειας για κάποια χώρα και την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας. Το ίδιο θα μπορούσε να γίνει προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδραση που έχει η εισαγωγή κάποιου νέου κινήτρου για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας σε κάποια χώρα στην συνολική παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας για τη χώρα αυτή.

Τέλος στη ίδια βάση της αξιολόγησης των συσχετίσεων της παραγωγής των ΑΠΕ με άλλους δείκτες θα μπορούσε να εξεταστούν και οι χρονοσειρές του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος για κάθε χώρα καθώς και αυτές των τιμών πετρελαίου. Τα περισσότερα ενεργειακά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για πρόβλεψη στην ενέργεια άλλωστε αναφέρουν όλες σχεδόν τις συσχετίσεις που προαναφέρθηκαν αλλά μέχρι στιγμής δεν έχει παρουσιαστεί κάποιο μοντέλο που να τις ποσοτικοποιήσει.

Τα παραπάνω σημεία αποτελούν καταγραφή ενός μέρους των ζητημάτων που θα μπορούσαν να ερευνηθούν.

Σχετικά με το δεύτερο πείραμα τώρα θα πρέπει να εκτελεστούν περισσότερα πειράματα για πιο σφαιρική γνώση και να πραγματοποιηθεί εμπειριστατωμένη έρευνα προκειμένου να μπορούν κάποια στιγμή να δοθούν απαντήσεις σχετικά με το τι έφταιξε και ένα μοντέλο που θεωρητικά περιμέναμε να έχει μία συγκεκριμένη συμπεριφορά δε λειτούργησε στη πράξη. Αυτό αφορά κυρίως τη θεμελίωση των συνθηκών και προϋποθέσεων που πρέπει να πληρούνται προκειμένου να χρησιμοποιούμε τις μεθόδους χρονοσειρών για να ποσοτικοποιήσουμε την πολιτική μιας χώρας απέναντι σε κάποιο συγκεκριμένο ζήτημα το οποίο δεν είναι απαραίτητο να είναι ενεργειακής φύσης.

Σε μικρότερη κλίμακα θα παρουσίαζε ενδιαφέρον να παραχθούν προβλέψεις και για τα άλλα δύο είκοσι του '20-20-20' που περιλαμβάνει το πακέτο <<ΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΚΛΙΜΑ>> ώστε να αποκτηθεί μία πιο ολοκληρωμένη πρόβλεψη στη κατεύθυνση της πράσινης ανάπτυξης για το 2020.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ενεργειακές προκλήσεις και επιλογές

### 2.1 Εισαγωγή

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση και ψύξη χώρων (κατοικιών και γραφείων), τις μεταφορές, τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων και τις λοιπές δραστηριότητες τους. Παρά τη σημαντική μείωση κατά 27% της ενεργειακής έντασης (

καταναλισκόμενη πρωτογενής ενέργεια ανά μονάδα ΑΕΠ) στην Ευρωπαϊκή Ένωση (EU 27) από το 1990 μέχρι το 2008, η συνολική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε σχεδόν κατά 10% στα 76,5 EJ (Exajoule =  $10^{18}$  joules) το 2006, για να μειωθεί στα 75,3 EJ το 2008 [1], κυρίως λόγω της οικονομικής ύφεσης. Κατά την ίδια χρονική περίοδο, η ενεργειακή εξάρτηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης από εισαγωγές αυξήθηκε στο 54,8%, και αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα θα βαίνει αυξανόμενη [2] αφού η παραγωγή ορυκτών καυσίμων στην Ε.Ε. περιορίζεται διαρκώς, είτε λόγω μείωσης των διαθέσιμων αποθεμάτων είτε για περιβαλλοντικούς λόγους.

Πέραν της πρόκλησης που έχει να αντιμετωπίσει η Ε.Ε. στον εφοδιασμό της με τις απαραίτητες ποσότητες ενέργειας, έχει επίσης να αντιμετωπίσει και την πρόκληση μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου, κατά το μερίδιο βεβαίως που της αναλογεί.

Η μείωση της ενεργειακής έντασης αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα για την αντιμετώπιση τόσο του προβλήματος του εφοδιασμού όσο και της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου αλλά από μόνη της δεν αρκεί αφού τίθενται και θέματα ασφάλειας του εφοδιασμού αφού, ενόσω η Ε.Ε θα παραμένει ελλειμματική σε παραγωγή ενέργειας και θα εξαρτάται από τις εισαγωγές, ο εφοδιασμός της θα μπορούσε να απειληθεί λόγω μεταβολής των γεωπολιτικών συνθηκών και της εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων.

Επίσης, όπως προαναφέρθηκε, παρά τη μείωση της ενεργειακής έντασης η συνολική κατανάλωση ενέργειας όχι μόνο δεν μειώθηκε ανάλογα αλλά αντίθετα αυξήθηκε, με συνέπεια για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου να απαιτούνται επιπλέον δράσεις και κυρίως η αλλαγή του ενεργειακού μίγματος με ελάττωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, η καύση των οποίων παράγει το σαφώς μεγαλύτερο ποσοστό των αερίων του θερμοκηπίου.

Η αύξηση της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό μίγμα δεν αποτελεί σήμερα ελκυστική επιλογή λόγω των θεμάτων ασφαλείας και διάθεσης των πυρηνικών αποβλήτων που δεν έχουν αντιμετωπισθεί αποτελεσματικά και της συνακόλουθης έντονης αντίδρασης του κοινού στη χρήση της.

Κατά συνέπεια οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελούν την μοναδική εναλλακτική αφού όχι μόνο δεν υπάρχουν ουσιαστικά προβλήματα ασφαλείας ή περιβαλλοντικά στη χρήση τους αλλά έχουν και τη συναίνεση της συντριπτικής πλειοψηφίας (71%) του κοινού [3]. Επιπλέον οι ΑΠΕ υπάρχουν παγκοσμίως σε αφθονία.



Μολονότι το θέμα των ΑΠΕ μπήκε στην agenda ήδη από την πρώτη πετρελαϊκή κρίση το 1973 το ουσιαστικό πολιτικό πλαίσιο στην Ε.Ε. άρχισε να διαμορφώνεται την δεκαετία του 1990.

Τον Δεκέμβριο του 1997 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο υιοθέτησαν τη «Λευκή Βίβλο για μια Κοινοτική Στρατηγική και Σχέδιο Δράσης» [4] Στο κείμενο αυτό οι στόχοι περιγράφονται ως εξής: « Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να βοηθήσουν στο να μειωθεί η εξάρτηση από εισαγωγές και να αυξηθεί η ασφάλεια εφοδιασμού. Θετικά αποτελέσματα αναμένονται επίσης στους τομείς των εκπομπών CO<sub>2</sub> και της δημιουργίας θέσεων εργασίας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπολογίζεται ότι το 1996 κάλυπταν το 6% της συνολικής ακαθάριστης εσωτερικής κατανάλωσης ενέργειας. Ο στόχος της Ένωσης είναι να διπλασιασθεί το ποσοστό αυτό το 2010»

Τρία χρόνια αργότερα, το 2000, εκδόθηκε η Πράσινη Βίβλος « Προς μία Ευρωπαϊκή στρατηγική για την ασφάλεια εφοδιασμού [5]. Η Πράσινη Βίβλος τόνιζε την εξάρτηση του ενεργειακού εφοδιασμού της Ε.Ε. από τις εισαγωγές και ότι αν δεν ληφθούν μέτρα αυτή η εξάρτηση τα επόμενα 20-30 χρόνια θα αυξανόταν από το 50% στο 70%. Ακόμη αναμενόταν ότι η επερχόμενη τότε διεύρυνση της Ε.Ε. θα επιδείνωνε την τάση αυτή, και κατέληγε ότι η μακροπρόθεσμη στρατηγική της Ε.Ε. για την ενεργειακό εφοδιασμό και την ασφάλεια θα πρέπει να σχεδιασθεί ώστε να διασφαλίζεται η ευημερία των πολιτών με σεβασμό στο περιβάλλον και τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης.

Το έτος 2007 ήταν ένα σημείο καμπής για την πολιτική της Ε.Ε. σχετικά με την κλιματική αλλαγή και την ενέργεια [6]. Στη σύνοδο του Συμβουλίου στις 8 και 9 Μαρτίου επικυρώθηκε ο δεσμευτικός στόχος για μερίδιο 20% των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση ενέργειας της Ε.Ε. και ο επίσης δεσμευτικός στόχος για μερίδιο τουλάχιστον 10% των βιοκαυσίμων στη συνολική κατανάλωση καυσίμων στον τομέα των μεταφορών [7].

Τον Ιανουάριο του 2008 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε το **πακέτο «Ενέργεια- Κλίμα»** ή **«σχέδιο 20-20-20»**

## 2.2 Το πακέτο «ενέργεια-κλίμα» της Ε.Ε.

Ο απώτερος στόχος της σύμβασης-πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές είναι η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε επίπεδο τέτοιο ώστε να προλαμβάνεται η επικίνδυνη ανθρωπογενής επίδραση στο κλιματικό σύστημα. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, η συνολική μέση ετήσια αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας του πλανήτη δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 2°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα και, επομένως, να μειώνονται σταδιακά οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου έως το 2020. Αυτό συνεπάγεται αυξανόμενες προσπάθειες από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), ταχεία συμμετοχή των ανεπτυγμένων χωρών και ενθάρρυνση της συμμετοχής των αναπτυσσόμενων χωρών στη διαδικασία μείωσης των εκπομπών.

Καθόσον αφορά την ΕΕ, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, στις 12 Δεκεμβρίου 2008 και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, στις 17 Δεκεμβρίου 2008, ενέκριναν το πακέτο προτάσεων της Επιτροπής, αποκαλούμενο «ενέργεια-κλίμα» ή «σχέδιο 20-20-20», λόγω του ότι θέτει στόχους για την ενέργεια και το κλίμα στην ΕΕ για το έτος 2020: τη μείωση κατά 20% των αερίων θερμοκηπίου, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, τη βελτίωση κατά 20% της ενεργειακής αποδοτικότητας και την αύξηση της συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ώστε να αποτελούν το 20% στο ενεργειακό μίγμα.

Το πακέτο υλοποιεί τη δέσμευση της Ε.Ε. να μειώσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας κατά τουλάχιστον 20% σχετικά με τα επίπεδα του 1990 έως το 2020. Επιπλέον, το Συμβούλιο, ενέκρινε για την Κοινότητα στόχο μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 30 % μέχρι το 2020, σε σχέση με το 1990, ώστε να συμβάλει στην επίτευξη παγκόσμιας και συνολικής συμφωνίας για τη μετά το 2012 εποχή, εφόσον και άλλες ανεπτυγμένες χώρες δεσμευθούν για ανάλογες μειώσεις εκπομπών και εφόσον οι οικονομικά πιο προηγμένες αναπτυσσόμενες χώρες συμβάλουν καταλλήλως ανάλογα με τις ευθύνες και τις δυνατότητές τους.

Τα κύρια εργαλεία για την υλοποίηση των στόχων του πακέτου «**Ενέργεια- Κλίμα**» είναι οι διάφορες Οδηγίες της Ε.Ε. για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μέτρων για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Το σημαντικότερο εργαλείο για την προώθηση των ΑΠΕ είναι η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28/ΕΚ της 23ης Απριλίου 2009 [8]

### 2.3 Η Ευρωπαϊκή Οδηγία για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

Με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28/ΕΚ της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ [9] και 2003/30/ΕΚ [10] το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο μεταξύ άλλων:

Επιβεβαίωσε τη δέσμευση της Κοινότητας για την ανάπτυξη της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε ολόκληρη την Κοινότητα μετά το 2010 και επικύρωσε ως υποχρεωτικό στόχο την αύξηση στο 20 % του μεριδίου της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στη συνολική κατανάλωση ενέργειας της Κοινότητας έως το 2020 και υποχρεωτικό ελάχιστο στόχο, τον οποίο πρέπει να επιτύχουν όλα τα κράτη μέλη, την αύξηση του μεριδίου των βιοκαυσίμων στην κατανάλωση βενζίνης και πετρελαίου ντίζελ στις μεταφορές στο 10% έως το 2020, στόχος που πρέπει να υλοποιηθεί κατά οικονομικώς συμφέροντα τρόπο.

Καθόρισε ότι προκειμένου να διασφαλισθεί η επίτευξη των δεσμευτικών εθνικών συνολικών στόχων, τα κράτη μέλη θα έπρεπε να θεσπίσουν, και να υποβάλλουν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέχρι 30-6-2010, **το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια (National Renewable Energy Action Plan, NREAP)** το οποίο θα περιλαμβάνει τόσο τους τομεακούς στόχους, όσο και μία ενδεικτική πορεία για την επίτευξη των στόχων. Ως έτος εκκίνησης της ενδεικτικής πορείας,

καθορίσθηκε το 2005, διότι, κατά την έκδοση της συγκεκριμένης Οδηγίας ήταν το τελευταίο έτος για το οποίο υπήρχαν διαθέσιμα αξιόπιστα στοιχεία για τα εθνικά μερίδια ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Οι ορισμοί που χρησιμοποιεί η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28/EK σχετικά με τις ΑΠΕ έχουν ως εξής:

α. **«ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές»:** η ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές ήτοι αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από τα αέρια που παράγονται σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και από τα βιοαέρια

β. **«αεροθερμική ενέργεια»:** η ενέργεια που αποθηκεύεται υπό μορφή θερμότητας στον αέρα

γ. **«γεωθερμική ενέργεια»:** η ενέργεια που αποθηκεύεται υπό μορφή θερμότητας κάτω από τη στερεή επιφάνεια της γης

δ. **«υδροθερμική ενέργεια»:** η ενέργεια που αποθηκεύεται υπό μορφή θερμότητας στα επιφανειακά ύδατα

ε. **«βιομάζα»:** το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και των οικιακών απορριμμάτων

στ. **«ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας»:** τα ενεργειακά βασικά προϊόντα που παραδίδονται για ενεργειακούς σκοπούς στη βιομηχανία, στις μεταφορές, στα νοικοκυριά, στις υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένων των δημόσιων υπηρεσιών, στη γεωργία, στη δασοκομία και στην αλιεία, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από τον ενεργειακό κλάδο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, και συμπεριλαμβανομένων των απωλειών ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας κατά τη διανομή και τη μεταφορά.

ζ. **«τηλεθέρμανση ή τηλεψύξη»:** η διανομή θερμικής ενέργειας υπό μορφή ατμού, ζεστού νερού ή ψυκτικών υγρών, από μια κεντρική πηγή παραγωγής μέσω δικτύου σε πολλά κτίρια ή τόπους, για τη θέρμανση ή ψύξη χώρων και τη βιομηχανική θέρμανση ή ψύξη

η. **«βιορευστά»:** υγρά καύσιμα για ενεργειακούς σκοπούς, εκτός από κίνηση, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρικής ενέργειας και της θέρμανσης και της ψύξης, τα οποία παράγονται από βιομάζα

θ. **«βιοκαύσιμα»:** υγρά ή αέρια καύσιμα κίνησης τα οποία παράγονται από βιομάζα  
Με την Οδηγία αυτή καθορίσθηκαν επίσης:

**A.** Οι ακόλουθοι Εθνικοί συνολικοί στόχοι ανά χώρα για το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020

Χώρα	Μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2005 (S2005)	Στόχος για το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020 (S2020)
Βέλγιο	2,2 %	13 %
Βουλγαρία	9,4 %	16 %
Τσεχική Δημοκρατία	6,1 %	13 %
Δανία	17,0 %	30 %
Γερμανία	5,8 %	18 %
Εσθονία	18,0 %	25 %
Ιρλανδία	3,1 %	16 %
Ελλάδα	6,9 %	18 %
Ισπανία	8,7 %	20 %
Γαλλία	10,3 %	23 %
Ιταλία	5,2 %	17 %
Κύπρος	2,9 %	13 %
Λεττονία	32,6 %	40 %
Λιθουανία	15,0 %	23 %
Λουξεμβούργο	0,9 %	11 %
Ουγγαρία	4,3 %	13 %
Μάλτα	0,0 %	10 %
Κάτω Χώρες	2,4 %	14 %
Αυστρία	23,3 %	34 %
Πολωνία	7,2 %	15 %
Πορτογαλία	20,5 %	31 %
Ρουμανία	17,8 %	24 %
Σλοβενία	16,0 %	25 %
Σλοβακία	6,7 %	14 %
Φινλανδία	28,5 %	38 %
Σουηδία	39,8 %	49 %
Ηνωμένο Βασίλειο	1,3 %	15 %

Πίνακας 2. 1 Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι Οδηγίας 2009/28/ΕΚ

**Β.** Η ενδεικτική πορεία στην υλοποίηση των ακόλουθων μεριδίων ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές:

S2005 + 0,20 (S2020 – S2005), ως μέσος όρος για τη διετή περίοδο 2011-2012

S2005 + 0,30 (S2020 – S2005), ως μέσος όρος για τη διετή περίοδο 2013-2014

S2005 + 0,45 (S2020 – S2005), ως μέσος όρος για τη διετή περίοδο 2015-2016 και

S2005 + 0,65 (S2020 – S2005), ως μέσος όρος για τη διετή περίοδο 2017-2018,

όπου:

S2005 = το μερίδιο για το υπόψη κράτος μέλος το 2005, όπως ορίζεται στον πίνακα του μέρους Α,

και

S2020 = το μερίδιο για το υπόψη κράτος μέλος το 2020, όπως καθορίσθηκε στον προηγούμενο πίνακα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ιστορικό προβλέψεων και πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ ανά κράτος- μέλος της Ε.Ε.

### 3.1 Εισαγωγή

Οι ενεργειακές προβλέψεις αποτελούν σημαντικό εργαλείο που βοηθά στη διαμόρφωση πολιτικών και την λήψη αποφάσεων. Είναι πολύ σημαντικές για την ανάπτυξη των ΑΠΕ επειδή μέσω αυτών διαμορφώνονται οι αντίστοιχες πολιτικές και το κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο. Προβλέψεις για πολύ χαμηλή συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα μπορούν να εμποδίσουν την αναπτυξιακή δυναμική των ΑΠΕ όχι μόνο επειδή αποτρέπουν επενδύσεις στο συγκεκριμένο τομέα με τη στενή έννοια, αλλά και στον τομέα της κατασκευής των αντίστοιχων υποδομών (δίκτυα μεταφοράς) για την διοχέτευση της παραγόμενης ενέργειας στην κατανάλωση, που αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την περαιτέρω ανάπτυξη των ΑΠΕ

Τόσο στην Ευρώπη όσο και παγκοσμίως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναπτύχθηκαν σημαντικά ταχύτερα από ότι προβλεπόταν. Οι προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Παγκόσμιου Οργανισμού Ενέργειας αποκλίνουν ιδιαίτερα σημαντικά από τις σημερινές εξελίξεις. Μια ιδιαίτερα χαρακτηριστική περίπτωση είναι αυτή της πρόβλεψης “PRIMES” για το 2020, η οποία έγινε το 1994. Η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές το 2008 ήταν ήδη σημαντικά υψηλότερη από τις τιμές που είχαν προβλεφθεί για το 2020. Η αιολική ενέργεια ήταν ήδη 36% πάνω από την προβλεπόμενη τιμή, η βιοενέργεια 26% υψηλότερη και η ηλιακή ενέργεια 15 φορές υψηλότερη. Στην πρόβλεψη “PRIMES” δεν υπήρχε καν αναφορά φωτοβολταϊκής ισχύος [11] ή παραγωγής βιοκαυσίμων για το 2020. Όμως η εγκατεστημένη ισχύς από φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ευρώπη ήταν 10 GWatts το 2008 και η παραγωγή βιοκαυσίμων 7,7 εκατομμύρια τόνοι το 2007. Ανάλογες αποκλίσεις παρουσιάζει σχεδόν το σύνολο των προβλέψεων ακόμη και αυτές που πραγματοποιήθηκαν σχετικά πρόσφατα και ενόσω είχαν αναγνωρισθεί οι δυνατότητες των ΑΠΕ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας που στο World Energy Outlook του 2000 προέβλεπε 100.000 MW αιολικής ενέργειας για το 2020, ισχύς που ξεπεράστηκε κατά 20% ήδη από το 2008.

Ο πίνακας που ακολουθεί [12] απεικονίζει με τον πλέον εύγλωττο τρόπο την αστοχία, επί το έλασσον συνήθως, των προβλέψεων που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 1990-2002 για την Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 (EU-15)

Έτος πρό-βλεψης	Συγγραφέας/εντολέας	Γεωγραφική περιοχή	Τύπος ενέργειας	Έτος στόχος	Πρόβλεψη	Πραγματικό-τητα	Απόκλιση
1990	Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας (EWEA)	EU-15	Αιολική	2000	4.089MW	12.887MW	+215%
1996	Ευρωπαϊκή Επιτροπή: (Βασικό σενάριο)	EU-15	Αιολική	2007	6.799MW	12.887MW	+732%
1996	Ευρωπ. Επιτροπή: (προωθημένο σενάριο)	EU-15	Αιολική/ Ηλιακή (ηλεκτροπαραγωγή)	2020	30.280 MW	73.504MW (2008)	Η πρόβλεψη για το 2020 υπερκαλύφθηκε το 2004
1997	EWEA	EU-15	Αιολική	2000	8.000MW	12.887MW	+61%
1997	EWEA	EU-15	Αιολική	2007	23.709MW	56.535MW	+138%
1997	Ευρωπαϊκή Επιτροπή: Λευκή Βίβλος	EU-15	Αιολική	2010	40.000 MW	64.173MW (2008)	Η πρόβλεψη 2010 υπερκαλύφθηκε το 2005
		EU-15	Φωτοβολταϊκή	2010	3.000MW	9.331MW (2008)	Την πρόβλεψη 2010 υπερκαλύψε μόνη της η Γερμανία το 2004
		EU-15	Ηλιοθερμική	2010	100χ10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	22,33χ10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> (2007)	Η πρόβλεψη 2010 δεν καλύφθηκε
		EU-15	Γεωθερμία (ηλεκτροπαραγωγή)	2010	1.000MW	856,8MW (2008)	Η πρόβλεψη 2010 καλύφθηκε οριακά
		EU-15	Γεωθερμία (αντλίες θερμότητας)	2010	2.500MWth	7.064MWth (2006)	Η πρόβλεψη 2010 υπερκαλύφθηκε δύο φορές το 2005
		EU-15	Αιολική	2010	22.600MW	64.173MW (2008)	Η πρόβλεψη 2010 υπερκαλύφθηκε το 2002
1998	EWEA	EU-15	Αιολική	2007	36,378MW	56,535MW	+ 55%
1998	Ευρωπαϊκή Επιτροπή: PRIMES	EU-15	Αιολική	2010	22.600MW	64.173MW (2008)	Η πρόβλεψη 2010 υπερκαλύφθηκε το 2002
		EU-15	Αιολική	2020	47.100MW	64.173MW (2008)	Η πρόβλεψη 2020 υπερκαλύφθηκε το 2007

		EU-15	Ηλιοθερμική	2020	10.440MWh	10.110MWh (2007)	Η πρόβλεψη 2020 σχεδόν καλύφθηκε το 2007
		EU-15	Βιομάζα	2010	609TWh	833TWh (2006)	Η πρόβλεψη 2010 καλύφθηκε το 2001
		EU-15	Βιομάζα	2020	657TWh	833TWh (2006)	Η πρόβλεψη 2020 καλύφθηκε το 2003
1999	Ευρωπαϊκή Επιτροπή	EU-15	Αιολική	2007	17.886MW	56.535MW	+216%
2002	Greenpeace/EWEA: Windforce	EU-15	Αιολική	2007	55.703MW	56.535MW	+1%
2002	Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας(IEA): World Energy Outlook	EU-15	Αιολική	2010	33.000MW	64.173MW (2008)	Η πρόβλεψη 2020 καλύφθηκε το 2004
		EU-15	Αιολική	2020	57.000MW	64.173MW (2008)	Η πρόβλεψη 2020 καλύφθηκε το 2008
		EU-15	Αιολική	2030	71.000MW	64.173MW (2008)	Η πρόβλεψη 2020 σχεδόν καλύφθηκε το 2008
		EU-15	Γεωθερμία (ηλεκτροπαραγωγή)	2010	1.000MW	856,8MW (2007)	Η πρόβλεψη 2010 καλύφθηκε
		EU-15	Γεωθερμία (ηλεκτροπαραγωγή)	2020	1.000MW	856,8MW (2007)	Η πρόβλεψη 2020 πιθανότατα υπερκαλυφθεί
		EU-15	Φωτοβολταϊκή	2010	2.000MW	9.331MW (2008)	Η πρόβλεψη 2010 καλύφθηκε το 2005
		EU-15	Φωτοβολταϊκή	2020	4.000MW	9.331MW (2008)	Η πρόβλεψη 2020 καλύφθηκε



							κε το 2007
2003	EWEA	EU-15	Αιολική	2007	48.286MW	56.535MW	+17%
		EU-15	Αιολική	2010	75.000MW	64.173MW (2008)	Η προ-βλεψη 2010 καλύφθη κε
2004	Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας(IEA): Εναλλακτική Πολιτική	EU-15	Βιομάζα	2020	882TWh	971TWh (2006)	Η προ-βλεψη 2020 καλύφθη κε το 2005

**Πίνακας 3. 1 Ιστορικές προβλέψεις (περιόδου 1990 – 2002) για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη Ευρώπη (EU-15)**

### **3.2 Εθνικά Σχέδια Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια (ΕΣΔΑΕ) (National Renewable Energy Action Plans, NREAP)**

Τα 27 κράτη μέλη της Ε.Ε. συμμορφούμενα προς την Οδηγία 2009/28/ΕΚ υπέβαλαν τα Εθνικά Σχέδια Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια (ΕΣΔΑΕ) με τα οποία, κατά κατηγορία ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, τέθηκαν οι στόχοι και η ενδεικτική πορεία που θα ακολουθήσει κάθε χώρα. Τα εν λόγω σχέδια αποτελούν ουσιαστικά και μία εμπειριστατωμένη πρόβλεψη για την εξέλιξη της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές για το διάστημα 2010-2020 [14]. Όπως προκύπτει από τα σχέδια αυτά 16 Κράτη Μέλη προβλέπουν ότι θα ξεπεράσουν τον δεσμευτικό στόχο της Οδηγίας και μόνο δύο (Ιταλία, Λουξεμβούργο) υπολείπονται ελαφρώς του στόχου και θα τον καλύψουν με αντίστοιχες εισαγωγές. Παρακάτω παρατίθενται αυτές οι συγκεντρωτικές προβλέψεις για το 2020 τόσο των ΕΣΔΑΕ όσο και της σχετικής βιομηχανίας, όπως αυτές προκύπτουν από την ανάλυση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου για την Ανανεώσιμη Ενέργεια (European Renewable Energy Council, EREC) “Mapping Renewable Energy pathways towards 2020” [15] και στη συνέχεια αναλύονται κατά χώρα και κατά κατηγορία ανανεώσιμης ενέργειας οι προβλέψεις αυτές

Χώρα	Δεσμευτικός στόχος <b>Οδηγίας</b> για το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020 (S2020)	Προβλέψεις <b>ΕΣΔΑΕ</b> για το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020 (S2020)	Προβλέψεις της <b>βιομηχανίας ΑΠΕ</b> για το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020
Βέλγιο	13 %	13 %	14,5%
Βουλγαρία	16 %	18,8 %	20,8 %
Τσεχική Δημοκρατία	13 %	13,5 %	13,7 %
Δανία	30 %	30,5 %	Μ/Δ*
Γερμανία	18 %	19,6 %	26,7 %
Εσθονία	25 %	25 %	Μ/Δ*
Ιρλανδία	16 %	16 %	Μ/Δ*
Ελλάδα	18 %	20,2 %	25,2 %
Ισπανία	20 %	22,7 %	28,3 %
Γαλλία	23 %	23,26 %	23,6 %
Ιταλία	17 %	16,2 %	19,1 %
Κύπρος	13 %	13 %	14,5 %
Λεττονία	40 %	40 %	46,4 %
Λιθουανία	23 %	24,2 %	31,7 %
Λουξεμβούργο	11 %	8,9 %	10,4 %
Ουγγαρία	13 %	14,7 %	18,3 %
Μάλτα	10 %	10,2 %	16,6 %
Κάτω Χώρες	14 %	14,5 %	16,8 %
Αυστρία	34 %	34,2 %	46,4 %
Πολωνία	15 %	15,5 %	18,4 %
Πορτογαλία	31 %	31 %	35,3 %
Ρουμανία	24 %	24 %	Μ/Δ*
Σλοβενία	25 %	25,25 %	34,1 %
Σλοβακία	14 %	15,3 %	26 %
Φινλανδία	38 %	38 %	42,3 %
Σουηδία	49 %	50,2 %	57,1 %
Ηνωμένο Βασίλειο	15 %	15 %	17%
Σύνολο Ε.Ε.	20%	20,7%	24,4%

Πίνακας 3. 2 Συγκεντρωτικές προβλέψεις κατά χώρα

\*Μ/Δ: Μη Διαθέσιμη

Μετά την υποβολή των Εθνικών Σχεδίων Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια (**ΕΣΔΑΕ**) η εξειδικευμένη σε θέματα ενέργειας εταιρεία συμβούλων **PÖYRY** εκπόνησε μία αξιολόγηση των **ΕΣΔΑΕ** [13] στην οποία περιλαμβάνεται και μία σύγκριση των προβλέψεων των **ΕΣΔΑΕ** με ορισμένες προβλέψεις που είχαν πραγματοποιηθεί πρόσφατα και συγκεκριμένα:

- Η μελέτη **Primes** (Ιανουάριος 2008), περίπτωση **RSAT** – ήτοι χωρίς δυνατότητα εμπορίας δικαιωμάτων ΑΠΕ (credits) μεταξύ των Κρατών Μελών.
- Η μελέτη **Primes**, (Ιανουάριος 2008), περίπτωση **NSAT** – ήτοι με δυνατότητα εμπορίας δικαιωμάτων ΑΠΕ (credits) μεταξύ των Κρατών Μελών.
- Η επικαιροποίηση της μελέτης EU's “Energy Trends 2030”, η οποία βασίζεται επίσης στο μοντέλο **Primes**, και
- Η επικαιροποίηση του 2009 της εκτίμησης με το μοντέλο **Green-X**

Τα αποτελέσματα των παραπάνω προβλέψεων για το σύνολο των 27 Κρατών-Μελών αποτυπώνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πρόβλεψη	Ηλεκτροπαραγωγή Mtoe	Θ/Ψ Mtoe	Μεταφορές Mtoe	Σύνολο Mtoe
<b>ΕΣΔΑΕ</b>	103	112	32	247
<b>Prime RSAT</b>	95	112	47	254
<b>Prime NSAT</b>	99	118	40	257
<b>EU Energy Trends</b>	104	107	39	250
<b>Green-X</b>	148	165	38	351

Πίνακας 3. 3 Προβλέψεις ΕΕ

Επισημαίνεται ότι η μεγάλη διαφορά που παρουσιάζουν οι προβλέψεις του μοντέλου Green-X οφείλεται στο γεγονός ότι η εκτίμηση αυτή αφορά το δυναμικό τον ΑΠΕ χωρίς να λαμβάνει υπόψη της το στόχο του 20%

### 3.3 Πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ στην Ε.Ε.

Οι βασικές πολιτικές που υιοθετήθηκαν από τα Κράτη - Μέλη για την προώθηση των ΑΠΕ σε γενικές γραμμές είναι:

#### 3.3.1 Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:

Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs), ήτοι τιμολόγια που εγγυώνται συγκεκριμένη τιμή για κάθε τεχνολογία ΑΠΕ, ανώτερη από αυτήν της ενέργειας από συμβατικές πηγές. Η εγγύηση τιμής ισχύει για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα [16].

Μία παραλλαγή του μηχανισμού αυτού είναι το μοντέλο εγγυημένης διαφορικής τιμής που προβλέπει την αποζημίωση των παραγωγών ΑΠΕ όχι με μία εγγυημένη τιμή για κάθε τεχνολογία, αλλά με την Οριακή Τιμή Συστήματος συν ένα συγκεκριμένο premium.

Ο άλλος διαδεδομένος μηχανισμός υποστήριξης ο οποίος έχει υιοθετηθεί από σαφώς λιγότερα Κράτη-Μέλη είναι τα «Διαπραγματεύσιμα πράσινα πιστοποιητικά» (Tradable green certificates, TGC) Τα πιστοποιητικά αυτά είναι εμπορεύσιμα πιστοποιητικά που εγγυώνται ότι η αναγραφόμενη σ' αυτά ηλεκτρική ενέργεια έχει παραχθεί από ΑΠΕ. Αυτά εκδίδονται και παραχωρούνται δωρεάν στους παραγωγούς ΑΠΕ, με αναλογία ένα πιστοποιητικό για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που έχει αποδεδειγμένα παραχθεί από ΑΠΕ. Η αγορά των πιστοποιητικών αυτών όπως και κάθε άλλη αγορά αποτελείται από τη ζήτηση και την προσφορά η οποία ουσιαστικά διαμορφώνει και την τιμή των πιστοποιητικών. Η προσφορά των πράσινων πιστοποιητικών προέρχεται από τους παραγωγούς ΑΠΕ

### 3.3.2 ΑΠΕ Θέρμανσης - Ψύξης (Θ/Ψ):

Οι κύριοι μηχανισμοί υποστήριξης είναι οι επιδοτήσεις και οι φορολογικές απαλλαγές για την αγορά και εγκατάσταση του σχετικού εξοπλισμού (ηλιακοί συλλέκτες, αντλίες θερμότητας καυστήρες βιομάζας κ.λ.π.), οι απαιτήσεις του κανονισμού κτιρίων για κάλυψη συγκεκριμένου ποσοστού των ενεργειακών αναγκών σε Ψ/Θ των καινούργιων και των ριζικώς ανακαινιζόμενων κτιρίων με ΑΠΕ καθώς και τα ειδικά κίνητρα για την προώθηση της χρήσης βιομάζας και γεωθερμικής ενέργειας στη Θ/Ψ.

### 3.3.3 ΑΠΕ – Μεταφορών:

Οι κύριοι μηχανισμοί υποστήριξης είναι οι ποσοστώσεις στα καύσιμα ( υποχρεωτική ογκομετρική αναλογία βιοκαυσίμων στο μίγμα καυσίμων κάθε εταιρίας), η εξαίρεση των βιοκαυσίμων από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης και φοροαπαλλαγές για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα

## 3.4 Πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ ανά χώρα της Ε.Ε.

### 1. Βέλγιο

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Η κιλοβατόρα από μικρές μονάδες ΑΠΕ ηλεκτροπαραγωγής επιδοτείται μέσω «πρασίνων πιστοποιητικών» (green certificates). Ο αριθμός των «πρασίνων πιστοποιητικών» μειώνεται όσο μεγαλώνει η παραγωγή με συνέπεια να μη προσφέρει κάποιο ουσιαστικό πλεονέκτημα στις μεγάλες μονάδες.

**ΑΠΕ- Θ/Ψ:** Τα κίνητρα περιλαμβάνουν επιδότηση σχετικών επενδύσεων, φοροαπαλλαγές και σύστημα πράσινων πιστοποιητικών για την συμπαραγωγή.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Έχει θεσπισθεί ένα σύστημα ποσοτώσεων (υποχρεωτική ογκομετρική αναλογία βιοκαυσίμων στο μίγμα καυσίμων κάθε εταιρίας), η εξαίρεση των βιοκαυσίμων από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης και φοροαπαλλαγές για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα

## 2. Βουλγαρία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) των οποίων το επίπεδο καθορίζεται κάθε χρόνο από την Κρατική Κανονιστική Επιτροπή Ενέργειας και Υδάτων. Η τιμή ισχύει για 15 χρόνια.

**ΑΠΕ- Θ/Ψ:** Επί του παρόντος δεν έχουν θεσπισθεί συγκεκριμένα κίνητρα εκτός από την περίπτωση των φορολογικών απαλλαγών για ενεργειακά αποδοτικά κτήρια καλύπτουν συγκεκριμένο ελάχιστο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών τους από ΑΠΕ.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Έχει θεσπισθεί υποχρεωτική αναλογία 4% βιοκαυσίμων στα καύσιμα που οι εταιρίες διαθέτουν στην αγορά.

## 3. Δημοκρατία της Τσεχίας

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Στους παραγωγούς προσφέρεται η δυνατότητα να επιλέξουν μεταξύ των ειδικών τιμολογίων τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) και πράσινων μπόνους (green bonus) καθώς και μίας εγγυημένης απόδοσης της επένδυσης για 15 χρόνια. Με πρόσφατα προωθούμενη νομοθετική ρύθμιση η κυβέρνηση θέτει περιορισμούς στην ανάπτυξη ορισμένων ΑΠΕ. Περιορίζονται τα τιμολόγια τροφοδότησης μόνο για τις μονάδες μέχρι 100 kW ενώ για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις επιβάλλονται τα επονομαζόμενα «ωριαία πράσινα μπόνους» (hour green bonus) τα οποία προσαρμόζονται στην τιμή της αγοράς σε ωριαία βάση. Αντίθετα προβλέπεται ευνοϊκή ειδική τιμολόγηση για την γεωθερμία και επιπλέον πράσινο μπόνους.

**ΑΠΕ- Θ/Ψ:** Δεν έχουν θεσπισθεί συγκεκριμένα κίνητρα εκτός από την επιδότηση των σχετικών επενδύσεων

**ΑΠΕ – Μεταφορών.** Δεν έχουν θεσπισθεί συγκεκριμένα κίνητρα. Άλλωστε το ΕΣΔΑΕ προβλέπει ότι το 28% των βιοκαυσίμων που θα χρησιμοποιούνται το 2020 θα εισάγονται.

## 4. Δανία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι η μη φορολόγηση και η απαλλαγή από κάθε ειδικό φόρο κατανάλωσης της ενέργειας από ΑΠΕ που δεν διατίθεται στο δίκτυο (δηλ. ιδιοκαταναλώνεται). Επίσης υπάρχει απαλλαγή από το φόρο εισοδήματος για ενέργεια αξίας μέχρι 7000 κορωνών για αυτούς που έχουν συμμετοχή (μερίδιο) σε εγκαταστάσεις παραγωγής ΑΠΕ.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Ο κανονισμός κτιρίων προβλέπει συγκεκριμένες ανώτατες ενεργειακές καταναλώσεις για τα νέα κτίρια και τα ριζικώς ανακαινιζόμενα. Με το ΕΣΔΑΕ τα όρια αυτά περιορίστηκαν κατά 25% γεγονός που ανάγκασε πολλά από τα κτίρια

που δεν θερμαίνονται με τηλεθέρμανση να καλύπτουν μέρος των αναγκών τους κυρίως με ηλιοθερμική ενέργεια. Επίσης προβλέπεται ότι η ενεργειακή κατανάλωση στα νέα κτίρια θα πρέπει να περιορισθεί κατά 50% μέχρι το 2015 και κατά 75% μέχρι το 2020.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Η προώθηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές βασίζεται κυρίως στη θέσπιση σχετικών ποσοστώσεων.

## 5. Γερμανία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) τα οποία μάλιστα για την περίπτωση των φωτοβολταϊκών υπέστησαν πρόσφατα πολύ σοβαρές μειώσεις.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Με το ΕΣΔΑΕ δεν προβλέπεται κάποιο σταθερό και αξιόπιστο εργαλείο που θα επέβαλλε μείωση των καταναλώσεων στο υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα για τα οποία δεν προβλέπεται καμία υποχρέωση βελτίωσης της ενεργειακής τους κατανάλωσης

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Η προώθηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές βασίζεται κυρίως στις σχετικές ποσοτώσεις που έχουν θεσπισθεί από παλαιότερα χωρίς κάποια βελτίωση και ο στόχος 10% για το 2020 αναμένεται να καλυφθεί και με την βοήθεια των εισαγωγών βιοκαυσίμων.

## 6. Εσθονία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs), εκτός από την παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα. Υπάρχουν επίσης κάποιοι περιορισμοί ανάλογα με το είδος των ΑΠΕ. Για την αιολική ενέργεια υποστήριξη υπάρχει μέχρι τις 600 GWh το χρόνο και για 12 χρόνια συνολικά. Για τη βιομάζα επιδοτείται μόνο η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού και μάλιστα με χαμηλότερο ύψος επιδότησης (3,19 cents/KWh) και μόνο στην περίπτωση που η τιμή αυτή αποδειχθεί ανεπαρκής για τη βιωσιμότητα της επένδυσης είναι δυνατή η αναπροσαρμογή της με απόφαση της Επιτροπής Ανταγωνισμού. Όλα τα προαναφερθέντα λειτουργούν στη βάση ενός premium τιμή της αγοράς (τιμή αγοράς + premium)

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Ειδικά μέτρα προώθησης ισχύουν μόνο στην επιδότηση της επένδυσης για μικρές εγκαταστάσεις συμπαραγωγής (κάτω από 4 MWe) και για τον εκσυγχρονισμό και ανακατασκευή εγκαταστάσεων τηλεθέρμανσης. Τα απαιτούμενα κεφάλαια προέρχονται από τα ευρωπαϊκά διαρθρωτικά ταμεία.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Η προώθηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές περιορίζεται στην απαλλαγή των βιοκαυσίμων από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης.

## 7. Ιρλανδία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) ο οποίος έχει αποδειχτεί

ιδιαίτερα επιτυχημένος στην Ιρλανδία σε σημείο που στο ΕΣΔΑΕ αναπτύσσεται και το σενάριο των εξαγωγών ηλεκτρισμού από ΑΠΕ στα διασυνδεδεμένα δίκτυα της Μεγάλης Βρετανίας και της Βορείου Ιρλανδίας.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Σύμφωνα με το ΕΣΔΑΕ προβλέπεται μικρή αύξηση των ΑΠΕ – Θ/Ψ προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος του 12% και για το σκοπό αυτό προβλέπεται να θεσμοθετηθεί μια σειρά από προγράμματα στήριξης του συγκεκριμένου τομέα τόσο στην πλευρά της ζήτησης όσο και στην πλευρά της παραγωγής. Το πρόγραμμα « πιο πράσινα σπίτια» προβλέπει την παροχή δανείων στους ιδιοκτήτες κατοικιών ως συνεισφορά στο κεφάλαιο που απαιτείται για την εγκατάσταση τεχνολογιών ΑΠΕ στις υφιστάμενες κατοικίες ενώ το πρόγραμμα “ReHeat” αφορά παρόμοιες ενισχύσεις σε μεγαλύτερα κτίρια στους τομείς του εμπορίου, της βιομηχανίας και τον δημοτικό και δημόσιο τομέα

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** το ΕΣΔΑΕ προβλέπει δράσεις σε δύο τομείς. Στον τομέα των βιοκαυσίμων και στον τομέα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Για τα βιοκαύσιμα προβλέπεται η υποχρεωτική χρήση τους στο μίγμα των καυσίμων αρχικά κατά 4% και στη συνέχεια να αυξάνεται κάθε χρόνο ενώ για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προβλέπεται να αποτελούν το 10% του στόλου το 2020

## 8. Ελλάδα

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Το ΕΣΔΑΕ δεν προβλέπει αλλαγές στον υποστηρικτικό μηχανισμό ο οποίος θα παραμείνει αυτός των σταθερών ειδικών τιμολογίων τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs). Επίσης μέσω του χωροταξικού σχεδιασμού προβλέπεται ευνοϊκότερο καθεστώς για την χωροθέτηση των εγκαταστάσεων παραγωγής ΑΠΕ.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Ο νόμος 3851/2010 προβλέπει ότι τουλάχιστον το 60% των αναγκών των νέων κτιρίων σε ζεστό νερό θα πρέπει να καλύπτεται από ηλιοθερμικά συστήματα. Ο ίδιος νόμος προβλέπει επίσης ότι στις 31-12 - 2019 όλα τα νέα κτίρια θα πρέπει να καλύπτουν το σύνολο των πρωτογενών ενεργειακών αναγκών τους από ΑΠΕ, συμπαραγωγή, τηλεθέρμανση ή αντλίες θερμότητας. Για τα καινούργια δημόσια κτίρια αυτός ο περιορισμός ισχύει από τις 31-12-2014. Για την κάλυψη των ανωτέρω στόχων έχει αρχίσει να θεσμοθετείται ένα πλέγμα μέτρων-κινήτων (οικονομικά, φορολογικά και νομικά) Επίσης το ΕΣΔΑΕ προβλέπει ειδικά κίνητρα για την προώθηση της χρήσης βιομάζας και γεωθερμικής ενέργειας στη Θ/Ψ. Τέλος έχει ήδη ξεκινήσει η απαίτηση ενεργειακού πιστοποιητικού για τα ακίνητα που πωλούνται ή ενοικιάζονται.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Δεν έχουν θεσπισθεί επί του παρόντος κίνητρα για την προώθηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές.

## 9. Ισπανία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) τα οποία όμως τόσο στην

περίπτωση των αιολικών πάρκων όσο στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών υπέστησαν πρόσφατα πολύ σοβαρές μειώσεις και μάλιστα οι μειώσεις αφορούσαν και τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις ενώ αναμένονται τιμές και για τις υπόλοιπες ΑΠΕ. Αυτές οι εξελίξεις έχουν χειροτερεύσει την ήδη άσχημη κατάσταση του ισπανικού τομέα ΑΠΕ.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Στο ΕΣΔΑΕ αναφέρονται μέτρα τα οποία ήδη υφίστανται και αφορούν την πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και τους κανονισμούς τεχνικών εγκαταστάσεων στα κτίρια.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** το ΕΣΔΑΕ προβλέπει στόχο για 13,6% διείσδυση των ΑΠΕ στις μεταφορές βασιζόμενο κατά 86,9% στα βιοκαύσιμα και κατά 13,1 στην ηλεκτροκίνηση από ΑΠΕ χωρίς μέχρι σήμερα να έχουν ξεκαθαρισθεί τα αντίστοιχα μέτρα υποστήριξης.

## 10. Γαλλία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) στη Γαλλία θεωρούνται αρκούτως ικανοποιητικά όμως οι επαγγελματίες των ΑΠΕ για κάποιες τεχνολογίες παραπονούνται για έλλειψη ορατότητας που τους εμποδίζει να προγραμματίσουν τις επενδύσεις τους. Στις 2-12-2010 τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου για τα φωτοβολταϊκά ανεστάλησαν για τρεις μήνες προκειμένου να επανεξετασθούν. Αντίθετα στον τομέα της γεωθερμίας έχουν εισαχθεί ιδιαίτερα ευνοϊκά τιμολόγια ιδιαίτερα για τα «βελτιωμένα γεωθερμικά συστήματα» (“enhanced Geothermal Systems”, EGS)

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Έχουν ληφθεί ιδιαίτερα θετικά μέτρα στον τομέα των κτιρίων (επιστροφές φόρου, κανονισμοί θέρμανσης κ.λ.π.) Το «Ταμείο Θέρμανσης» (Fonds Chaleur) αποδείχθηκε ιδιαίτερα επιτυχημένο στην προώθηση των ΑΠΕ Θ/Ψ.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Στο πλαίσιο της Οδηγίας για τις ΑΠΕ τα κράτη μέλη πρέπει να εκπονήσουν ένα εθνικό σχέδιο για το πώς τα βιοκαύσιμα και τα υπόλοιπα βιορευστά θα πληρούν τα κριτήρια της διατηρησιμότητας (sustainability) που ορίζει η Οδηγία Σ' αυτή τη φάση δεν υφίσταται τέτοιο σχέδιο στη Γαλλία

## 11. Ιταλία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα «Διαπραγματεύσιμα πράσινα πιστοποιητικά» (Tradable green certificates, TGC) και τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs). Όμως ο μηχανισμός των «πράσινων πιστοποιητικών» τα τελευταία 2-3 χρόνια αντιμετωπίζει έντονα προβλήματα καθώς η προσφορά των «πράσινων πιστοποιητικών» ήταν μεγαλύτερη από τη ζήτηση με συνέπεια να καταρρεύσουν οι τιμές τους. Στο ΕΣΔΑΕ υπάρχει πρόβλεψη για αναθεώρηση του μηχανισμού προκειμένου να επιλυθούν τα διαπιστωθέντα προβλήματα.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Δεν υπάρχουν εξειδικευμένα κίνητρα για τις ΑΠΕ Θ/Ψ. Υπάρχουν κίνητρα και φορολογικές εκπτώσεις για την ενεργειακή αποδοτικότητα τα οποία



μόνον εμμέσως αφορούν και τις ΑΠΕ όταν αυτές συνδυάζονται με αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας Στο ΕΣΔΑΕ υπογραμίζεται η ανάγκη θέσπισης κινήτρων για τις ΑΠΕ – Θ/Ψ.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Η προώθηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές βασίζεται κυρίως στη θέσπιση αυξανόμενων υποχρεωτικών ελάχιστων ποσοστώσεων (τουλάχιστον 3,5% μερίδιο των βιοκαυσίμων στην αγορά ορυκτών καυσίμων το 2010. Επίσης πωθούνται κίνητρα για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα

## 12. Κύπρος

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs).

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Δεν υπάρχουν ικανοποιητικά κίνητρα ούτε σχετική ενημερωτική καμπάνια για τις διαθέσιμες τεχνολογίες. Το θετικό είναι ότι από το 2010 υπάρχει υποχρέωση εφοδιασμού όλων των νέων κτιρίων με ηλιακούς θερμοσίφωνες ή γεωθεμικές αντλίες θερμότητας.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Ο στόχος της κυβέρνησης είναι πολύ συντηρητικός καθώς έχει τεθεί στο 5% έναντι του υποχρεωτικού 10%.

## 13. Λεττονία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) στον οποίο όμως υπάρχει ανώτατο όριο δηλαδή οι παραγωγοί μπορούν να πωλούν σε μία καθορισμένη τιμή μέχρι να συμπληρωθεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση. Η τιμή μειώνεται μετά από 10 χρόνια λειτουργίας της εγκατάστασης. Τα επενδυτικά σχέδια των ΑΠΕ τυγχάνουν οικονομικής υποστήριξης από κοινοτικά και κρατικά κεφάλαια. Οι ΑΠΕ δεν έχουν προτεραιότητα σύνδεσης με το δίκτυο και τα σχετικά έξοδα αναλαμβάνονται από τον παραγωγό.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Οι σχετικές επενδύσεις χρηματοδοτούνται κατά 25% από κοινοτικά κεφάλαια εφόσον κριθούν επιλέξιμες.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Η παραγωγή βιοκαυσίμων υποστηρίζεται τόσο άμεσα όσο και μέσω οικονομικών μέτρων.

## 14. Λιθουανία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs). Επίσης έχει προγραμματισθεί η αναβάθμιση του δικτύου μεταφοράς

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Ο ισχύον νόμος για τη θέρμανση προβλέπει ότι το κράτος οφείλει να προωθεί τις ΑΠΕ – Θ/Ψ

## 15. Λουξεμβούργο

Τα όποια μέτρα πολιτικής είναι ακόμη υπό εξέταση

## 16. Ουγγαρία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ο κύριος μηχανισμός υποστήριξης είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) ενώ είναι υπό εξέταση και η εισαγωγή των πράσινων πιστοποιητικών. Ο χρόνος και το ύψος των τιμών συναρτάται με την απόσβεση της επένδυσης [17]

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Οι επενδύσεις για εγκαταστάσεις ΑΠΕ – Θ/Ψ σε κτίρια καθώς και η συμπαραγωγή και η τηλεθέρμανση επιδοτούνται.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Η προώθηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές βασίζεται κυρίως στην απαλλαγή των παραγωγών βιοκαυσίμων από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης και την ευνοϊκότερη φορολογική μεταχείριση των προϊόντων πετρελαίου και ντήζελ που περιέχουν βιοκαύσιμα και την επιστροφή του ειδικού φόρου κατανάλωσης στους διανομείς καυσίμων που τα προϊόντα του περιέχουν τουλάχιστον 5% βιοκαύσιμα

## 17. Μάλτα

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) εισήχθησαν μόλις το 2010. Ο χρόνος ισχύος των τιμών είναι 8 χρόνια

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Στο ΕΣΔΑΕ δεν υπάρχει δέσμευση για την θέσπιση κινήτρων για τις ΑΠΕ – Θ/Ψ.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Στο ΕΣΔΑΕ γίνεται αναφορά για την εκπόνηση μελέτης σκοπιμότητας για την εισαγωγή βιοκαυσίμων ΕΤΒΕ στις μεταφορές καθώς και ότι θα ενθαρρυνθεί η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων χωρίς ωστόσο να έχουν εκπονηθεί συγκεκριμένα σχέδια.

## 18. Κάτω Χώρες

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** το κύριο εργαλείο είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) τα οποία εφαρμόζονται σε διάφορες παραλλαγές από το 2003. Η τελευταία παραλλαγή θεσμοθετήθηκε το 2011. Ο χρόνος ισχύος των τιμών είναι 10 χρόνια [18]

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Οι επενδύσεις για εγκαταστάσεις ΑΠΕ – Θ/Ψ σε σπίτια επιδοτούνται ενώ οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές και σε βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας τυγχάνουν φοροαπαλλαγών.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Από το 2007 είναι υποχρεωτική η συμμετοχή των βιοκαυσίμων στο μίγμα των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές. Για το 2010 η υποχρέωση ήταν 5,75%. Επίσης έχουν θεσπισθεί φορολογικά κίνητρα για τα βιοκαύσιμα.

## 19. Αυστρία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** το κύριο εργαλείο είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) τα οποία επαναπροσδιορίστηκαν το 2005 και το 2007. Αφορούν όλες τις ΑΠΕ –Ε καθώς και τα υδροηλεκτρικά μέχρι 10MW. Ο χρόνος ισχύος και το ύψος των τιμών εξαρτάται από το είδος της ΑΠΕ και δεν

ξεπερνά τα 12 χρόνια. Οι τιμές επαναπροσδιορίζονται κάθε χρόνο και αυτό δημιουργεί αβεβαιότητα στους παραγωγούς και τους δυνητικούς επενδυτές.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Οι επενδύσεις για εγκαταστάσεις ΑΠΕ – Θ/Ψ σε σπίτια επιδοτούνται.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Φορολογικά κίνητρα συμμετοχή των βιοκαυσίμων στο μίγμα των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές.

## 20. Πολωνία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Το κύριο εργαλείο είναι τα πράσινα πιστοποιητικά τα οποία ισχύουν μέχρι το 2017 χωρίς στο ΕΣΔΑΕ να υπάρχει σχετική πρόβλεψη για το τι θα ισχύσει στη συνέχεια.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Δεν υπάρχουν σχετικά υποστηρικτικά εργαλεία.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Εξετάζονται Φορολογικές εκπτώσεις και κίνητρα υπό μορφή εξαιρέσεων (όπως απαλλαγή από τέλη παρκαρίσματος για αυτοκίνητα που κινούνται με βιοκαύσιμα) για την προώθηση των βιοκαυσίμων.

## 21. Πορτογαλία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Το κύριο εργαλείο είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) τα οποία περιορίζονται μέχρι μία συγκεκριμένη ανώτατη ποσότητα ενέργειας ή μέχρι μία συγκεκριμένη περίοδο ετών και διακόπτοντα μόλις συμπληρωθεί το ένα από τα δύο.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Υπάρχει οικονομική ενίσχυση για την τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών ενώ προβλέπεται αναθεώρηση του Κανονισμού για τα κτίρια και προώθηση της χρήσης του βιοαερίου μέσω προβλέψεων για πώλησή του βιομεθανίου στο δίκτυο φυσικού αερίου κατ' αναλογία προς τα όσα ισχύουν για την πώληση ηλεκτρισμού από ΑΠΕ

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Προωθείται η χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων μέσω επιδοτήσεων καθώς και η χρήση βιοκαυσίμων μέσω υποχρεωτικών ποσοστώσεων και την έκδοση πιστοποιητικών για τα βιοκαύσιμα που πληρούν τις προϋποθέσεις «βιωσιμότητας»

## 22. Ρουμανία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Το κύριο εργαλείο είναι τα πράσινα πιστοποιητικά

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Δεν υπάρχουν σχετικά υποστηρικτικά εργαλεία.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Προβλέπεται η συμμετοχή των βιοκαυσίμων στο μίγμα των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές κατά 5,75% σε όρους ενεργειακού περιεχομένου από τις 31-12-2010. Επίσης υπάρχουν κίνητρα για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών.

## 23. Σλοβενία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Το κύριο εργαλείο είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) ενώ εξετάζεται να επιβληθούν στους παρόχους ενέργειας και ποσοτώσεις συμμετοχής ΑΠΕ στο ενεργειακό τους μίγμα.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Το τρέχον υποστηρικτικό σύστημα καλύπτει την ηλιοθερμική ενέργεια του καυστήρες βιομάζας και τα συστήματα τηλεθέρμανσης που χρησιμοποιούν βιομάζα ή γεωθερμία.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Προβλέπεται η απαλλαγή των βιοκαυσίμων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης και χαμηλότερη φορολογία στα οχήματα που χρησιμοποιούν βιοκαύσιμα.

## 24. Σλοβακία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Το κύριο εργαλείο είναι τα ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs). Οι τιμές επαναπροσδιορίζονται κάθε χρόνο και αυτό δημιουργεί αβεβαιότητα στους παραγωγούς και τους δυνητικούς επενδυτές.

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Δεν υπάρχουν σχετικά υποστηρικτικά εργαλεία

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Ήδη από το 2004 τα βιοκαύσιμα που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές απαλλάσσονται πλήρως από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης. Επίσης καύσιμα τα οποία περιέχουν ποσοστό βιοκαυσίμων απαλλάσσονται από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης αναλογικά με το περιεχόμενό τους σε βιοκαύσιμα

## 25. Φινλανδία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ισχύουν ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) για την χερσαία αιολική ενέργεια, το βιοαέριο και την συμπαραγωγή από βιομάζα ενώ αναμένεται η εισαγωγή τους και στην περίπτωση της γεωθερμίας

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Τα υποστηρικτικά εργαλεία περιορίζονται στην αύξηση των ενεργειακών φόρων, στην επιδότηση μικρών επενδύσεων για συστήματα θέρμανσης με ΑΠΕ καθώς και επιδοτήσεις για την συγκομιδή μικρών δένδρων.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Η νομοθεσία απαιτεί συγκεκριμένη ποσόστωση των βιοκαυσίμων στη βενζίνη και το ντήζελ ενώ προβλέπεται και η θέσπιση κινήτρων για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

## 26. Σουηδία

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Το κύριο εργαλείο είναι τα πράσινα πιστοποιητικά και μάλιστα σε συνεργασία με την Νορβηγία. Το συγκεκριμένο σύστημα ενοεί κυρίως την βιοενέργεια , λιγώτερο την χερσαία αιολική ενέργεια ενώ είναι αρνητικό για τις υπόλοιπες ΑΠΕ

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Υπάρχει ένα πλέγμα υποστηρικτικών μέτρων για την συμπαραγωγή όπως η εξαίρεση της βιομάζας από φόρους και τα πράσινα πιστοποιητικά ενώ ο κανονισμός κτιρίων υποστηρίζει την χρήση αντλιών θερμότητας στα νέα κτίρια. Επίσης προβλέπονται επιδοτήσεις για ηλιοθερμικά συστήματα.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Η νομοθεσία απαιτεί συγκεκριμένη ποσόστωση των βιοκαυσίμων στη βενζίνη και το ντήζελ και φοροαπαλλαγές για τα βιοκαύσιμα.

## **27. Ηνωμένο Βασίλειο**

**Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:** Ισχύουν ειδικά τιμολόγια τροφοδοσίας του δικτύου (Feed in tariffs) σε συνδυασμό με τα πιστοποιητικά υποχρεώσεων για ΑΠΕ (Renewables Obligation Certificates, ROCs).

**ΑΠΕ - Θ/Ψ:** Υπάρχουν κίνητρα για εισαγωγή των ΑΠΕ Θ/Ψ ενώ από το 2016 έχει θεσπισθεί υποχρέωση οι νέες κατοικίες να έχουν μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub>.

**ΑΠΕ – Μεταφορών:** Η νομοθεσία απαιτεί συγκεκριμένη ποσόστωση των βιοκαυσίμων στη βενζίνη και το ντήζελ και φοροαπαλλαγές για τα βιοκαύσιμα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Τεχνικές προβλέψεων

### 4.1 Γενικά για τις προβλέψεις

Η πρόβλεψη [19] ως βασικό στοιχείο της στρατηγικής, είναι αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής και της επιχειρησιακής έρευνας. Η πλειοψηφία των αποφάσεων που καλείται να λάβει ένα άτομο, μια επιχείρηση ή ένας οργανισμός έχει άμεση σχέση με την πρόβλεψη και εκτίμηση μελλοντικών καταστάσεων. Η ακριβέστερη πρόβλεψη των μελλοντικών αυτών καταστάσεων θα οδηγήσει σε στρατηγικές αποφάσεις, οι οποίες συνεπάγονται και βέλτιστο κέρδος για τον ενδιαφερόμενο. Οι διοικητές των επιχειρήσεων, οι σχεδιαστές της κυβερνητικής πολιτικής, οι διαχειριστές των εταιριών βρίσκονται πάντα αντιμέτωποι με την αβεβαιότητα. Η αντίληψη αυτής της κατάστασης αβεβαιότητας γίνεται όλο και πιο έντονη και έχει επιβάλει μια πιο συστηματική και προσεκτική έρευνα του μέλλοντος. Για το λόγο αυτό το ενδιαφέρον και η σημασία της πρόβλεψης έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια και προέρχεται τόσο από τον ακαδημαϊκό κόσμο όσο και από τους πρακτικά ασχολούμενους με την επιχειρησιακή έρευνα. Ο ακαδημαϊκός κόσμος έχει συνεισφέρει στη ραγδαία αύξηση του πλήθους των μεθόδων πρόβλεψης. Υπάρχουν βέβαια και κάποιες αξιοσημείωτες εξαιρέσεις όπου πρακτικά ασχολούμενοι με την επιστήμη της πρόβλεψης συνεισέφεραν και αυτοί με την εύρεση και εφαρμογή νέων μοντέλων πρόβλεψης. Οι Goosier και Hyndman (2005) επιτελούν μια σημαντική βιβλιογραφική αναφορά σχετικά με την έρευνα που έχει διεξαχθεί στο πεδίο των προβλέψεων από το 1980. Υποστηρίζουν, πως αν και έχει συντελεστεί ένας πολύ μεγάλος βαθμός προόδου, υπάρχουν αρκετές επιστημονικές περιοχές που χρήζουν περαιτέρω έρευνας και ανάπτυξης.

Οι προβλέψεις που παράγονται από τις διάφορες μεθόδους χρησιμοποιούνται λοιπόν, σαν δεδομένα σε όλες τις κατηγορίες σχεδιασμού, καθορισμού στρατηγικών, πολιτικού σχεδιασμού, χρονικού προγραμματισμού, στον έλεγχο αγοράς και απογραφών καθώς και σε πλήθος δραστηριοτήτων λήψης αποφάσεων. Προκειμένου λοιπόν να ανταποκρίνονται στις διάφορες ανάγκες που υπάρχουν κάθε φορά, έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές οι οποίες εντάσσονται στις ακόλουθες βασικές κατηγορίες:

### 4.2 Κατηγορίες μεθόδων πρόβλεψης

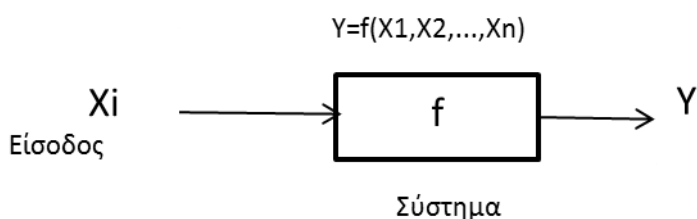
Οι μέθοδοι πρόβλεψης διακρίνονται στις κατωτέρω κατηγορίες:

#### 4.2.1 Ποσοτικές (quantitative) μέθοδοι προβλέψεων

Χρησιμοποιούνται όταν έχουμε διαθέσιμη πληροφορία για το παρελθόν (επαρκή δεδομένα), όταν μπορεί να γίνει ποσοτικοποίηση της πληροφορίας (αριθμητικά δεδομένα) και τέλος όταν θεωρούμε ότι το πρότυπο συμπεριφοράς του υπό μελέτη μεγέθους, θα διατηρηθεί και στο μέλλον. Περιλαμβάνουν:

- **Μοντέλο χρονοσειρών (time series model)**

Πρόκειται για το πιο διαδεδομένο είδος ποσοτικού μοντέλου πρόβλεψης. Η εφαρμογή του είναι δυνατή όταν υπάρχουν στοιχεία για την τιμή του υπό πρόβλεψη μεγέθους σε προηγούμενες και σταθερές χρονικές περιόδους ( ημέρες, μήνες, έτη κλπ.) και βασίζεται στην υπόθεση ότι η μεταβολή της τιμής του μεγέθους ακολουθεί ένα συγκεκριμένο λανθάνον πρότυπο που επαναλαμβάνεται στο χρόνο και διατηρείται σταθερό. Οι προβλέψεις πραγματοποιούνται με την αναγνώριση του προτύπου αυτού και την προέκτασή του στο μέλλον. Στο σχήμα που ακολουθεί δίνεται παραστατικά η μορφή του μοντέλου.



Σχήμα 4. 1

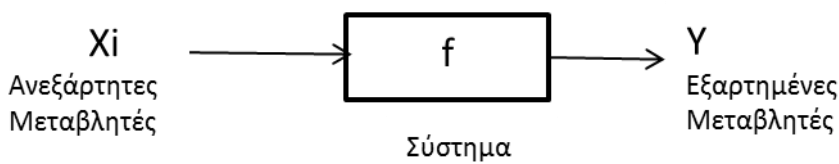
Είσοδος του συστήματος είναι το σύνολο των ιστορικών δεδομένων  $X$ . Όπου  $X_1$  είναι η αρχαιότερη παρατήρηση και  $X_n$  η πιο πρόσφατη. Έξοδος του συστήματος είναι η πρόβλεψη που πραγματοποιείται τη χρονική περίοδο  $n$  για την επόμενη χρονική περίοδο  $n+1$ , και συμβολίζεται με  $Y$ . Η σχέση που περιγράφει το σύστημα είναι γραμμική και έχει τη μορφή:  $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ .

Οι μέθοδοι που περιγράφονται με το συγκεκριμένο μοντέλο ονομάζονται μέθοδοι χρονοσειρών και θα αναφερθούν διεξοδικά στη συνέχεια. Οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων αυτών εντοπίζονται στη μορφή του συναρτησιακού τύπου που περιγράφει το σύστημα.

- **Αιτιοκρατικό ή επεξηγηματικό μοντέλο (causal relationship ή explanatory model)**

Το μοντέλο αυτό στηρίζεται στη βασική υπόθεση ότι υπάρχει μια σταθερή σχέση μεταξύ του υπό πρόβλεψη μεγέθους (εξαρτημένη μεταβλητή) και ορισμένων παραμέτρων (ανεξάρτητες μεταβλητές) που το επηρεάζουν.

Το ακόλουθο σχήμα παριστάνει το μοντέλο σαν ένα σύστημα με εισόδους  $X_i$  με  $i=1,2,\dots,n$ , που αντιπροσωπεύουν τις  $n$  παραμέτρους από τις οποίες εξαρτάται η μεταβολή του μεγέθους που μας ενδιαφέρει. Έξοδος είναι η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Το σύστημα είναι ουσιαστικά μια συνάρτηση της μορφής:  $Y =f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ .



Σχήμα 4. 2

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί μια σοβαρή διαφορά μεταξύ των δύο μοντέλων που αναφέρθηκαν. Ενώ στα μοντέλα χρονοσειρών η συνάρτηση που περιγράφει το σύστημα είναι προκαθορισμένη και προσδιορίζεται από το πρότυπο που υποθέτουμε ότι ακολουθούν τα ιστορικά δεδομένα, στα αιτιοκρατικά μοντέλα αποτελεί προϊόν της παρακάτω διαδικασίας:

α. Παρατηρείται η τιμή του  $y$  και συσχετίζεται με τις αντίστοιχες τιμές των παραμέτρων  $X_i$  που θεωρούνται δεδομένες.

β. Προσδιορίζεται το είδος και η ακριβής μορφή της σχέσης (συνάρτηση  $f$ ) που συνδέει την έξοδο με τις εισόδους του συστήματος. Η προκύπτουσα σχέση χρησιμοποιείται για να προβλεφθεί η τιμή που πρόκειται να πάρει η μεταβλητή εξόδου για κάποιον συγκεκριμένο συνδυασμό τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_i$ .

#### 4.2.2 Κριτικές (judgmental) μέθοδοι προβλέψεων

Οι κριτικές μέθοδοι πρόβλεψης δεν έχουν τις ίδιες απαιτήσεις σε δεδομένα όπως οι ποσοτικές/στατιστικές μέθοδοι. Τα δεδομένα των κριτικών μεθόδων αποτελούν προϊόν διαίσθησης, κρίσης και συσσωρευμένης γνώσης από πλευράς των εμπειρογνομώνων. Στις κριτικές μεθόδους η πρόβλεψη μπορεί να βασίζεται είτε στις γνώσεις και την κρίση ενός ατόμου (ατομικές μέθοδοι) είτε να προκύπτει από την ανταλλαγή και το συνδυασμό απόψεων των μελών κάποιας επιτροπής (μέθοδοι επιτροπής).

Οι κριτικές μέθοδοι πρόβλεψης μπορούν να λάβουν υπόψη ειδικά γεγονότα και ενέργειες ενώ ταυτόχρονα έχουν τη δυνατότητα να αντισταθμίζουν ανεπάρκειες και ελλείψεις σε ιστορικά δεδομένα. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συνδυασμό με τις ποσοτικές μεθόδους, παρά για αριθμητικές προβλέψεις.

#### 4.3 Ορίζοντας πρόβλεψης (forecast horizon)

Είναι πλέον ξεκάθαρο ότι υπάρχουν πολλές τεχνικές πρόβλεψης οι οποίες διαφέρουν σε ακρίβεια, χρονικό ορίζοντα και κόστος. Σ αυτό το σημείο αξίζει να προσδιοριστεί η έννοια του ορίζοντα πρόβλεψης ο ορισμός του οποίου έχει σημαντική επίδραση στην επιλογή της καταλληλότερης κάθε φορά τεχνικής πρόβλεψης. Ο ορίζοντας πρόβλεψης (forecast horizon) είναι ο δείκτης που δείχνει για πόσες μελλοντικές περιόδους της ζητούμενης χρονοσειράς καλούμαστε να



δώσουμε εκτιμήσεις μέσω μεθοδολογιών πρόβλεψης. Ανάλογα με την τιμή του ορίζοντα πρόβλεψης, έχουμε:

**Βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη (Inventory forecasting).** Η τιμή του ορίζοντα πρόβλεψης είναι σχετικά μικρή, συνήθως μικρότερη από τρεις περιόδους.

**Μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη (Budget forecasting).** Ο ορίζοντας πρόβλεψης είναι συνήθως λίγο μεγαλύτερος από ένα οικονομικό έτος (12 με 15 περιόδους, όταν η χρονοσειρά αποτελείται από μηνιαίες παρατηρήσεις).

**Μακροπρόθεσμη πρόβλεψη (Long term forecasting).** Ο ορίζοντας πρόβλεψης είναι συνήθως μεγαλύτερος από τρία έτη.

#### 4.4 Στάδια πρόβλεψης

Επομένως γίνεται αντιληπτό πόσο σημαντική είναι η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανάλογα με τις απαιτήσεις που υπάρχουν κάθε φορά. Όμως μια επιτυχημένη πρόβλεψη δεν περιορίζεται μόνο στην επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί. Πρώτα πρέπει να καθοριστεί το πρόβλημα, στη συνέχεια να εφαρμοστούν διάφορες μέθοδοι πρόβλεψης και τέλος να επιλεγεί η καταλληλότερη μέθοδος σύμφωνα με ορισμένα κριτήρια. Αναλυτικότερα, όταν πρόκειται για ποσοτικά δεδομένα, υπάρχουν πέντε στάδια πρόβλεψης [20] :

**I. Καθορισμός του προβλήματος.** Πρόκειται πολλές φορές για το δυσκολότερο κομμάτι της διαδικασίας πρόβλεψης. Πρέπει να αποσαφηνιστεί ποιο ακριβώς μέγεθος θέλουμε να προβλεφθεί και να ληφθεί υπόψη η χρήση και η λειτουργία των προβλέψεων καθώς και το που απευθύνονται.

**II. Συλλογή των δεδομένων.** Στη φάση αυτή πρέπει να συγκεντρωθούν τόσο τα μετρήσιμα στατιστικά δεδομένα όσο και η κριτική και εμπειρική διαθέσιμη πληροφορία.

**III. Προετοιμασία χρονοσειρών.** Σκοπός αυτού του βήματος είναι να αποκτηθεί μια ολοκληρωμένη αίσθηση των διαθέσιμων δεδομένων ώστε να αναγνωριστούν πιθανά λανθάνοντα πρότυπα καθώς και τα χαρακτηριστικά των χρονοσειρών. Η προσαρμογή των δεδομένων (μηδενικές τιμές, κενές τιμές κλπ.), η απομόνωση ειδικών γεγονότων και ενεργειών, θα οδηγήσει σε μια εξομαλυμένη σειρά δεδομένων, έτοιμη για την εφαρμογή μοντέλων πρόβλεψης.

**IV. Επιλογή μεθόδων πρόβλεψης.** Η παραγωγή προβλέψεων ζητούμενου χρονικού ορίζοντα λαμβάνει χώρα με τη στατιστική ή κριτική προέκταση των διαθέσιμων δεδομένων. Στο βήμα αυτό επιτυγχάνεται η ορθή επιλογή κατάλληλων μοντέλων πρόβλεψης, αλλά και η επιλογή των παραμέτρων τους, βάσει των ιστορικών δεδομένων αλλά και των ιδιοτήτων της κάθε μεθόδου. Ουσιαστικά

αναζητείται το μοντέλο εκείνο που προσαρμόζεται καλύτερα στα υπάρχοντα διαθέσιμα δεδομένα.

**V. Χρήση, εφαρμογή και αξιολόγηση των μοντέλων πρόβλεψης.** Στο τελευταίο αυτό στάδιο το επιλεγμένο μοντέλο χρησιμοποιείται ώστε να παραχθούν οι ζητούμενες προβλέψεις. Το κατά πόσον το επιλεγμένο μοντέλο και οι παραχθείσες προβλέψεις είναι ικανοποιητικές κρίνονται μόνο από το χρόνο, καθώς νέα δεδομένα γίνονται διαθέσιμα. Η αξιολόγηση και μέτρηση της ακρίβειας των προβλέψεων επιτυγχάνεται με εξειδικευμένους στατιστικούς δείκτες. Τέλος, η παρακολούθηση του προτύπου της χρονοσειράς και των σφαλμάτων της πρόβλεψης συμβάλλει στην έγκαιρη αντιμετώπιση διαρθρωτικών αλλαγών και στην εξάλειψη προκατάληψης στις τελικές προβλέψεις.

#### 4.5 Οι χρονοσειρές και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους

Κρίνεται σκόπιμο, πριν αναφερθούν οι βασικότερες μέθοδοι πρόβλεψης να παρουσιαστούν οι χρονοσειρές και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των χρονοσειρών τα οποία λαμβάνονται υπόψη κατά την εφαρμογή των μεθόδων αυτών.

Οι χρονοσειρές ή χρονολογικές σειρές αποτελούν ένα σύνολο διαδοχικών παρατηρήσεων της τιμής κάποιου φυσικού ή άλλου μεγέθους. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι το γεγονός ότι αυτές οι διαδοχικές παρατηρήσεις δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.

Οι παραδοσιακές μέθοδοι ανάλυσης χρονοσειρών ασχολούνται κυρίως με την αποσύνθεση της διακύμανσης της χρονοσειράς σε τέσσερα συστατικά της στοιχεία: την τάση, την κυκλικότητα, την εποχιακότητα και τις μη κανονικές διακυμάνσεις.

**Η τάση** θα μπορούσε να οριστεί ως η διαχρονική εξέλιξη του μέσου επιπέδου των τιμών η οποία μπορεί να είναι ανοδική, πτωτική ή και μηδενική στην περίπτωση που δεν μεταβάλλεται το επίπεδο των τιμών. Προκειμένου να εκτιμηθεί θα πρέπει να είναι διαθέσιμος ένας ικανός αριθμός παρατηρήσεων και ταυτόχρονα να είναι εφικτό να εκτιμηθεί το κατάλληλο για την περίπτωση μήκος της περιόδου μέσα στην οποία θα αναζητηθεί η ύπαρξη τάσης.

**Η κυκλικότητα ή κύκλος** αντιπροσωπεύει μια ‘κυματοειδή’ μεταβολή που οφείλεται σε εξωγενείς συνθήκες και εμφανίζεται ανά περιόδους κατά κανόνα μεγαλύτερες του έτους και όχι απαραίτητα σταθερές. Κυκλικότητα εμφανίζουν οι χρονοσειρές των περισσότερων οικονομικών μεγεθών λόγω των γενικότερων οικονομικών συνθηκών που χαρακτηρίζονται από διαδοχικές ανόδους και υφέσεις (οικονομικός κύκλος).

**Η εποχιακότητα** είναι μια περιοδική διακύμανση με σταθερό μήκος, μικρότερο του έτους. Η διακύμανση αυτή είναι κατανοητή και συνήθως εύκολο να προβλεφθεί και γι αυτό μπορεί να μετρηθεί και να απομονωθεί σχετικά εύκολα ώστε να προκύψουν τα λεγόμενα αποεποχικοποιημένα δεδομένα.

**Ασυνέχειες** ονομάζονται οι μεμονωμένες παρατηρήσεις που εμφανίζονται στο γράφημα κάποιας χρονοσειράς ως απότομες και απρόβλεπτες αλλαγές στο πρότυπο συμπεριφοράς της και μπορεί να έχουν παροδικό ή μόνιμο χαρακτήρα.

Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην ερμηνεία τέτοιων παρατηρήσεων, διαδικασία που απαιτεί εξίσου θεωρητική γνώση, κριτική ικανότητα και κοινή λογική.

Τέλος, οι μη κανονικές διακυμάνσεις ή αλλιώς **τυχειότητα** αντιπροσωπεύουν το σφάλμα που απομένει όταν τα υπόλοιπα συστατικά στοιχεία της χρονοσειράς έχουν απομονωθεί και παρότι μετρήσιμο δεν είναι δυνατό να προβλεφθεί. Οι διακυμάνσεις αυτές μπορεί να αντιπροσωπεύουν μια εντελώς τυχαία μεταβλητή με τη στατιστική έννοια, που εκφράζει τον τυχαίο παράγοντα μιας στοχαστικής διαδικασίας.

## 4.6 Βασικές μέθοδοι πρόβλεψης

### 4.6.1 Απλοϊκή μέθοδος (Naïve)

Σε αυτή τη μέθοδο ως πρόβλεψη παίρνουμε την τελευταία διαθέσιμη παρατήρηση, δηλαδή:

$$F_{t+1}=Y_t$$

Αυτή η μέθοδος είναι πάρα πολύ απλή στην εφαρμογή της και μπορεί να δώσει καλά αποτελέσματα μόνο σε σχετικά σταθερά δεδομένα. Δηλαδή σε δεδομένα που δεν παρουσιάζουν εποχιακότητα ή τάση και χρησιμοποιείται κυρίως για ορίζοντα πρόβλεψης μίας περιόδου. Είναι η πιο απλή στατιστική μέθοδος και πολλές φορές χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς (Benchmark) για άλλες, πιο πολύπλοκες μεθόδους.

### 4.6.2 Μέθοδοι εξομάλυνσης:

Χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη πολλών διαφορετικών μεγεθών, όταν δεν ενδιαφέρει η εξέταση του καθενός ξεχωριστά, αλλά όλων μαζί με τη χρήση μιας κοινής μεθόδου. Αυτό συμβαίνει επειδή αυτές οι μέθοδοι έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται σε ένα μεγάλο εύρος χρονοσειρών χωρίς να χρειάζονται προσαρμογή. Με τη βασική παραδοχή ότι υπάρχει ένα ενιαίο πρότυπο στις τιμές κάθε μεγέθους και μία διακύμανση κάθε φορά, ο στόχος αυτών των μεθόδων είναι να 'εξομαλύνουν' τη διακύμανση αυτή, καταλήγοντας σε μία τιμή από την προέκταση της οποίας θα προκύψει η ζητούμενη πρόβλεψη. Όσο περισσότερο καταφέρει το μοντέλο να επηρεάζεται από την τυχαία διαφορά από την πραγματική τιμή τόσο καλύτερη είναι η παραγόμενη πρόβλεψη. Οι μέθοδοι εξομάλυνσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

#### 4.6.2.1 Μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης:

Αναπτύχθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1950 και έκτοτε έγιναν πολύ δημοφιλείς κυρίως λόγω της ευκολίας τους, της ελάχιστης απαίτησης σε υπολογιστικό χρόνο και της απαίτησης λίγων σχετικά παρατηρήσεων για την παραγωγή προβλέψεων. Είναι κατάλληλες κυρίως για βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες προβλέψεις ενώ αποδίδουν καλύτερα σε δεδομένα που παρουσιάζουν στασιμότητα ή μικρό ρυθμό ανάπτυξης. Ουσιαστικά οι μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης υπολογίζουν μέσο όρο με διαφορετικά βάρη για κάθε

παρατήρηση. Ειδικότερα χρησιμοποιείται ένας συντελεστής βαρύτητας ο οποίος φθίνει εκθετικά όσο προχωράμε σε παλαιότερες παρατηρήσεις με αποτέλεσμα στη διαμόρφωση του μέσου όρου να συντελούν περισσότερο τα πιο πρόσφατα δεδομένα. Οι κυριότερες μέθοδοι ανάλογα με το εάν τα δεδομένα παρουσιάζουν τάση ή όχι είναι οι ακόλουθες τρεις:

#### α) Απλή εκθετική εξομάλυνση (SES)

Είναι γνωστή και ως μοντέλο σταθερού επιπέδου αφού υποθέτει την απουσία τάσης από τα δεδομένα. Χρησιμοποιείται κυρίως για προβλέψεις ενός βήματος ενώ παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα σε χρονοσειρές που παρουσιάζουν θόρυβο ή τυχαιότητα. Το μοντέλο σταθερού επιπέδου περιγράφεται από τις εξισώσεις:

$$\begin{aligned} e_t &= Y_t - F_t \\ S_t &= S_{t-1} + \alpha * e_t \\ F_{t+1} &= S_t \end{aligned}$$

Όπου  $e$  είναι η απόκλιση της πραγματικής τιμής από την προβλεπόμενη, δηλαδή το σφάλμα,  $S$  είναι το επίπεδο,  $F$  η πρόβλεψη και  $t$  η χρονική περίοδος. Η παράμετρος  $\alpha$  ονομάζεται συντελεστής εξομάλυνσης και μπορεί να λάβει τιμές στο διάστημα  $[0,1]$ . Λόγω της αναδρομικότητας του μοντέλου γεννάται η ανάγκη να οριστεί ένα αρχικό επίπεδο  $S_0$  προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία υπολογισμού του μοντέλου πρόβλεψης. Το αρχικό αυτό επίπεδο το οποίο αποτελεί και την αρχική πρόβλεψη συνήθως επιλέγεται να είναι η πρώτη παρατήρηση, ο μέσος όρος των  $n$  πρώτων παρατηρήσεων, ο μέσος όρος όλων των παρατηρήσεων ή το σταθερό επίπεδο από το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Η επιλογή μιας από τις προαναφερθείσες επιλογές γίνεται με βάση τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της χρονοσειράς και πρέπει να γίνεται με προσοχή ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό των δεδομένων. Σε ότι αφορά το βέλτιστο συντελεστή εξομάλυνσης  $\alpha$ , αυτός εξαρτάται από το ποσοστό θορύβου στη χρονοσειρά και από τη σταθερότητα του μέσου όρου της. Πιο συγκεκριμένα όσο περισσότερος είναι ο θόρυβος στα δεδομένα τόσο μικρότερος πρέπει να είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης ώστε να αποφύγουμε την υπερβολική αντίδραση στο θόρυβο. Επιπλέον, όσο περισσότερο μεταβάλλεται ο μέσος όρος της χρονοσειράς τόσο μεγαλύτερος θα πρέπει να είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης ώστε οι προβλέψεις να παρακολουθούν τις μεταβολές που παρουσιάζουν τα δεδομένα. Γενικά όσο μικρότερη είναι η τιμή του  $\alpha$  τόσο σταθερότερες γύρω από την αρχική τιμή θα είναι οι προβλέψεις, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του  $\alpha$  τόσο πιο σημαντικός είναι ο ρόλος του σφάλματος στις προβλέψεις και συνεπώς τόσο μικρότερη είναι η εξομάλυνση που πετυχαίνει το μοντέλο.

**β) Μοντέλο γραμμικής τάσης (Holt Exponential Smoothing)** Το μοντέλο αυτό [21] αποτελεί επέκταση της απλής εκθετικής εξομάλυνσης και μπορεί να διαχειριστεί επιπλέον τη συνιστώσα της τάσης. Προτάθηκε από τον Holt το 1957 και προκειμένου να λαμβάνει υπόψιν και την τάση που παρουσιάζουν τα δεδομένα περιγράφεται από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\begin{aligned} e_t &= Y_t - F_{t-1} \\ S_t &= S_{t-1} + T_{t-1} + \alpha * e_t \\ T_t &= T_{t-1} + \beta * e_t \end{aligned}$$

$$F_t = S_t + m * T_t$$

Όπου  $e$  είναι και εδώ η απόκλιση της πραγματικής τιμής από την πρόβλεψη (σφάλμα),  $S$  το επίπεδο,  $T$  η τάση,  $t$  η χρονική περίοδος και  $m$  ο χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης. Επιπλέον ο συντελεστής  $\alpha$  είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης για το επίπεδο ενώ ο συντελεστής  $\beta$  είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης της τάσης και λαμβάνουν τιμές στο διάστημα  $[0, 1]$ .

Λόγω της αναδρομικότητας του μοντέλου θα πρέπει και εδώ να οριστεί ένα αρχικό επίπεδο  $S_0$  και μία αρχική τάση  $T_0$ . Το αρχικό επίπεδο υπολογίζεται όπως και στην περίπτωση της απλής εκθετικής εξομάλυνσης ενώ ως αρχική τάση επιλέγεται η διαφορά δεύτερης και πρώτης παρατήρησης, η διαφορά  $n$ -οστής και πρώτης παρατήρησης διαιρεμένης με  $n-1$ , ή η σταθερά της κλίσης από το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης η οποία προκύπτει από εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων σε όλα τα δεδομένα. Τονίζεται κι εδώ η σημασία της σωστής επιλογής αρχικού επιπέδου και αρχικής τάσης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων δεδομένων. Σημειώνεται ότι στην περίπτωση της μαζικής πρόβλεψης σε μεγάλο πλήθος χρονοσειρών (batch forecasting) συνίσταται η εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης με ανεξάρτητη μεταβλητή το χρόνο.

Όπου  $e$  είναι και εδώ η απόκλιση της πραγματικής τιμής από την πρόβλεψη (σφάλμα),  $S$  το επίπεδο,  $T$  η τάση,  $t$  η χρονική περίοδος και  $m$  ο χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης. Επιπλέον ο συντελεστής  $\alpha$  είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης για το επίπεδο ενώ ο συντελεστής  $\beta$  είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης της τάσης και λαμβάνουν τιμές στο διάστημα  $[0, 1]$ .

**γ) Το μοντέλο της φθίνουσας τάσης (damped exponential smoothing):**

Πρόκειται ουσιαστικά για μια μετατροπή του μοντέλου της γραμμικής τάσης ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται και στις μη γραμμικές τάσεις. Προτάθηκε το 1985 από τους Gardner και McKenzie οι οποίοι παρατήρησαν πως το μοντέλο της γραμμικής τάσης έχει μια τάση για υπερεκτίμηση ιδιαίτερα όταν εφαρμόζεται για μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες προβλέψεις. Η μετατροπή επιτυγχάνεται με την προσθήκη μιας παραμέτρου διόρθωσης της τάσης (trend-modification parameter), η οποία συμβολίζεται με  $\phi$ , και ελέγχει την εξομάλυνση της τάσης. Το μοντέλο της μη γραμμικής τάσης όπως αλλιώς ονομάζεται, περιγράφεται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$e_t = Y_t - F_t$$

$$S_t = S_{t-1} + \phi * T_{t-1} + \alpha * e_t$$

$$T_t = \phi * T_{t-1} + \beta * e_t$$

$$F_{t+m} = S_t + \sum_{i=1}^m \phi^i T_t$$

Όπως φαίνεται οι εξισώσεις είναι πανομοιότυπες με αυτές του μοντέλου μη γραμμικής τάσης με διαφορές την προσθήκη του συντελεστή  $\phi$  και τον μη γραμμικό υπολογισμό της τάσης στην τελευταία εξίσωση.

#### 4.6.2.2 Μέθοδος απλού ή κινητού μέσου όρου:

Στο μοντέλο αυτό η πρόβλεψη προκύπτει από το μέσο όρο όλων των παρατηρήσεων. Δηλαδή η πρόβλεψη για την αμέσως επόμενη χρονική περίοδο  $t+1$ , προκύπτει από τον τύπο:

$$F_{t+1} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Y_i$$

Όπου  $Y_i$  είναι τα δεδομένα των  $i$  προηγούμενων περιόδων. Με δεδομένη τώρα την πρόβλεψη για την περίοδο  $t+1$  θα την συνυπολογίσουμε στο μέσο όρο προκειμένου να προβλέψουμε την τιμή της επόμενης περιόδου. Έτσι επαναληπτικά, με διαδοχικούς υπολογισμούς φτάνουμε στην πρόβλεψη που αντιστοιχεί στον ορίζοντα πρόβλεψης που επιθυμούμε. Μάλιστα για οικονομία στην αποθήκευση των δεδομένων συχνά χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$F_{t+2} = \frac{tF_{t+1} + Y_{t+1}}{t + 1}$$

Η μέθοδος αυτή δεν αποδίδει ικανοποιητικά σε δεδομένα που παρουσιάζουν τάση ή εποχιακότητα καθώς κάθε επιπλέον παρατήρηση που προστίθεται κάθε φορά δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την πρόβλεψή μας η οποία θα είναι κοντά στον προηγούμενο μέσο όρο. Με αυτό τον τρόπο η μέθοδος προσαρμόζεται αργά στις μεταβολές της χρονοσειράς και δεν ενδείκνυται σε περιπτώσεις χρονοσειρών που παρουσιάζουν γρήγορες μεταβολές. Γι αυτό η μέθοδος τροποποιείται ώστε να καταλήξει στη μέθοδο των κινητών μέσων όρων στην οποία καθορίζεται το πλήθος των τελευταίων χρονικά παρατηρήσεων που συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του μέσου όρου και διατηρείται σταθερό. Ο τύπος που δίνει την πρόβλεψη σε αυτή τη μέθοδο είναι:

$$F_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t Y_i$$

Έτσι ο υπολογισμός βασίζεται στα πιο πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα ενώ λαμβάνει υπόψη του και την τάση και τον κύκλο εάν υπάρχουν. Επιπλέον προσαρμόζεται καλύτερα από τον απλό μέσο όρο και σε δεδομένα που παρουσιάζουν εποχιακότητα επειδή κάθε νέα παρατήρηση αποκτά μεγαλύτερη παρουσίαση εποχιακότητα επειδή κάθε νέα παρατήρηση αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα από την προηγούμενη. Βέβαια, ενώ μειώνεται ο όγκος των δεδομένων που χρειάζεται να αποθηκεύουμε παραμένει αρκετά μεγάλος, ίσος με τον αριθμό των παρατηρήσεων που μετέχουν στον υπολογισμό του μέσου όρου. Όσο ο αριθμός αυτός μειώνεται τόσο περισσότερο ο κινητός μέσος όρος ακολουθεί τις διακυμάνσεις της χρονοσειράς, ενώ όσο περισσότερα δεδομένα λαμβάνονται υπόψη στο μέσο όρο τόσο μεγαλύτερη είναι η εξομάλυνση που επιτυγχάνεται.

#### 4.6.2.3 Μέθοδοι αποσύνθεσης

Οι μέθοδοι αποσύνθεσης στοχεύουν στη απομόνωση των τεσσάρων βασικών χαρακτηριστικών των χρονοσειρών (Τάση, Κύκλος, Εποχιακότητα, Τυχειότητα) με χρήση απλών σχέσεων. Προς αυτή την κατεύθυνση τα διαθέσιμα δεδομένα θεωρούνται συνάρτηση των τεσσάρων αυτών παραγόντων:  $Y_t=f(S_t,T_t,C_t,R_t)$ . Τα απλούστερα μοντέλα είναι **το προσθετικό** και **το πολλαπλασιαστικό** όπου τα δεδομένα θεωρούνται ότι είναι άθροισμα ή αντίστοιχα γινόμενο των προαναφερθέντων παραγόντων. Οι δημοφιλέστερες μέθοδοι αποσύνθεσης είναι η κλασική και η βελτίωσή της, γνωστή ως **Census II**. Σύμφωνα με αυτές αρχικά υπολογίζεται ο εποχιακός παράγοντας, ο οποίος είναι προβλέψιμος και κατανοητός, με τη χρήση των μέσων όρων, ώστε να απαλειφθεί από τα δεδομένα. Έτσι απομένει η τάση, ο κύκλος και η τυχειότητα. Η τάση εκτιμάται μέσω ενός εκθετικού ή γραμμικού μοντέλου και απαλείφεται και αυτή από τη χρονοσειρά. Τέλος απαλείφεται και ο κύκλος, αν και είναι δύσκολο να εκτιμηθεί και μένει η τυχειότητα η οποία μπορεί να εκτιμηθεί, ωστόσο δεν είναι δυνατό να προβλεφτεί..

#### 4.6.2.4 Μέθοδοι παλινδρόμησης

Η παλινδρόμηση περιλαμβάνει διαδικασίες και τεχνικές μοντελοποίησης και ανάλυσης διαφόρων μεταβλητών με στόχο την εύρεση συσχετίσεων μεταξύ μιας εξαρτημένης και μιας ή περισσότερων εξαρτημένων μεταβλητών. Συνήθως χρησιμοποιείται η παλινδρόμηση προκειμένου να γίνει μια εκτίμηση της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής, δεδομένων των τιμών των εξαρτημένων μεταβλητών. Η εκτίμηση αυτή αποτελεί ουσιαστικά τη μέση τιμή της προσδοκώμενης εξαρτημένης μεταβλητής, εφόσον οι ανεξάρτητες διατηρηθούν σταθερές. Η πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής είναι μια μαθηματική συνάρτηση των ανεξάρτητων μεταβλητών η οποία ονομάζεται εξίσωση της παλινδρόμησης. Στην ανάλυση της παλινδρόμησης ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης και η διακύμανση της εξαρτημένης τιμής γύρω από την εξίσωση της παλινδρόμησης, η οποία μπορεί να περιγραφεί από μια πιθανοτική κατανομή. Προκειμένου να επιτευχθεί η ανάλυση της παλινδρόμησης έχουν αναπτυχθεί ποικίλες τεχνικές. Τρεις είναι οι κύριες υποκατηγορίες των μεθόδων αυτών:

##### ➤ Απλή γραμμική παλινδρόμηση

Στη μέθοδο αυτή υποθέτουμε μια γραμμική σχέση μεταξύ της μεταβλητής πρόβλεψης  $Y$  (εξαρτημένη μεταβλητή) και μίας μόνο ανεξάρτητης μεταβλητής  $X$ . Στις περιπτώσεις πρόβλεψης χρονοσειρών ως ανεξάρτητη μεταβλητή θεωρείται ο χρόνος δηλαδή ο αύξοντας αριθμός των περιόδων. Σκοπός της απλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι να εκφράσουμε τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών  $Y$  και  $X$  με την εξίσωση της ευθείας γραμμής:  $\hat{Y}_i = a + bX_i$ . Με χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων, σύμφωνα με την οποία θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η απόσταση των πραγματικών παρατηρήσεων  $Y$  από τη βέλτιστη γραμμή

παλινδρόμησης, υπολογίζονται οι συντελεστές  $a$  και  $b$ . Επίσης, υπολογίζεται και ο συντελεστής συσχέτισης  $r$ , ο οποίος αποτελεί ένα μέτρο του βαθμού συσχέτισης που μπορεί να υπάρχει μεταξύ δύο μεταβλητών. Τέλος, θεωρώντας την εξίσωση παλινδρόμησης ως στατιστικό μοντέλο προς αξιολόγηση, υπολογίζονται κάποιοι στατιστικοί δείκτες οι οποίοι επιτρέπουν την εκτίμηση της πιθανότητας οι μελλοντικές τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής να διαφέρουν από τις προβλεπόμενες κατά συγκεκριμένη ποσότητα, της αξιοπιστίας του υπολογισμού της ευθείας παλινδρόμησης και της ακρίβειας των συντελεστών  $a$  και  $b$ .

#### ➤ **Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση**

Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση αποτελεί γενίκευση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης η οποία περιγράφει την εξαρτημένη μεταβλητή σε σχέση με δύο ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές που την επηρεάζουν γενική μορφή της είναι:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_k \cdot X_k + e$$

Όπου  $Y$  είναι η εξαρτημένη μεταβλητή,  $X_i$  οι ανεξάρτητες μεταβλητές,  $b_i$  σταθερές παράμετροι και  $e$  είναι ο τυχαίος παράγοντας ο οποίος θεωρείται κανονικά κατανομημένος γύρω από το μηδέν. Η εξίσωση της πολλαπλής παλινδρόμησης είναι γραμμική ως προς τους συντελεστές. Ο εκθέτης κάθε συντελεστή  $b$  ισούται με τη μονάδα, γεγονός που εξασφαλίζει γραμμικότητα, και οι τιμές των συντελεστών αυτών μπορούν να προκύψουν με εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων. Τα μεγέθη εδώ είναι γενικευμένα για περισσότερες των δύο διαστάσεων. Οι βασικές υποθέσεις που πρέπει να γίνουν κατά τη χρήση αυτού του μοντέλου είναι ότι η διακύμανση των σφαλμάτων παλινδρόμησης είναι σταθερή, ότι η απόκλιση της εκτίμησης από την πραγματική τιμή είναι τυχαία και ότι εάν οι αποκλίσεις αυτές παρασταθούν γραφικά θα παρουσιάζουν μια σχεδόν κανονική διασπορά.

#### ➤ **Οικονομετρικές μέθοδοι:**

Οι μέθοδοι αυτές εφαρμόζονται όταν έχουμε να προβλέψουμε περισσότερες από μία μεταβλητές οι οποίες εξαρτώνται από πολλές άλλες μεταβλητές. Αρχικά αναλύεται και αναπτύσσεται το μοντέλο το οποίο δύναται να λάβει πολλές μορφές και γίνεται αξιοποίηση των αρχικών διαθέσιμων πληροφοριών. Στη συνέχεια επιλέγονται τα κατάλληλα δεδομένα, αναλύονται και επιτυγχάνεται η προσαρμογή του μοντέλου. Για την εφαρμογή των οικονομετρικών μεθόδων είναι απαραίτητες επαρκείς πληροφορίες για τις αιτιοκρατικές σχέσεις ώστε να είναι δυνατό να προβλεφθεί με ακρίβεια η κατεύθυνση των αλλαγών στις αιτιοκρατικές μεταβολές και να εκτιμηθεί η βαρύτητά τους.

#### **4.6.2.5. Μέθοδος Theta**

Η μέθοδος πρόβλεψης Theta (Assimakopoulos και Nikolopoulos, 2000) είναι μια μονοδιάστατη μέθοδος πρόβλεψης η οποία βασίζεται στη μεταβολή των τοπικών καμπυλοτήτων της χρονοσειράς μέσα από την παράμετρο  $\theta$  η οποία εφαρμόζεται πολλαπλασιαστικά στις διαφορές δεύτερης τάξης των δεδομένων προκύπτουσα χρονοσειρά διατηρεί τη μέση τιμή και κλίση της αρχικής αλλά όχι και τις τοπικές



καμπυλότητες και τη διακύμανση. Οι χρονοσειρές που παράγονται με αυτή τη μέθοδο ονομάζονται γραμμές theta και κύριο ποιοτικό χαρακτηριστικό τους είναι η καλύτερη προσέγγιση της τάσης των δεδομένων ή η ανάδειξη των βραχυπρόθεσμων χαρακτηριστικών τους ανάλογα με το εάν η παράμετρος  $\theta$  έχει τιμή μικρότερη ή μεγαλύτερη της μονάδας. Η μέθοδος ουσιαστικά διαχωρίζει την αρχική χρονοσειρά σε δύο ή περισσότερες γραμμές theta οι οποίες προεκτείνονται στο μέλλον ξεχωριστά με την ίδια ή και με διαφορετική μέθοδο πρόβλεψης και οι παραγόμενες προβλέψεις συνδυάζονται προκειμένου να προκύψει η τελική πρόβλεψη. Η μέθοδος theta είναι μια νέα αλλά πολλά υποσχόμενη μέθοδος η οποία μέχρι σήμερα έχει επιδείξει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

#### **4.6.2.6 Μοντέλα ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average models)**

Τα ολοκληρωμένα αυτοπαλινδρομικά μοντέλα κινητών μέσων όρων είναι στοχαστικά μαθηματικά μοντέλα που στοχεύουν στην περιγραφή της διαχρονικής εξέλιξης φυσικών μεγεθών. Καθώς σε ότι αφορά τα φυσικά μεγέθη είναι αδύνατη η καταγραφή όλων των παραγόντων που τα επηρεάζουν είναι πολύ δύσκολη η περιγραφή τους από ένα ντετερμινιστικό μοντέλο. Η εξάρτηση όμως των μεγεθών αυτών από ντετερμινιστικούς παράγοντες καθιστά δυνατή την περιγραφή της διαχρονικής εξέλιξής τους από ένα στοχαστικό μοντέλο το οποίο θα υπολογίζει την πιθανότητα η τιμή του μεγέθους να βρίσκεται εντός κάποιου διαστήματος. Τα στοχαστικά μοντέλα είναι ουσιαστικά ένας γραμμικός συνδυασμός του τυχαίου παράγοντα με την έννοια του τυχαίου σφάλματος ή του σφάλματος πρόβλεψης, των προηγούμενων τιμών του υπό εξέταση φυσικού μεγέθους καθώς και κάποιων άλλων στοχαστικών παραγόντων. Τα μοντέλα ARIMA μελετήθηκαν εκτενώς από τους Box και Jenkins (1970) οι οποίοι πρότειναν μια οικογένεια αλγεβρικών μοντέλων πρόβλεψης από την οποία μπορεί κάποιος να διαλέξει το πλέον κατάλληλο για την πρόβλεψη μιας δεδομένης χρονοσειράς. Τα μοντέλα αυτά βασίζονται στις προβλέψεις τους στα προηγούμενα δεδομένα και τα πρότυπα συμπεριφοράς που εμφανίζει η χρονοσειρά. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε βραχυπρόθεσμες προβλέψεις αλλά εφαρμόζονται σχεδόν αποκλειστικά σε χρονοσειρές των οποίων οι παρατηρήσεις ισαπέχουν χρονικά ενώ η μέση τιμή, η διακύμανση και η συνάρτηση αυτοσυσχέτισής τους είναι σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

#### **4.6.2.7 Νευρωνικά δίκτυα (Neural Networks)**

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε περιπτώσεις μη γραμμικών διαδικασιών όπου η συσχέτιση δεν είναι αρχικά γνωστή και συνεπώς είναι δύσκολο να επιτευχθεί βέλτιστη προσαρμογή. Η λογική τους βασίζεται στο φιλτράρισμα των εισόδων, τις οποίες αποτελούν οι ανεξάρτητες μεταβλητές, μέσω ενός ή περισσότερων κρυφών επιπέδων που αποτελούνται από κρυφούς κόμβους, προκειμένου να υπολογιστεί η έξοδος. Έχουν χρησιμοποιηθεί για παραγωγή

προβλέψεων αλλά και για τη βελτίωση παραμέτρων και άλλων στατιστικών μεθόδων.

#### 4.6.2.8 Μέθοδοι συνδυασμού (Combining Methods)

Οι μέθοδοι αυτοί όπως επιδεικνύει και το όνομά τους αποτελούν συνδυασμό δύο ή περισσότερων ποσοτικών μεθόδων πρόβλεψης, συνδυασμένων με ίσα ή άνισα βάρη. Οι μέθοδοι που θα εφαρμοστούν και θα συνδυαστούν επιλέγονται με γνώμονα τα χαρακτηριστικά της μεθόδου σε συνδυασμό με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της χρονοσειράς ενώ καθοριστικό στην επιλογή επιτελεί και ο ορίζοντας πρόβλεψης. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για την επιλογή των βαρών με τα οποία θα συμμετέχουν οι μέθοδοι στην τελική πρόβλεψη. Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων αυτών συνήθως αξιολογείται με βάση τις διακυμάνσεις του σφάλματος πρόβλεψης.

#### 4.6.2.9 Expert Methods

Αποτελούν τεχνικές επιλογής που βρίσκονται ενσωματωμένες στα πληροφοριακά συστήματα των προβλέψεων. Αρχικά διενεργούν ένα διαγωνισμό μεταξύ των υλοποιημένων ποσοτικών μεθόδων και επιλέγουν την καλύτερη ή ένα συνδυασμό των καλύτερων μεθόδων με κριτήριο την ελαχιστοποίηση ενός δείκτη σφάλματος στο μοντέλο πρόβλεψης τεχνικές αυτές είναι κατάλληλες για πρόβλεψη μεγάλου αριθμού χρονοσειρών όπου δεν είναι εφικτό να μελετηθεί ξεχωριστά η κάθε χρονοσειρά.

### 4.7 Σφάλματα

Προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη στατιστική μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να γίνει κάποια στατιστική ανάλυση της ακρίβειας της κάθε μεθόδου. Αυτή επιτυγχάνεται 'κρύβοντας' κάποιες από της διαθέσιμες παρατηρήσεις, εφαρμόζοντας τη μέθοδο ώστε να υπολογιστούν προβλέψεις για τις παρατηρήσεις αυτές και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα. Σαν μέτρο αυτής της σύγκρισης χρησιμοποιούνται τα σφάλματα, τα οποία είναι στατιστικοί δείκτες που ορίζονται με βάση τη διαφορά της πραγματικής τιμής και της τιμής πρόβλεψης που υπολογίζει κάθε μέθοδος. Με κριτήριο ποια μέθοδος παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα, είναι δηλαδή ακριβέστερη, επιλέγεται για την προέκτασή της στο χρονικό ορίζοντα της πρόβλεψης. Βέβαια το αποτέλεσμα στο οποίο θα καταλήξουμε είναι άμεση συνάρτηση του δείκτη σφάλματος που θα χρησιμοποιήσουμε. Ακόμα κι αν επιλεγεί η μέθοδος που εμφανίζει το μικρότερο δείκτη σφάλματος αυτό δεν εξασφαλίζει ότι και η πρόβλεψη που θα επιτευχθεί θα παρουσιάζει το ίδιο μικρό σφάλμα. Σε κάθε περίπτωση όμως οι δείκτες σφάλματος αποτελούν ένα κριτήριο του πόσο καλά προσαρμόζεται η μέθοδος στα δεδομένα και όσο καλύτερα μία μέθοδος προσαρμόζεται στη χρονοσειρά τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα η μέθοδος αυτή να δώσει ικανοποιητικές προβλέψεις. Συμβολίζοντας με  $Y_t$  την πραγματική

παρατήρηση, με  $F_t$  την πρόβλεψη για την ίδια περίοδο  $t$  και με  $n$  το πλήθος των παρατηρήσεων, οι κυριότεροι δείκτες σφάλματος είναι:

- **Σφάλμα.** Είναι η διαφορά μεταξύ πραγματικής τιμής και πρόβλεψης για μία περίοδο.

$$e_t = Y_t - F_t$$

- **Μέσο σφάλμα (Mean Error).** Είναι ο απλός προσημασμένος μέσος όρος των σφαλμάτων και εκφράζει ένα μέτρο συστηματικότητας του σφάλματος. Συχνά αναφέρεται και ως bias και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - F_i)$$

- **Μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error).** Εκφράζει ένα μέτρο της ακρίβειας της πρόβλεψης έναντι των πραγματικών τιμών διατηρώντας τις μονάδες μέτρησης της αρχικής χρονοσειράς και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - F_i|$$

- **Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean Squared Error).** Είναι κι αυτό ένα μέτρο ακρίβειας της πρόβλεψης το οποίο όμως δίνει μεγαλύτερο βάρος στα μεγάλα σφάλματα, καθώς εδώ τα σφάλματα τετραγωνίζονται, και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των βέλτιστων παραμέτρων εξομάλυνσης. Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - F_i)^2$$

- **Ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Squared Error).** Προκύπτει από τη τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος και παρουσιάζει τις ίδιες ιδιότητες με αυτό, είναι όμως εκφρασμένο στις μονάδες της χρονοσειράς. Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - F_i)^2}$$

- **Μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (Mean Absolute Percentage Error).** Χρησιμεύει όταν θέλουμε να υπολογίσουμε την ακρίβεια μιας μεθόδου που εφαρμόζεται σε πολλές χρονοσειρές που η κάθε μία έχει διαφορετικό επίπεδο μέσης τιμής και όταν οι διαθέσιμες πραγματικές τιμές είναι ιδιαίτερα υψηλές. Είναι εκφρασμένο επί τοις εκατό και λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες ή ίσες του μηδενός Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - F_i|}{|Y_i|} * 100\%$$

- **Συμμετρικό μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (Symmetric Mean Absolute Percentage Error).** Αποτελεί μια παραλλαγή του MAPE στην οποία το απόλυτο του σφάλματος δε διαιρείται απλώς με την πραγματική τιμή αλλά με το ημιάθροισμα της πραγματικής τιμής και της πρόβλεψης. Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$sMAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{2 * |Y_i - F_i|}{|Y_i + F_i|} * 100\%$$

- **Μέσο απόλυτο κανονικοποιημένο σφάλμα (Mean Absolute Scaled Error).** Προτάθηκε από τους Hyndman και Koehler(2006) για την αντιμετώπιση των περιπτώσεων απροσδιοριστίας των δεικτών MAPE και sMAPE αλλά και για να δοθεί η ίδια βαρύτητα στα μικρά και τα μεγάλα σφάλματα. Θυμίζει το μέσο απόλυτο σφάλμα είναι όμως κανονικοποιημένο με τη μέση τιμή των διαφορών πρώτου βαθμού της χρονοσειράς. Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$MASE = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - F_i|}{\frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n |Y_i - Y_{i-1}|}$$

Αξίζει να σημειωθεί πως συχνά, όταν προκύπτει ανάγκη σύγκρισης αποτελεσμάτων διαφορετικών χρονοσειρών, οι δείκτες ποσοστιαίων σφαλμάτων όπως οι MAPE και sMAPE, είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι.

#### 4.8 Επιλογή της κατάλληλης μεθόδου πρόβλεψης

Παραπάνω παρουσιάστηκαν οι δείκτες σφάλματος οι οποίοι αποτελούν μέτρο της ακρίβειας της εκάστοτε μεθόδου πρόβλεψης. Ωστόσο η επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί δεν πρέπει να στηρίζεται αποκλειστικά στην ακρίβειά της, αλλά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- **Πρόβλεψη ή κατανόηση.** Συχνά κρίνεται σκόπιμο αντί απλώς να παραχθούν προβλέψεις για ένα μέγεθος, να κατανοηθούν οι παράγοντες που το επηρεάζουν καθώς και τον τρόπο με τον οποίο εκδηλώνεται αυτή η επιρροή. Αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις όπου με τις αποφάσεις μας μπορούμε να αλλάξουμε κάποιους από τους παράγοντες επιρροής, αλλάζοντας έτσι την τιμή του μεγέθους προς την κατεύθυνση που επιθυμούμε. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται επεξηγηματικές μέθοδοι ενώ όταν μας ενδιαφέρει μόνο η πρόβλεψη της τιμής του μεγέθους χρησιμοποιούνται μέθοδοι χρονοσειρών.

- **Τα δεδομένα και τα χαρακτηριστικά τους.** Όπως προαναφέρθηκε τα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιλογή της μεθόδου πρόβλεψης και αυτό γιατί κάθε μέθοδος αποδίδει καλύτερα σε χρονοσειρές που εμφανίζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Η εποχιακότητα, λόγω της κανονικότητας που παρουσιάζει περιγράφεται ικανοποιητικά από όλα σχεδόν τα γνωστά μοντέλα προβλέψεων, όμως καλύτερα περιγράφεται από αυτό της κλασσικής αποσύνθεσης. Επειδή, λοιπόν, η εποχιακότητα δεν επηρεάζει τόσο την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, εξετάζουμε κυρίως την τυχαιότητα και την τάση-κύκλο. Όταν η τυχαιότητα είναι πιο έντονη από την τάση και τον κύκλο επιλέγουμε απλές μεθόδους όπως η απλή εκθετική εξομάλυνση ενώ όταν η τάση και ο κύκλος υπερισχύουν προτιμώνται τα μοντέλα ARIMA. Στην περίπτωση τώρα που η τάση υπερισχύει του κύκλου, επιλέγεται το μοντέλο γραμμικής τάσης (Holt) ενώ, στην αντίθετη περίπτωση συνήθως αποδίδει καλύτερα το μοντέλο της εκθετικής εξομάλυνσης σταθερού επιπέδου, όπου η τάση περιορίζεται ως μέρος της τυχαιότητας.
- **Ο τύπος των δεδομένων από την άποψη της περιοδικότητας των παρατηρήσεων.** Επηρεάζει τα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς και κατ' επέκταση την επιλογή της μεθόδου, καθώς όσο πιο μεγάλη είναι η σταθερή περίοδος που μεσολαβεί μεταξύ των παρατηρήσεων τόσο μικρότερη είναι η τυχαιότητα. Επομένως όταν πρόκειται για ετήσια δεδομένα εξετάζουμε κυρίως την τάση τους, ενώ όταν πρόκειται για ημερήσια δεδομένα η τυχαιότητα υπερισχύει της τάσης. Τα τριμηνιαία δεδομένα, τέλος, συνήθως παρουσιάζουν και τάση και τυχαιότητα καθώς και κύκλο και εποχιακότητα.

Τέλος στη επιλογή της κατάλληλης μεθόδου πρόβλεψης βασικό ρόλο παίζουν ο **χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης** και το **κόστος της εφαρμογής** της κάθε μεθόδου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Δεδομένα- πειραματική διαδικασία

### 5.1 Εισαγωγή

Οι μέθοδοι χρονοσειρών χρησιμοποιούνται ευρέως για την ανάλυση και την πρόβλεψη στατιστικών οικονομικών δεδομένων. Έχουν παρουσιάσει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε δεδομένα που αφορούν οικονομικούς δείκτες όπως το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, σε κεφάλαια, τιμές μετοχών, δείκτες χρηματιστηρίου, ισοτιμίες, τιμές πετρελαίου. Επίσης, ARIMA models χρησιμοποιούνται ευρέως για την πρόβλεψη βιομηχανικής παραγωγής. Στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν εφαρμοστεί σε πρακτικές, εξειδικευμένες διαδικασίες με πολύ καλά αποτελέσματα ομολογουμένως. Για παράδειγμα έχουν εφαρμοσθεί για την πρόβλεψη παραγωγής φωτοβολταϊκών, πρόβλεψη αιολικής ενέργειας για κάποια ανεμογεννήτρια (ARMA MODELS, Artificial Neural Networks) για πρόβλεψη φορτίου. Επιπλέον, τα μοντέλα πρόβλεψης τα τελευταία χρόνια έχουν σημαντική εφαρμογή στην πρόβλεψη ζήτησης ενέργειας.

Από την άλλη μεριά, για την πρόβλεψη παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές συνήθως χρησιμοποιούνται πολύπλοκα κοινωνικοοικονομικά μοντέλα τα οποία σε λίγες μόνο περιπτώσεις έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ο λόγος όμως που προτιμούνται είναι γιατί όπως έχει αποδειχθεί η παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας είναι άμεση συνάρτηση ενός πλήθους παραγόντων, όπως είναι ο πληθυσμός, το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν, η τιμή του πετρελαίου, η ισοτιμία και πολλοί άλλοι. Παρατηρούμε λοιπόν ότι οι μέθοδοι χρονοσειρών εφαρμόζονται με επιτυχία σε πολλούς από τους δείκτες που όπως έχει αποδειχθεί επηρεάζουν την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Σκοπός αυτής της διπλωματικής είναι να διερευνήσει πως αποδίδουν οι μέθοδοι χρονοσειρών όταν εφαρμόζονται απευθείας σε δεδομένα που αφορούν παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας προκειμένου να παράγουν προβλέψεις. Προς αυτή την κατεύθυνση πραγματοποιήθηκαν 2 πειράματα τα οποία περιγράφονται στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου.

### 5.2 Πείραμα πρόβλεψης ετήσιας παραγωγής ΑΠΕ ανά χώρα και ενέργεια

Σκοπός του πειράματος αυτού είναι να διερευνήσει πόσο καλά αποδίδουν οι μέθοδοι χρονοσειρών σε ενεργειακά δεδομένα. Προς αυτή την κατεύθυνση, εφαρμόστηκαν κατάλληλες μέθοδοι χρονοσειρών σε ετήσια δεδομένα παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές για τις χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης.

Πιο συγκεκριμένα συγκεντρώθηκαν ετήσια δεδομένα από το 1990 μέχρι και το 2010, που αφορούν στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ανά πηγή ενέργειας και ανά χώρα της ευρωπαϊκής ένωσης, μετρημένα σε γιγαβατώρες (Gwh).

Με τον όρο πρωτογενής παραγωγή (primary production) εννοείται κάθε εξαγωγή ενεργειακών προϊόντων σε χρησιμοποιήσιμη μορφή από φυσικές πηγές ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που εξετάστηκαν είναι οι ακόλουθες:

- Υδροηλεκτρική
- Αιολική
- Γεωθερμική
- Βιομάζα
- Ηλιοθερμική
- Φωτοβολταϊκά

Οι μορφές αυτές ενέργειας έχουν παρουσιαστεί και αναλυθεί στο πρώτο κεφάλαιο. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ενέργεια που προέρχεται από την παλίρροια δεν έχει συμπεριληφθεί σε αυτή την ανάλυση λόγω ιδιαίτερα μικρού όγκου δεδομένων .

Οι χώρες που συμπεριλήφθηκαν είναι όλες οι χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης των 27 με εξαίρεση τη Μάλτα η οποία μέχρι και το 2010 δεν είχε καθόλου παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ.

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από την eurostat η οποία είναι η επίσημη στατιστική υπηρεσία της ευρωπαϊκής επιτροπής και διατηρεί μια ελεύθερα προσβάσιμη βάση δεδομένων στην επίσημη ιστοσελίδα της. Πιο συγκεκριμένα τα δεδομένα που αφορούν στην πρωτογενή παραγωγή του συνόλου των ΑΠΕ, της ηλιοθερμικής ενέργειας, της γεωθερμικής και της βιομάζας επιλέχθηκαν από το αρχείο 'nrg\_1071a' και επειδή παρουσιαζόντουσαν σε χιλιάδες τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (tonnes of oil equivalent, toe) μετατράπηκαν σε γιγαβατώρες (Gigawatt hours) .Αντίστοιχα, τα δεδομένα που αφορούν στην πρωτογενή παραγωγή υδροηλεκτρικής, αιολικής και φωτοβολταϊκής ενέργειας συλλέχθηκαν από το αρχείο 'nrg\_1072a' της ευρωπαϊκής στατιστικής υπηρεσίας και δεν χρειάστηκαν μετατροπή αφού ήταν ήδη εκφρασμένα σε γιγαβατώρες.

Συγκεντρωτικά τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στους πίνακες του παραρτήματος. Ενώ εδώ παρουσιάζονται κάποιοι βασικοί στατιστικοί δείκτες περιγραφής των διαθέσιμων χρονοσειρών, ανά χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Φυσικά, οι χρονοσειρές που αποτελούνται από μηδενικά στοιχεία, επειδή κάποια χώρα δεν έχει παραγωγή από κάποια συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή, εξαιρέθηκαν από το πείραμα, όπως επίσης και οι χρονοσειρές των οποίων τα δεδομένα ξεκινούσαν από το έτος 2004 και μετά καθώς σε αυτές τις περιπτώσεις τα δεδομένα κρίθηκαν ανεπαρκή για την παραγωγή αξιόπιστων προβλέψεων. Έτσι, στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι στατιστικοί δείκτες των χρονοσειρών που συμπεριλήφθησαν στο πείραμα.

Οι στατιστικοί δείκτες που υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται για να περιγράψουν την κάθε χρονοσειρά είναι οι παρακάτω:

- Μέση τιμή (Mean)
- Διάμεσος (Median)
- Εύρος (Range)
- Διακύμανση ή διασπορά (Variance)
- Τυπική απόκλιση (Standard Deviation)
- Κλίση (Slope)

AUSTRIA	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	75758,93	75478,70	41984,30	151642854,79	12314,34	1875,83
Solar thermal	780,32	721,06	1732,87	208402,54	456,51	71,41
Biomass	37208,80	33959,60	30842,76	88593424,72	9412,41	1412,41
Geothermal	226,51	302,38	360,53	23299,61	152,64	22,96
Hydro	36916,29	36762,00	10393,00	8509304,31	2917,07	248,29
Wind	614,43	256,00	2064,00	714530,46	845,30	118,02
Solar PV	14,05	7,00	89,00	462,95	21,52	2,70

Πίνακας 5. 1 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Αυστρία

BELGIUM	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	8637,21	6210,42	19352,32	27892046,72	5281,29	710,00
Solar thermal	32,67	11,63	127,93	1401,52	37,44	4,58
Biomass	7989,26	5675,44	17398,48	22881118,65	4783,42	646,79
Geothermal	35,44	34,89	23,26	47,02	6,86	0,77
Hydro	331,38	338,00	231,00	4148,75	64,41	3,71
Wind	211,38	16,00	1285,00	129445,75	359,79	44,51
Solar PV	37,00	6,00	560,00	15706,50	125,33	9,72

Πίνακας 5. 2 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Βέλγιο

BULGARIA	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	8620,60	8094,48	13688,51	15959663,68	3994,95	617,01
Biomass	5632,80	6361,61	9269,11	9337667,49	3055,76	476,62
Hydro	2820,48	2754,00	3589,00	802351,06	895,74	103,11

Πίνακας 5. 3 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Βουλγαρία

Cyprus	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	479,60	511,72	837,36	69399,03	263,44	39,29
Solar Thermal	364,41	412,87	709,43	54147,85	232,70	34,86
Biomass	111,32	104,67	139,56	1400,88	37,43	3,46

Πίνακας 5. 4 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Κύπρος



CZECH REPUBLIC	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	18884,35	16386,67	25178,95	45576691,24	6751,05	1030,55
Biomass	16914,45	14700,32	22434,27	38256568,49	6185,19	942,38
Hydro	1866,43	1969,00	1700,00	235561,76	485,35	63,12
Wind	51,38	49,00	335,00	10917,05	104,48	11,99

Πίνακας 5. 5 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Δημοκρατία της Τσεχίας

DENMARK	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	22430,39	20538,58	23760,09	58965371,79	7678,89	1211,68
Solar thermal	91,38	93,04	162,82	1816,31	42,62	6,69
Biomass	18368,20	16142,44	16316,89	25882212,27	5087,46	793,94
Geothermal	60,92	34,89	139,56	2595,64	50,95	6,83
Hydro	26,00	27,00	14,00	19,00	4,36	-0,25
Wind	3882,95	4241,00	7199,00	6622623,25	2573,45	404,66
Solar PV	1,29	2,00	6,00	2,51	1,59	0,22

Πίνακας 5. 6 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Δανία

ESTONIA	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	6327,27	6605,84	9315,63	6981413,07	2642,24	398,02
Biomass	6275,77	6594,21	9001,62	6644082,36	2577,61	387,14
Hydro	10,33	6,00	32,00	111,93	10,58	1,55
Wind	40,05	76,00	277,00	5791,85	76,10	9,10

Πίνακας 5. 7 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Εσθονία

FINLAND	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	84182,93	87283,15	47322,50	240696656,92	15514,40	2395,04
Biomass	71000,04	74001,69	45926,87	229022594,95	15133,49	2333,33
Hydro	13083,86	12925,00	7521,00	3083921,43	1756,11	47,11
Wind	90,24	70,00	294,00	9526,19	97,60	14,61
Solar PV	2,00	2,00	5,00	1,80	1,34	0,20

Πίνακας 5. 8 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Φινλανδία

FRANCE	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	195288,20	192220,60	66081,70	254742867,14	15960,67	737,61
Solar thermal	283,55	232,60	500,09	20308,50	142,51	15,27
Biomass	128082,30	122208,00	54347,00	182597636,74	13512,87	764,44
Geothermal	1365,14	1453,75	581,50	35078,55	187,29	-15,30
Hydro	63427,00	62100,00	27071,00	50770977,80	7125,38	-379,46
Wind	1538,86	198,50	9969,00	8368464,13	2892,83	346,39
Solar PV	41,00	7,00	564,00	15732,10	125,43	10,15

Πίνακας 5. 9 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Γαλλία

GERMANY	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	153197,00	105763,20	321802,12	11194329793,62	105803,26	15590,39
Solar thermal	1813,17	1279,30	5070,68	2584446,98	1607,62	248,37
Biomass	113543,70	71908,29	255894,92	7226149787,54	85006,76	12316,52
Geothermal	1706,29	1430,49	6070,86	2460433,15	1568,58	211,65
Hydro	19707,29	19930,00	8233,00	4493076,81	2119,69	155,30
Wind	14967,33	9352,00	40503,00	232502235,43	15248,02	2325,33
Solar PV	1458,57	60,00	11682,00	8556336,76	2925,12	332,49

Πίνακας 5. 10 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Γερμανία

GREECE	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	16838,58	16200,59	10234,40	7757095,29	2785,16	424,92
Solar thermal	1220,04	1151,37	1477,01	190413,38	436,36	62,95
Biomass	10937,74	10606,56	2791,20	449859,30	670,72	62,47
Geothermal	80,86	34,89	302,38	7445,57	86,29	10,54
Hydro	3793,67	3693,00	5691,00	2042534,43	1429,17	149,45
Wind	796,10	451,00	2712,00	844053,99	918,72	136,93

Πίνακας 5. 11 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών- Ελλάδα

HUNGARY	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	12091,88	10094,84	13165,16	16947623,87	4116,75	540,99
Solar thermal	15,51	23,26	58,15	396,75	19,92	2,85
Biomass	10812,02	8896,95	12420,84	15353123,43	3918,31	517,40
Geothermal	1019,01	1000,18	151,19	2129,97	46,15	4,61
Hydro	187,62	186,00	73,00	439,05	20,95	1,87
Wind	59,29	26,50	534,00	18851,71	137,30	14,38

Πίνακας 5. 12 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ουγγαρία

IRELAND	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	3369,38	2721,42	5547,51	3269810,44	1808,26	258,25
Biomass	1866,34	1639,83	2663,27	649309,12	805,80	119,18
Hydro	756,86	724,00	373,00	14591,63	120,80	-1,95
Wind	734,38	334,00	2955,00	993189,45	996,59	139,02

Πίνακας 5. 13 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ιρλανδία

ITALY	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	114893,32	109333,60	115683,57	853144968,20	29208,65	4364,75
Solar thermal	300,16	127,93	1500,27	148182,31	384,94	47,76
Biomass	24185,97	17177,51	62848,52	289153045,85	17004,50	2429,67
Geothermal	47183,46	47589,96	24015,95	77061543,16	8778,47	1354,86
Hydro	41307,29	41623,00	19490,00	23820004,91	4880,57	158,45
Wind	1768,67	563,00	9124,00	6203645,33	2490,71	339,01
Solar PV	147,90	18,00	1902,00	183770,89	428,69	35,14

Πίνακας 5. 14 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ιταλία

LATVIA	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	17981,09	18270,73	13002,34	15350601,86	3917,98	594,31
Biomass	14930,70	15514,42	13013,97	15220223,87	3901,31	599,85
Hydro	3030,00	2937,00	2636,00	369387,40	607,77	-8,84
Wind	20,29	46,00	59,00	586,91	24,23	3,43

Πίνακας 5. 15 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Λετονία

LITHUANIA	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	8179,2 1	7931,66	10152,99	9771122,70	3125,88	499,24
Biomass	7742,2 6	7594,39	9652,90	9187516,22	3031,09	485,09
Geothermal	18,28	34,89	104,67	778,69	27,91	2,76
Hydro	387,43	397,00	244,00	3470,96	58,91	4,25

Πίνακας 5. 16 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Λιθουανία

LUXEMBOURG	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	559,35	441,94	860,62	71563,14	267,51	38,91
Biomass	429,76	325,64	732,69	48847,71	221,02	31,27
Hydro	95,24	94,00	72,00	413,79	20,34	2,30
Wind	25,00	33,00	64,00	614,30	24,79	3,79
Solar PV	6,24	20,00	21,00	85,59	9,25	1,24

Πίνακας 5. 17 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Λουξεμβούργο

NETHERLANDS	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	17236,21	15665,61	25132,43	61433284,65	7837,94	1219,4 7
Solar thermal	133,47	127,93	255,86	7244,62	85,12	13,59
Biomass	15546,54	14560,76	20771,18	39571460,71	6290,59	982,48
Hydro	100,24	100,00	70,00	238,99	15,46	0,22
Wind	1432,10	825,00	4525,00	2225885,59	1491,94	218,60
Solar PV	17,52	13,00	60,00	350,66	18,73	2,82

Πίνακας 5. 18 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ολλανδία

POLAND	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	46776,41	45659,38	63883,59	238386978,9 0	15439,79	2183,0 1
Biomass	44468,69	44170,74	60545,78	217525955,5 4	14748,76	2071,0 9
Geothermal	55,93	116,30	162,82	4093,13	63,98	9,53
Hydro	2015,14	2082,00	1503,00	143330,13	378,59	49,42
Wind	230,86	92,50	1664,00	195298,13	441,93	51,88

Πίνακας 5. 19 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Πολωνία

PORTUGAL	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	44379,53	43589,24	30075,18	50535095,19	7108,80	964,44
Solar thermal	245,34	209,34	546,61	15052,80	122,69	15,84
Biomass	31423,15	31052,10	8989,99	7475350,01	2734,11	414,53
Geothermal	881,66	814,10	2209,70	519678,91	720,89	106,15
Hydro	10205,86	9869,00	11501,00	10934072,73	3306,67	77,71
Wind	1603,33	168,00	9181,00	7501884,33	2738,96	345,02
Solar PV	21,95	1,00	210,00	3104,45	55,72	5,24

Πίνακας 5. 20 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών- Πορτογαλία

ROMANIA	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	44894,57	46985,20	47613,22	218552493,58	14783,52	2115,29
Biomass	28916,61	32796,60	38925,61	163000477,15	12767,16	1851,93
Geothermal	108,55	209,34	290,75	12637,50	112,42	16,93
Hydro	15854,24	15966,00	8796,00	6217877,69	2493,57	242,41

Πίνακας 5. 21 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ρουμανία

SLOVAKIA	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	7701,28	6338,35	13200,05	12865915,21	3586,91	533,36
Biomass	3626,90	2000,36	10048,32	9270538,84	3044,76	417,35
Geothermal	48,18	104,67	116,30	2709,00	52,05	7,25
Hydro	4023,76	4355,00	3860,00	1130023,69	1063,03	108,24
Wind	2,24	6,00	8,00	9,59	3,10	0,42

Πίνακας 5. 22 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Σλοβακία

SLOVENIA	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	7850,80	8303,82	6396,50	3765369,18	1940,46	279,98
Biomass	4247,17	5012,53	4524,07	2425976,13	1557,55	227,74
Hydro	3579,86	3461,00	1763,00	222069,93	471,24	45,72

Πίνακας 5. 23 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Σλοβενία

SPAIN	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	91812,20	81247,18	111287,46	787651023,0 2	28065,12	3977,6 1
Solar thermal	764,81	465,20	5442,84	1455200,65	1206,32	133,91
Biomass	49746,49	46601,41	31866,20	91793022,66	9580,87	1370,4 8
Geothermal	72,55	58,15	139,56	1648,85	40,61	5,27
Hydro	28957,90	27233,00	24406,00	53561451,29	7318,57	206,94
Wind	11512,71	4727,00	44151,00	200721547,7 1	14167,62	2075,2 4
Solar PV	756,10	18,00	6407,00	3574674,79	1890,68	185,21

Πίνακας 5. 24 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Ισπανία

SWEDEN	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	157985,80	155365,20	74594,80	370276737,1 5	19242,58	2679,3 7
Solar thermal	63,69	58,15	81,41	617,03	24,84	3,32
Biomass	89595,31	87504,12	70884,84	317326806,7 3	17813,67	2709,1 6
Hydro	67575,33	68102,00	27320,00	55660852,33	7460,62	-159,40
Wind	747,76	457,00	3496,00	843986,79	918,69	126,28
Solar PV	2,05	2,00	9,00	4,95	2,22	0,29

Πίνακας 5. 25 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-Σουηδία

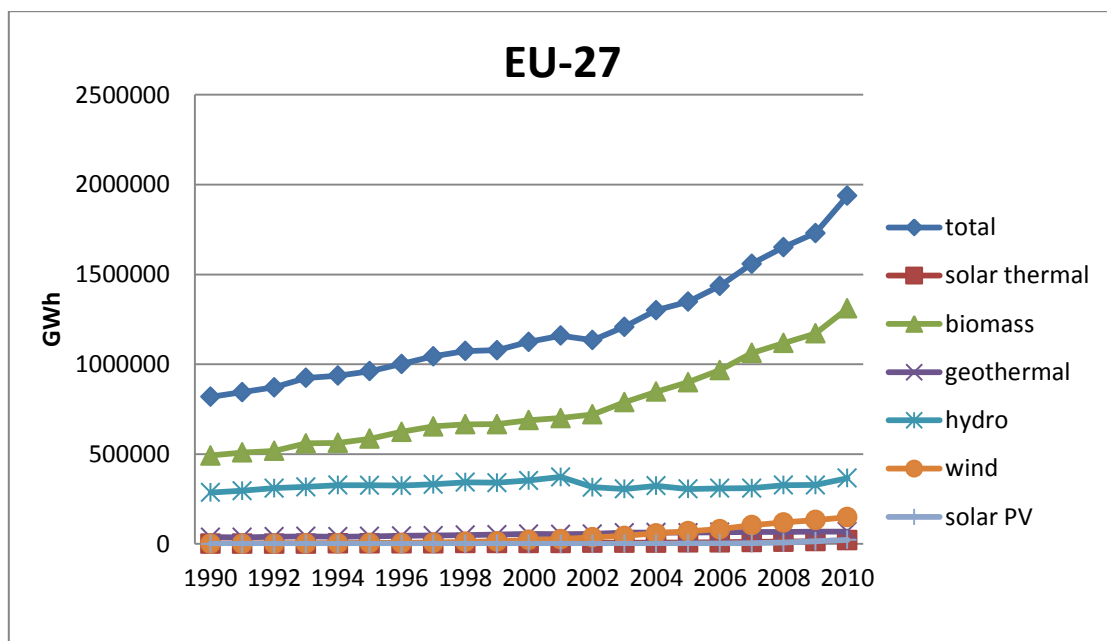
UK	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	30926,94	26330,32	50148,56	234292825,9 6	15306,63	2357,0 4
Solar thermal	280,23	127,93	907,14	67546,01	259,90	34,32
Biomass	23610,01	20154,79	40495,66	148593553,6 7	12189,90	1915,1 1
Geothermal	11,63	11,63	0,00	0,00	0,00	0,00
Hydro	4673,81	4843,00	2204,00	419764,56	647,89	-10,95
Wind	2346,10	947,00	10174,00	9521583,19	3085,71	417,67
Solar PV	5,57	6,00	33,00	77,36	8,80	1,15

Πίνακας 5. 26 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών- Ηνωμένο Βασίλειο

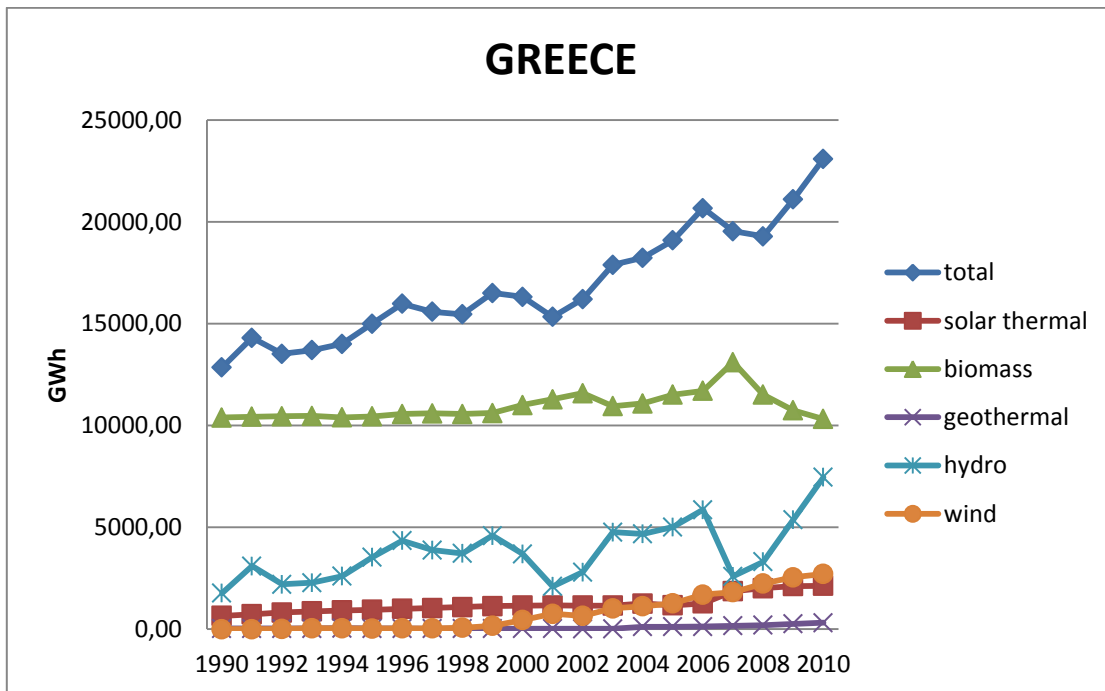
EU-27	Mean	Median	Range	Variance	St.Deviation	Slope
Total	1197274,7 2	1124039,5 0	1119585,2 1	96791682312 ,89	311113,62	47637, 82
Solar thermal	6441,91	4884,60	18910,38	23828396,14	4881,43	706,47
Biomass	767207,84	688868,16	818763,63	56232685855 ,13	237134,32	36282, 31
Geothermal	53006,22	53300,29	31645,23	124321449,2 0	11149,95	1773,7 9
Hydro	324733,29	324194,00	86321,00	464998863,7 1	21563,83	1108,3 2
Wind	42775,57	22253,00	148285,00	2340189170, 06	48375,50	7171,5 4
Solar PV	2558,62	118,00	22354,00	31896404,95	5647,69	599,15

Πίνακας 5. 27 Στατιστικά στοιχεία Χρονοσειρών-ΕΕ

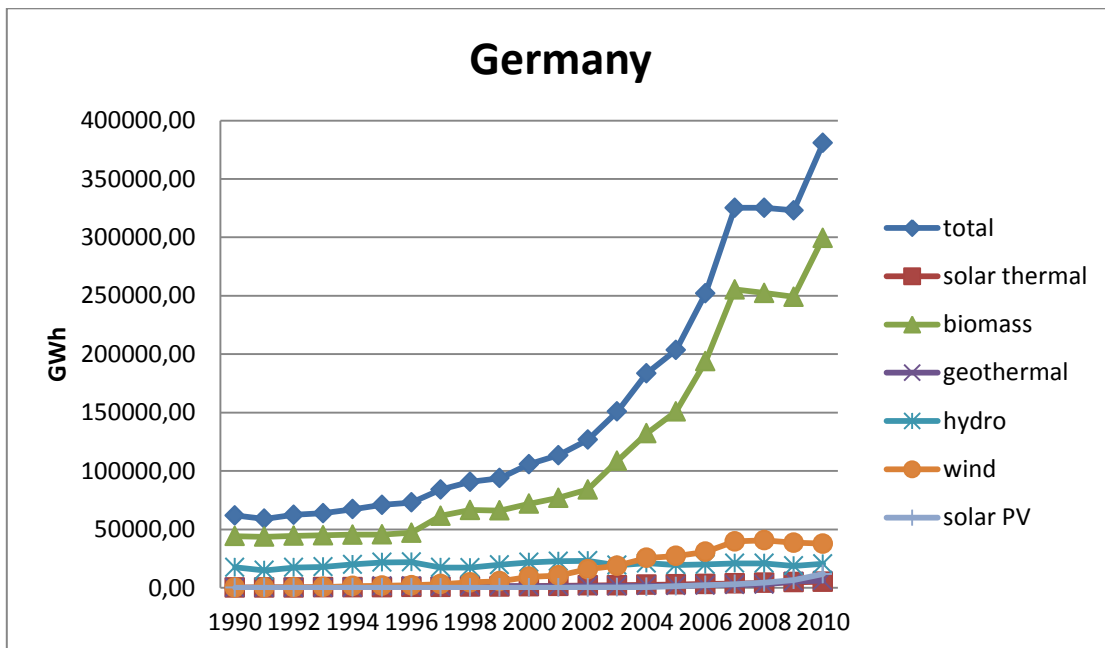
Ενδεικτικά παρατίθενται ακολούθως ορισμένα γραφήματα των χρονοσειρών που περιγράφουν την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας για όλη την ΕΕ, για την Ελλάδα και για τη Γερμανία. Επιλέξαμε τις συγκεκριμένες χρονοσειρές ώστε πέρα από την Ε.Ε. που μας δίνει μια γενική εικόνα, να καλύψουμε και την περίπτωση μιας χώρας με πολύ μεγάλη παραγωγή από ΑΠΕ (Γερμανία) αλλά και αυτή μιας ταχέως αναπτυσσόμενης χώρα στο θέμα των ΑΠΕ (Ελλάδα).



Γράφημα 6. 1 Δεδομένα ΕΕ



Γράφημα 6. 2 Δεδομένα Ελλάδα



Γράφημα 6. 3 Δεδομένα Γερμανία



### 5.2.1 Κύριο μέρος του πειράματος

Η ουσία του πειράματος αυτού έγκειται στην υλοποίηση και εφαρμογή των βασικών μοντέλων χρονοσειρών στις διαθέσιμες 147 χρονοσειρές που προέκυψαν τελικά. Οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν είναι η απλή εκθετική εξομάλυνση (SES, Simple Exponential Smoothing), η εκθετική εξομάλυνση γραμμικής τάσης (HOLT Exponential Smoothing), η εκθετική εξομάλυνση φθίνουσας γραμμικής τάσης (DAMPED Exponential Smoothing), η απλή γραμμική παλινδρόμηση (LRL, Linear Regression), η naïve καθώς και η μέθοδος theta. Η επιλογή των μεθόδων έγινε αξιολογώντας τα χαρακτηριστικά των δεδομένων, τα οποία επειδή είναι ετήσια και εκφράζουν παραγωγή ενέργειας δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη τυχαιότητα ενώ η τάση υπερισχύει σαφώς των λοιπών χαρακτηριστικών των χρονοσειρών. Επιπλέον, τα δεδομένα δεν παρουσιάζουν εποχιακότητα οπότε δεν επιλέχθηκε η αποσύνθεση ως μέθοδος πρόβλεψης αλλά ούτε ως προκαταρκτικό στάδιο για κάποια άλλη μέθοδο. Η υλοποίηση ακόμη πιο σύνθετων και πολύπλοκων μοντέλων δεν κρίθηκε αναγκαία καθώς είναι χρονοβόρα και έχει μάλλον αμφίβολα αποτελέσματα.

Κατασκευάστηκε, λοιπόν, ένα πρόγραμμα το οποίο λειτουργούσε επαναληπτικά για κάθε μία από τις διαθέσιμες χρονοσειρές, το οποίο υλοποιούσε τις μεθόδους που προαναφέρθηκαν, με συγκεκριμένες παραμετροποιήσεις που θα αναλυθούν στη συνέχεια, προκειμένου να αξιολογηθεί η ακρίβεια της καθεμιάς με τη χρήση κάποιων στατιστικών δεικτών σφάλματος. Επειδή οι διαθέσιμες χρονοσειρές δεν είχαν το ίδιο μέγεθος, καθώς η παραγωγή ενέργειας από κάποια ανανεώσιμη πηγή για κάποια χώρα ξεκινούσε μετά το 1990, το πρόγραμμα προσαρμοζόταν ώστε η εφαρμογή των μεθόδων να ξεκινά από το έτος από το οποίο είχαμε την πρώτη παρατήρηση. Το πρόγραμμα αρχικά 'έκρυβε' τις τέσσερις τελευταίες διαθέσιμες παρατηρήσεις, υλοποιούσε στη συνέχεια την κάθε μέθοδο κάνοντας πρόβλεψη για τις παρατηρήσεις αυτές και τέλος συνέκρινε τις προβλεφθείσες τιμές, με τις πραγματικές μέσω του συμμετρικού μέσου απόλυτου ποσοστιαίου σφάλματος (SMAPE), του μέσου απόλυτου ποσοστιαίου σφάλματος (MAPE) και της ρίζας του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE). Οι πραγματικές τιμές που αποκρύφτηκαν, οι τιμές που προβλέφθηκαν από την κάθε μέθοδο καθώς και τα σφάλματα τις κάθε μεθόδου καταγράφηκαν σε ένα συγκεντρωτικό πίνακα, από επεξεργασία του οποίου προέκυψαν τα αποτελέσματα του πειράματος.

Η επεξεργασία των δεδομένων και όλες οι διεργασίες πραγματοποιήθηκαν στο πρόγραμμα Microsoft Excel 2010® και ο κώδικας του πειράματος υλοποιήθηκε σε Excel/VBA, Visual Basic for Applications.

Οι μέθοδοι πρόβλεψης που εφαρμόστηκαν στα δεδομένα και έχουν ήδη περιγραφεί στο δεύτερο κεφάλαιο παραμετροποιήθηκαν για τις ανάγκες του πειράματος, ως ακολούθως:

➤ **Απλή εκθετική εξομάλυνση**

Στο μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης ως αρχικό επίπεδο επιλέχθηκε η πρώτη διαθέσιμη παρατήρηση αφού κρίθηκε η πιο κατάλληλη από τις διαθέσιμες επιλογές ως πιο αντιπροσωπευτικό των δεδομένων.

Επιπλέον, η εύρεση της βέλτιστης παραμέτρου εξομάλυνσης πραγματοποιείται μέσω της γραμμικής αναζήτησης της παραμέτρου εκείνης που ελαχιστοποιεί το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE) του συνόλου των παρατηρήσεων, έχοντας θέσει την ακρίβεια της αναζήτησης στο εκατοστό. Με δεδομένο ότι η παράμετρος μπορεί να λάβει τιμές στο διάστημα  $[0,1]$  η διαδικασία ολοκληρώνεται μετά από 101 επαναλήψεις. Σε κάθε επανάληψη, υπολογίζεται η στατιστική ακρίβεια του μοντέλου για την τρέχουσα παράμετρο εξομάλυνσης μέσω του δείκτη MSE και γίνεται ορισμός της βέλτιστης παραμέτρου όταν υπολογιστεί ελάχιστη ποσότητα MSE. Γι αυτή τη βέλτιστη παράμετρο εξομάλυνσης γίνεται η πρόβλεψη και καταγράφεται στο συγκεντρωτικό πίνακα.

➤ **HOLT Exponential Smoothing**

Στο μοντέλο της εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης ως αρχικό επίπεδο επιλέχθηκε η πρώτη παρατήρηση όπως στην περίπτωση της απλής εκθετικής εξομάλυνσης ενώ ως αρχική τάση επιλέχθηκε η διαφορά της δεύτερης με την πρώτη παρατήρηση γιατί λόγω της μεγάλης τάσης που παρουσιάζει η πλειοψηφία των χρονοσειρών εξαιτίας την μεγάλης ανάπτυξης των ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή ένωση την τελευταία εικοσαετία, αν επιλέγαμε ως αρχικό επίπεδο το μέσο όρο των παρατηρήσεων το αρχικό επίπεδο έβγαινε πολύ υψηλό δημιουργώντας εξαρχής μια προκατάληψη στο μοντέλο η οποία θα οδηγούσε σε μεγαλύτερα σφάλματα.

Άλλωστε, ο πείραμα πραγματοποιήθηκε διερευνητικά παίρνοντας ως αρχικό επίπεδο και αρχική τάση τους συντελεστές από τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων οι οποίοι εμφανίζουν πολύ καλά αποτελέσματα και προτείνονται από τη βιβλιογραφία, αλλά στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν είχαν τόσο καλά αποτελέσματα λόγω της φύσης των δεδομένων.

Για την εύρεση του βέλτιστου συνδυασμού παραμέτρων εξομάλυνσης επιλέχθηκε και σε αυτή τη μέθοδο η γραμμική αναζήτηση του συνδυασμού παραμέτρων που ελαχιστοποιεί το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE) έχοντας θέσει την ακρίβεια της αναζήτησης στο εκατοστό. Δεδομένου ότι οι παράμετροι λαμβάνουν τιμές στο διάστημα  $[0,1]$  η διαδικασία ολοκληρώνεται μετά από 10201 επαναλήψεις. Σε κάθε επανάληψη υπολογίζεται η στατιστική ακρίβεια του μοντέλου για τον τρέχοντα συνδυασμό παραμέτρων και ορίζονται οι βέλτιστες παράμετροι που ελαχιστοποιούν το MSE. Για τις παραμέτρους αυτές πραγματοποιείται η πρόβλεψη και υπολογίζονται οι δείκτες σφάλματος.

➤ **DAMPED Exponential Smoothing**

Στο μοντέλο της φθίνουσας τάσης ως αρχικό επίπεδο λήφθηκε και εδώ η πρώτη παρατήρηση ενώ ως αρχική τάση επιλέχθηκε η διαφορά της δεύτερης με την πρώτη παρατήρηση για τους ίδιους λόγους.

Στη μέθοδο αυτή εμφανίζεται και η παράμετρος εξομάλυνσης  $\phi$  η οποία λαμβάνει τιμές στο διάστημα  $[0,1]$ . Στην περίπτωση που η παράμετρος  $\phi$  είναι ίση με μηδέν προκύπτει το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης ενώ στην περίπτωση που η παράμετρος αυτή ισούται με ένα προκύπτει το μοντέλο της γραμμικής τάσης. Για την εύρεση των βέλτιστων παραμέτρων εξομάλυνσης ακολουθείται η ίδια διαδικασία ελαχιστοποίησης του μέσου τετραγωνικού σφάλματος με τη διαφορά ότι λόγω του πολύ μεγάλου υπολογιστικού χρόνου που απαιτούνταν αν κρατούσαμε την ακρίβεια στο εκατοστό, επιλέξαμε να μειώσουμε το βήμα στο 0,02 με αποτέλεσμα η διαδικασία να ολοκληρώνεται μετά από 132651 επαναλήψεις.

➤ **Linear Regression Model**

Στο μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης ως ανεξάρτητη μεταβλητή επιλέχθηκε ο χρόνος όπως συνηθίζεται ενώ το θεωρητικό μοντέλο διατηρήθηκε.

➤ **Naive**

Στη μέθοδο αυτή το θεωρητικό μοντέλο ακολουθήθηκε ως έχει.

➤ **Theta Model**

Στη μέθοδο Theta ακολουθήθηκε το κλασσικό μοντέλο της μεθόδου όπου η κάθε χρονοσειρά αποσυντέθηκε σε δύο γραμμές Theta , μία για  $\theta=0$  όπου έχουμε την ευθεία της απλής γραμμικής παλινδρόμησης και μία για  $\theta=2$  όπου έχουμε διπλασιασμό των τοπικών καμπυλοτήτων της χρονοσειράς. Η γραμμή Theta με παράμετρο  $\theta=0$  προεκτάθηκε μέσω της γραμμικής παλινδρόμησης και η γραμμή Theta με παράμετρο  $\theta=2$  προεκτάθηκε μέσω της απλής εκθετικής εξομάλυνσης. Οι παραγόμενες προβλέψεις των δύο γραμμών συνδυάστηκαν με ίσα βάρη ώστε να προκύψουν οι τελικές προβλέψεις και να εξεταστεί η ακρίβειά τους μέσω των επιλεγμένων δεικτών σφάλματος.

Στη συνέχεια του πειράματος, έχοντας πλέον στη διάθεσή μας όλα τα επιλεγμένα σφάλματα για όλες τις χώρες , για όλες τις μεθόδους και όλες τις εξεταζόμενες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των σφαλμάτων της κάθε μεθόδου για τη συνολική παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, αλλά και ο μέσος όρος των σφαλμάτων της κάθε μεθόδου για το άθροισμα των επιμέρους ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στη συνέχεια για κάθε ανανεώσιμη πηγή υπολογίστηκε ο μέσος όρος των σφαλμάτων όλων των χωρών για κάθε μέθοδο. Τέλος, διαλέγοντας την ακριβέστερη για κάθε περίπτωση μέθοδο συγκρίναμε την πρόβλεψη για τη συνολική παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ με το άθροισμα των προβλέψεων για την κάθε πηγή ξεχωριστά ώστε να εκτιμήσουμε ποια προσέγγιση αποδίδει καλύτερα, η bottom up ή η top down.

### 5.3 Πείραμα πρόβλεψης στόχου για το 2020

Είναι γνωστό ότι κάθε μοντέλο πρόβλεψης βασίζεται στην προσαρμογή ενός μοντέλου σε ένα σύνολο διαθέσιμων δεδομένων και η παραγόμενη πρόβλεψη είναι ακριβέστερη όσο καλύτερη είναι η προσαρμογή του μοντέλου στα υπάρχοντα δεδομένα. Σκοπός, λοιπόν, του πειράματος αυτού είναι σε πρώτη φάση η αναγνώριση του βασικού μοντέλου πρόβλεψης που προσαρμόζεται καλύτερα στην χρονοσειρά που εξετάζεται. Οι χρονοσειρές του πειράματος αυτού αφορούν στο ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης που καλύπτεται από τις ΑΠΕ για κάθε χώρα της ευρωπαϊκής ένωσης των 27, από το 1990 έως το 2010. Η διερεύνηση αυτή γίνεται υπό την υπόθεση ότι η φύση του μοντέλου που προσαρμόζεται καλύτερα στη χρονοσειρά μιας χώρας αποτελεί μια ένδειξη της πολιτικής που αυτή η χώρα ακολουθεί σε σχέση με τις ΑΠΕ.

Προκειμένου να προκύψουν τα ποσοστά που εκφράζουν τη διείσδυση των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση της κάθε χώρας από το 1990 έως το 2010, συγκεντρώθηκαν δεδομένα από τη βάση δεδομένων της Eurostat που αφορούν στην συνολική κατανάλωση ενέργειας προερχόμενης από ανανεώσιμες πηγές για κάθε χώρα τα οποία διαιρέσαμε με δεδομένα που αφορούν στην συνολική κατανάλωση ενέργειας της κάθε χώρας. Το πηλίκιο της διαίρεσης πολλαπλασιάστηκε επί εκατό ώστε να προκύψει το ζητούμενο ποσοστό.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στον αριθμητή ήταν εκφρασμένα σε τόνους ισοδύναμου πετρελαίου και συλλέχθηκαν από το αρχείο 'nrg\_1071a'

σε τόνους ισοδύναμου πετρελαίου και συλλέχθηκαν από το αρχείο 'nrg\_1071a' της ευρωπαϊκής στατιστικής υπηρεσίας (Eurostat), ενώ τα δεδομένα του παρονομαστή, εκφρασμένα και αυτά σε τόνους ισοδύναμου πετρελαίου συλλέχθηκαν από το αρχείο 'nrg\_100a' της ευρωπαϊκής στατιστικής υπηρεσίας (Eurostat).

Τα ποσοστά που προέκυψαν από την επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

country	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Austria	26,00	25,14	27,02	27,98	27,55	27,56	25,36	26,05	25,51	28,35
belgium	1,53	1,47	1,45	1,25	1,20	1,54	1,44	1,43	1,54	1,64
bulgaria	2,05	2,84	3,09	2,95	2,71	3,60	4,23	4,63	6,73	7,50
cyprus	0,55	0,47	0,38	0,39	1,01	3,08	2,97	2,90	3,00	2,92
czech rep	2,65	2,42	4,11	4,35	5,01	4,49	4,47	4,84	5,30	6,00
denmark	8,03	8,29	8,80	8,87	8,79	8,94	9,05	9,97	10,45	11,03
estonia	3,25	3,49	6,29	7,04	10,39	13,05	20,19	20,59	19,00	21,42
finland	25,39	25,14	25,53	26,78	26,06	28,04	27,41	29,08	30,18	29,98
france	11,24	11,91	12,31	11,89	12,22	11,92	11,53	10,97	10,55	10,85
germany	2,33	2,24	2,44	2,48	2,66	2,76	2,73	3,20	3,47	3,65
greece	7,57	8,25	7,75	7,84	7,85	8,20	8,17	7,75	7,31	7,83
hungary	3,75	4,24	4,89	5,03	5,06	5,37	5,12	5,25	5,21	5,17
ireland	2,30	2,26	2,21	2,13	2,23	1,96	2,04	2,10	2,48	2,24
italy	6,01	6,78	7,15	7,16	7,52	6,74	7,22	7,42	7,53	7,85
latvia	16,27	16,86	19,16	24,74	29,00	32,90	32,02	35,23	39,34	37,20
lithuania	3,31	3,09	4,89	9,35	10,12	10,72	11,89	12,01	13,54	15,47
luxembou	0,55	0,57	0,99	0,95	0,99	1,12	0,93	1,06	1,17	1,05
netherlan	1,77	1,67	1,75	1,76	1,77	1,84	1,87	2,15	2,27	2,34
poland	2,64	2,25	2,53	6,19	6,27	6,25	5,83	5,95	6,49	6,39
portugal	27,77	26,79	22,46	24,91	25,55	24,16	26,10	24,87	23,25	19,92
romania	3,58	5,54	6,63	8,97	8,86	10,38	12,91	16,85	17,65	19,47
slovakia	2,15	2,07	2,36	4,28	5,14	4,66	4,01	3,94	4,09	4,32
slovenia	14,00	15,64	16,58	14,34	14,45	13,36	12,98	11,67	12,84	12,56
spain	10,90	10,31	8,44	9,34	9,54	8,65	10,70	9,75	9,44	8,10
sweden	37,15	35,06	36,74	37,41	33,55	36,76	33,05	38,46	39,46	38,10
uk	0,76	0,72	0,98	0,95	1,24	1,29	1,18	1,32	1,40	1,41
eu-27	6,57	6,75	7,14	7,55	7,68	7,74	7,73	8,13	8,30	8,34

Πίνακας 5. 28 Ποσοστά Διείσδυσης ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση Μέρος Πρώτο

country	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Austria	27,77	26,56	25,63	22,69	23,89	25,18	26,80	29,11	30,45	33,71	32,47
belgium	1,71	1,86	1,97	2,27	2,56	3,16	3,78	4,39	4,86	6,50	7,01
bulgaria	8,98	7,99	9,45	10,01	10,49	11,19	11,10	9,58	9,85	12,64	16,15
cyprus	2,82	2,66	2,82	2,83	2,92	2,97	3,03	3,78	4,72	5,04	5,26
czech rep	5,43	5,88	6,42	5,93	6,63	6,87	7,32	8,28	8,65	9,94	10,85
denmark	12,40	13,08	14,35	16,11	17,50	18,46	18,54	20,49	20,94	22,34	25,16
estonia	21,17	20,38	20,91	21,00	21,33	20,54	18,51	19,48	21,15	25,89	29,16
finland	31,46	29,99	30,36	30,16	32,80	31,71	32,37	32,28	34,95	33,20	34,22
france	10,28	10,36	9,58	9,67	9,73	9,59	9,77	10,56	11,79	12,39	13,20
germany	4,15	4,38	4,97	5,62	6,57	7,29	8,51	12,08	11,91	12,95	14,98
greece	7,56	6,88	7,14	7,49	7,71	7,88	8,31	7,88	8,06	9,11	11,34
hungary	5,16	5,14	5,18	5,14	5,43	6,54	6,88	8,07	9,30	11,19	11,94
ireland	2,20	2,10	2,33	2,04	2,38	2,91	3,18	3,59	4,36	5,62	5,57
italy	8,11	8,24	7,95	8,19	9,10	8,63	9,42	9,28	10,63	13,23	14,45
latvia	36,59	36,43	34,94	34,67	37,17	36,71	34,08	32,29	33,16	38,74	36,78
lithuania	17,90	18,61	18,80	18,80	19,11	19,12	18,95	18,67	20,12	22,93	22,42
luxembou	1,11	1,09	1,02	1,05	1,15	1,62	1,74	2,92	3,01	2,98	3,09
netherlan	2,47	2,58	2,86	2,75	3,23	4,12	4,49	4,85	5,66	6,27	5,49
poland	6,84	7,27	7,61	7,41	7,46	7,71	7,73	7,82	8,94	10,24	10,98
portugal	21,18	22,32	19,29	23,09	20,13	18,33	22,51	23,64	23,50	26,29	30,17
romania	17,78	14,76	16,14	16,49	18,47	19,79	19,10	19,55	21,53	23,69	25,94
slovakia	4,62	7,00	6,67	6,01	6,91	7,30	7,73	9,13	8,98	11,88	11,96
slovenia	17,78	16,95	15,68	15,24	17,09	15,89	15,53	15,04	16,23	20,98	21,53
spain	8,71	9,78	8,30	10,26	9,39	8,57	9,53	10,12	11,06	13,90	16,63
sweden	42,30	41,44	38,45	36,49	38,82	44,19	43,42	45,97	48,10	50,23	50,55
uk	1,48	1,51	1,72	1,82	2,15	2,60	2,83	3,13	3,69	4,56	4,75
eu-27	8,65	8,73	8,64	8,87	9,41	9,74	10,35	11,51	12,25	13,73	14,93

Πίνακας 5. 29 Ποσοστά Διείσδυσης ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση Μέρος Δεύτερο

### 5.3.1 Κύριο μέρος του πειράματος

Σε αυτό το πείραμα υλοποιήθηκαν οι βασικές μέθοδοι πρόβλεψης όπως προηγουμένως, αυτή τη φορά όμως στο σύνολο των δεδομένων, προκειμένου να εξεταστεί η προσαρμογή της κάθε μεθόδου στο σύνολο των διαθέσιμων δεδομένων. Οι παραμετροποιήσεις που εφαρμόστηκαν σε κάθε μέθοδο, κυρίως για την εύρεση των βέλτιστων συντελεστών στις μεθόδους εξομάλυνσης διατηρήθηκαν και σε αυτό το πείραμα. Επιπλέον, προκειμένου να αξιολογηθεί η απόδοση της κάθε μεθόδου εκτός από το συμμετρικό μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα, το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα και τη ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος, χρησιμοποιήθηκε και ένας επιπλέον δείκτης σφάλματος, αυτός του μέσου απόλυτου σφάλματος. Πρέπει να τονιστεί ότι οι δείκτες σφάλματος σε αυτό το πείραμα συγκρίνουν τις τιμές που προκύπτουν από το εκάστοτε μοντέλο πρόβλεψης για όλη τη χρονοσειρά με τα πραγματικά δεδομένα της χρονοσειράς. Σε αυτή τη φάση άλλωστε τα μοντέλα δεν χρησιμοποιούνται για πρόβλεψη. Από αυτή τη διαδικασία προέκυψε ένας πίνακας στον οποίο παρουσιάζεται η αρχική χρονοσειρά, οι χρονοσειρές που προέκυψαν από την εφαρμογή της κάθε μεθόδου

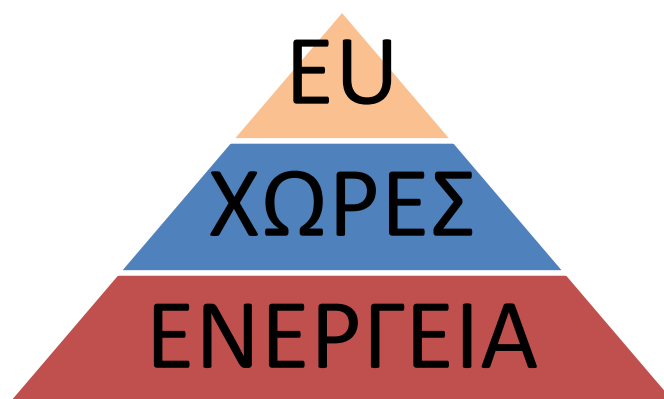
καθώς και οι στατιστικοί δείκτες σφάλματος για κάθε μέθοδο. Ένα πολύ βασικό στοιχείο του πειράματος είναι ότι το πρόγραμμα έβρισκε τη βέλτιστη μέθοδο εξομάλυνσης και αυτή εφαρμόζε στα δεδομένα της χρονοσειράς, ενώ στο συγκεντρωτικό πίνακα δίπλα από την προκύπτουσα χρονοσειρά της μεθόδου παρουσιάζονται και οι βέλτιστοι συντελεστές της βέλτιστης μεθόδου που εφαρμόστηκε τελικά.

Στη συνέχεια του πειράματος έπρεπε να αξιολογηθεί με βάση τους τέσσερις στατιστικούς δείκτες ποια μέθοδος προσαρμόζεται καλύτερα σε κάθε χρονοσειρά. Επειδή στην πλειοψηφία των περιπτώσεων για διαφορετικό δείκτη πλεονεκτούσε και διαφορετική μέθοδος ακολουθήθηκε ένας αλγόριθμος προκειμένου να γίνει μια αντικειμενική επιλογή της καλύτερης μεθόδου. Σύμφωνα με τον αλγόριθμο αυτό για κάθε μία από τις 27 χρονοσειρές (26 για τις χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης πλην της Μάλτας η οποία δεν είχε ΑΠΕ μέχρι και το 2010 και μία για το σύνολο της ευρωπαϊκής ένωσης των 27), για κάθε έναν από τους τέσσερις δείκτες σφάλματος υπολογιζόταν ποια μέθοδος ήρθε πρώτη, ποια δεύτερη, τρίτη, τέταρτη, πέμπτη και έκτη. Προφανώς η κατάταξη των μεθόδων έγινε με κριτήριο ποια μέθοδος είχε το μικρότερο σφάλμα, ποια το δεύτερο μικρότερο και ούτω το καθεξής. Έτσι για κάθε δείκτη η κάθε μέθοδος είχε βάρος, ένα αν είχε έρθει πρώτη, δύο αν είχε έρθει δεύτερη κλπ. Όταν η διαδικασία ολοκληρώθηκε και για τους τέσσερις δείκτες αθροίστηκαν τα βάρη της κάθε μεθόδου και επιλέχθηκε αυτή που είχε συγκεντρώσει το μικρότερο. Στην περίπτωση που δύο μέθοδοι ισοψήφησαν κρατήσαμε και τις δύο. Αξίζει να σημειωθεί ότι πριν εφαρμόσουμε αυτή τη διαδικασία κάναμε μια κριτική επιλογή καλύτερης μεθόδου, επιλέγοντας εκείνη που είχε φανεί καλύτερη (πρώτη) στους περισσότερους από τους 4 δείκτες. Τα αποτελέσματα από τις δύο μεθόδους είχαν ελάχιστες αποκλίσεις αλλά κρατήσαμε τα αποτελέσματα της δεύτερης μεθόδου η οποία είναι πιο συστηματική και αντικειμενική.

Τέλος, σε κάθε μία από τις 27 χρονοσειρές εφαρμόσαμε την καλύτερη (ή τις καλύτερες) μέθοδο(-ους) προκειμένου να παράγουμε πρόβλεψη με χρονικό ορίζοντα 10 ετών, για το 2020, ώστε να αποφανθούμε αν η κάθε χώρα και η ευρωπαϊκή ένωση συνολικά θα πιάσει τους στόχους που έχει θέσει για το ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας που θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές το 2020.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Αποτελέσματα πειράματος πρόβλεψης ετήσιας παραγωγής ΑΠΕ ανά χώρα και ανά ενέργεια.

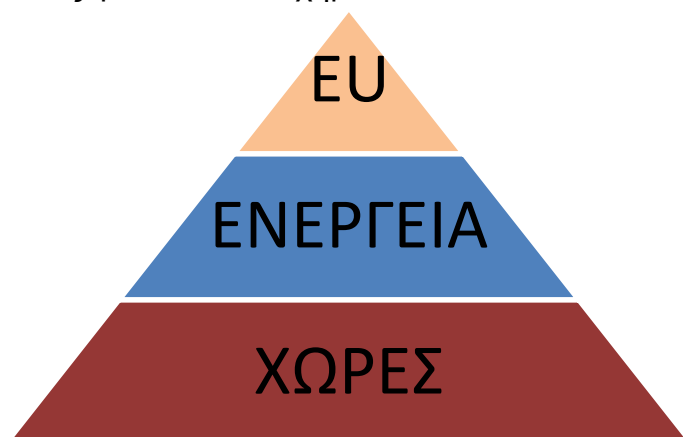
Έχοντας πλέον στη διάθεσή μας τα αποτελέσματα του πειράματος και στοχεύοντας στη διερεύνηση και αξιολόγηση της συμπεριφοράς των μοντέλων χρονοσειρών όταν αυτά εφαρμόζονται σε ενεργειακά δεδομένα, προχωρήσαμε στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Ένας από τους κύριους στόχους του πειράματος ήταν να διερευνηθεί ποια προσέγγιση από τις BOTTOM UP (BU) και TOP DOWN (TD) αποδίδει καλύτερα στα ενεργειακά δεδομένα. Στην top down προσέγγιση αναπτύσσεται ένα μοντέλο πρόβλεψης για να προβλέψει για το σύνολο και διανέμεται στη συνέχεια στα μεμονωμένα στοιχεία αυτού του συνόλου. Στην bottom up στρατηγική από την άλλη εφαρμόζεται το μοντέλο πρόβλεψης και παράγει προβλέψεις για τα δομικά στοιχεία του συνόλου οι οποίες αθροίζονται προκειμένου να παραχθεί πρόβλεψη για το σύνολο [22]. Στη δική μας περίπτωση, τα δεδομένα διαμορφώνουν δύο πυραμίδες. Στην πρώτη, στην κορυφή βρίσκεται η ευρωπαϊκή ένωση των 27 χωρών η οποία χωρίζεται ανά χώρα και στη συνέχεια ανά ενέργεια



όπως φαίνεται στο σχήμα.

Σχήμα 6. 1

Στη δεύτερη περίπτωση, πάλι στην κορυφή βρίσκεται η ευρωπαϊκή ένωση των 27 στη συνέχεια όμως η ευρωπαϊκή ένωση εξετάζεται ανά ενέργεια και τέλος ανά χώρα όπως φαίνεται στο σχήμα.



Σχήμα 6. 2



Έτσι λοιπόν η επεξεργασία των δεδομένων μας είχε τα ακόλουθα στάδια. Στην πρώτη περίπτωση όπου οι εξετάζονται όλες η ΑΠΕ για κάθε χώρα (πρώτη πυραμίδα), υπολογίσαμε το άθροισμα των προβλέψεων των 6 ΑΠΕ ( ηλιοθερμική , βιομάζα , γεωθερμική , υδροηλεκτρική , αιολική και φωτοβολταϊκή ) για κάθε μοντέλο και υπολογίσαμε τους δείκτες σφάλματος RMSE, MAPE και SMAPE συγκρίνοντας το άθροισμα της πρόβλεψης για τις τέσσερις περιόδους με τις πραγματικές τιμές της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας της χώρας που ήταν διαθέσιμες για τις περιόδους αυτές. Τα σφάλματα αυτά για κάθε μέθοδο συγκεντρώθηκαν σε πίνακα μαζί με τα αντίστοιχα σφάλματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των μοντέλων στη χρονοσειρά της συνολικής παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ για την υπό εξέταση χώρα. Συγκρίνοντας, λοιπόν, τα πρώτα με τα δεύτερα σφάλματα μπορεί κανείς να εξαγάγει συμπεράσματα σχετικά με το αν η bottom up ή η top down προσέγγιση αποδίδει καλύτερα. Επιπλέον, στον πίνακα της χώρας προστέθηκαν και οι μέσοι όροι των σφαλμάτων των 6 χρονοσειρών των ΑΠΕ (τα σφάλματα των μεθόδων που εφαρμόστηκαν στη χρονοσειρά της συνολικής παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ για τη χώρα δεν συμπεριλήφθηκαν στον υπολογισμό του μέσου όρου) για λόγους πληρότητας της διερεύνησής μας.

Έτσι, για κάθε χώρα της ευρωπαϊκής ένωσης των 27 (εκτός της Μάλτας) κατασκευάστηκε ο πίνακας που περιγράψαμε. Στο πεδίο AVERAGE εμφανίζονται οι μέσοι όροι που αναφέραμε, στο πεδίο BOTTOM UP εμφανίζονται τα σφάλματα που προέκυψαν από σύγκριση του αθροίσματος των προβλέψεων των ενεργειών των ΑΠΕ με τις πραγματικές τιμές της χρονοσειράς της συνολικής παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ και στο πεδίο TOTAL είναι τα σφάλματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των μεθόδων στη χρονοσειρά αυτή του συνόλου των ΑΠΕ. Στη συνέχεια με σχετική διαδικασία κατασκευάστηκαν οι πίνακες που μας βοήθησαν να εξετάσουμε τις προσεγγίσεις για τη δεύτερη πυραμίδα. Έτσι πλέον για κάθε ανανεώσιμη πηγή ενέργειας κατασκευάστηκε ένας πίνακας ο οποίος στο πεδίο AVERAGE παρουσιάζει το μέσο όρο των σφαλμάτων που είχε η εφαρμογή των μεθόδων στις χρονοσειρές της συγκεκριμένης ενέργειας για όλες τις χώρες, για παράδειγμα η τιμή που αντιστοιχεί στο κελί του πίνακα, (rmse, ses) έχει προκύψει από το μέσο όρο των δεικτών rmse της μεθόδου ses όλων των χωρών της ευρωπαϊκής ένωσης. Στο πεδίο BOTTOM UP εμφανίζονται τα σφάλματα που προέκυψαν όταν συγκρίναμε τα πραγματικά δεδομένα των 4 περιόδων της ενέργειας που εξετάζει ο πίνακας για τη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης (EU-27) με το άθροισμα των προβλέψεων για τη συγκεκριμένη ενέργεια, όλων των χωρών. Τέλος, στο πεδίο TOTAL εμφανίζονται τα σφάλματα από την εφαρμογή των μεθόδων στη χρονοσειρά που αφορά στην ευρωπαϊκή ένωση (EU-27) και στη συγκεκριμένη πηγή ενέργειας.

## 6.1 Ανάλυση ανά χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

### ΑΥΣΤΡΙΑ:

	AUSTRIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	2526,78	2164,6	<b>1892,52</b>	2440,67	2132,76	2166,65
	MAPE	17,8	22,1	<b>19,87</b>	17,6	20,34	15,4
	SMAPE	21,9	24,12	<b>21,05</b>	21,65	23,93	18,44
BOTTOM UP	RMSE	14746,21	14317,94	11625,1	14286,06	<b>10406,85</b>	12496,25
	MAPE	14,80	14,49	11,83	14,31	<b>10,57</b>	12,61
	SMAPE	16,04	15,66	12,59	15,47	<b>11,18</b>	13,49
TOTAL	RMSE	14270,15	14702,77	12136,8	14275,32	<b>10817,39</b>	12339,42
	MAPE	14,29	14,97	12,28	14,29	<b>10,99</b>	12,43
	SMAPE	15,45	16,21	13,11	15,45	<b>11,65</b>	13,29

Πίνακας 6. 1 Αποτελέσματα-Αυστρία

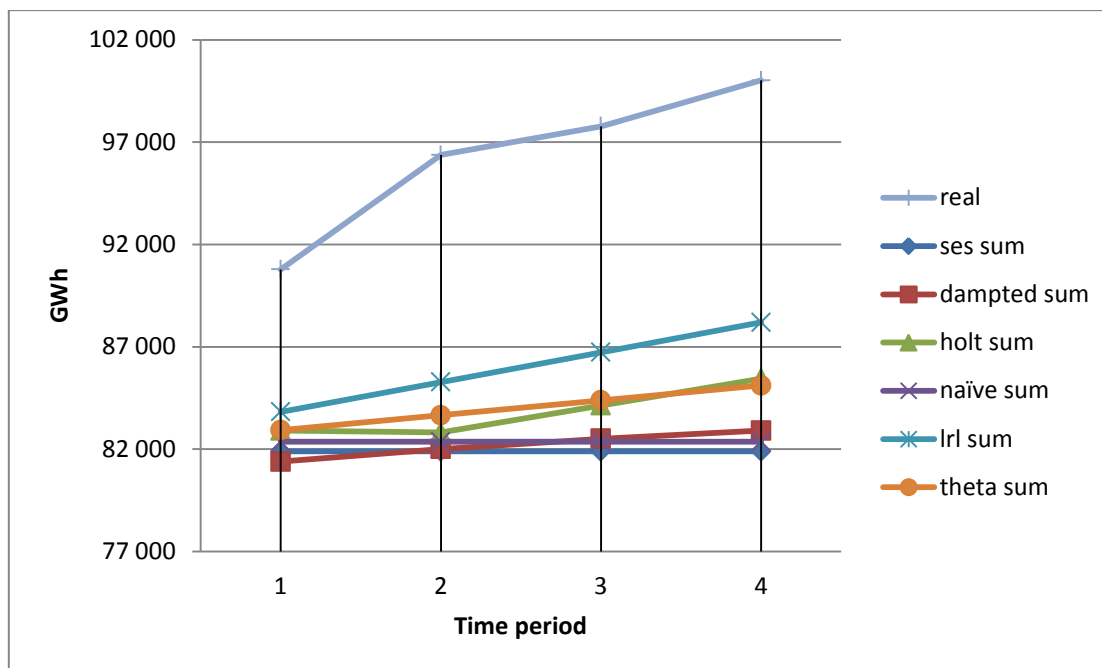
AVERAGE: Το μικρότερο rmse προκύπτει για τη μέθοδο holt, το μικρότερο mape για τη μέθοδο holt αλλά και το μικρότερο smape εμφανίζεται για τη μέθοδο holt.

BOTTOM UP: Αντίστοιχα, οι μικρότεροι δείκτες σφάλματος rmse, mape και smape εμφανίζονται για το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

TOTAL: Ομοίως και στην εφαρμογή των μεθόδων στη χρονοσειρά της συνολικής ενέργειας από ΑΠΕ καλύτερα απέδωσε το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Από τη σύγκριση του πεδίου bottom up και total προκύπτει ότι για την Αυστρία, η bottom up προσέγγιση αποδίδει καλύτερα για τις μεθόδους damped, holt και lrl καθώς τα σφάλματα στη μελέτη του πεδίου bottom up είναι λίγο μικρότερα από αυτά του πεδίου total, ενώ το αντίθετο συμβαίνει για τις μεθόδους ses, naïve και theta. Παρόλα αυτά αν πρέπει να επιλεγεί μία από τις δύο προσεγγίσεις θα επιλέγαμε τη bottom up αφού για αυτή η lrl η οποία είναι η καλύτερη μέθοδος και για τις δύο προσεγγίσεις έχει μικρότερα σφάλματα.

Το παρακάτω γράφημα παρουσιάζει τις χρονοσειρές που προέκυψαν στην bottom up:



Γράφημα 6. 4 Αυστρία

## ΒΕΛΓΙΟ

	<b>BELGIUM</b>	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	1372,77	1002,78	<b>985,32</b>	1368,51	1488,97	1295,26
	MAPE	43,65	<b>34,53</b>	35,1	44,11	48,57	42,82
	SMAPE	66,81	52,45	<b>50,81</b>	66,69	75,08	65,19
BOTTOM UP	RMSE	8416,81	7944,18	<b>6547,53</b>	8105,76	8809,10	7900,30
	MAPE	39,15	37,32	<b>30,42</b>	37,13	43,07	36,57
	SMAPE	50,32	47,15	<b>36,75</b>	47,28	55,95	46,19
TOTAL	RMSE	8174,23	5955,5	<b>5816,56</b>	8111,04	8813,64	7663,81
	MAPE	37,58	26,77	<b>26,16</b>	37,16	43,09	35,03
	SMAPE	47,95	31,8	<b>30,93</b>	47,33	55,99	43,94

Πίνακας 6. 2 Αποτελέσματα-Βέλγιο

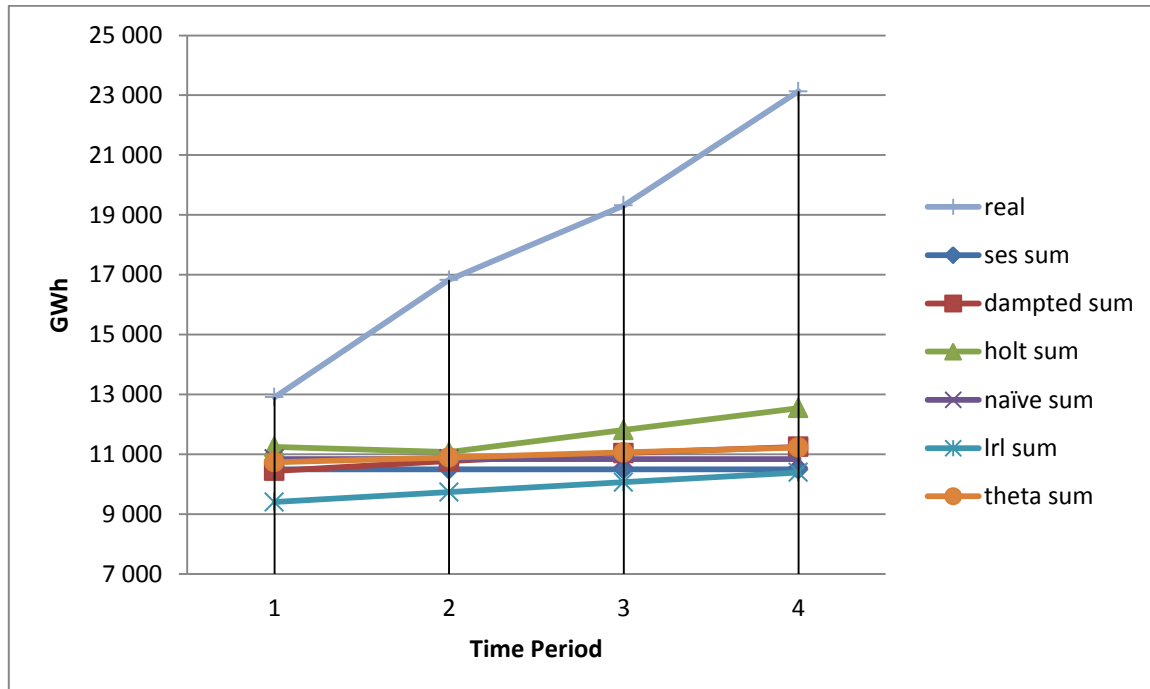
AVERAGE: Στην περίπτωση του Βελγίου με κριτήριο τους δείκτες rmse και smape αποδίδει καλύτερα η μέθοδος holt ενώ με κριτήριο το δείκτη mape αποδίδει καλύτερα η μέθοδος damped.

BOTTOM UP: Αξιολογώντας και τους τρεις διαθέσιμους δείκτες σφάλματος στη bottom up μέθοδο αποδίδει καλύτερα η μέθοδος holt.

TOTAL: Ομοίως και στην εξέταση της χρονοσειράς της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας αποδίδει καλύτερα η μέθοδος holt.

Από τη σύγκριση των πεδίων bottom up και total προκύπτει ότι η top down προσέγγιση για την περίπτωση του Βελγίου δίνει καλύτερα αποτελέσματα καθώς το πεδίο total εμφανίζει μικρότερα σφάλματα για την πλειοψηφία των μεθόδων (ses, damped, HOLT, theta).

Ακολουθεί το γράφημα της bottom up



Γράφημα 6. 5 Βέλγιο

## ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ

	<b>BULGARIA</b>	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	<b>1009,30</b>	1068,63	1199,30	1108,49	1108,77	1073,94
	MAPE	<b>16,99</b>	22,57	26,13	21,45	18,74	23,12
	SMAPE	<b>16,34</b>	19,70	21,39	19,07	17,42	19,93
BOTTOM UP	RMSE	2314,33	2032,97	2470,43	2281,56	<b>1853,66</b>	2033,91
	MAPE	<b>12,37</b>	13,15	18,36	13,06	13,96	14,39
	SMAPE	<b>12,90</b>	13,11	16,51	13,32	13,46	14,01
TOTAL	RMSE	2293,11	2903,72	3007,46	2295,27	<b>1936,86</b>	2219,30
	MAPE	14,89	20,83	21,83	14,98	<b>14,82</b>	16,82
	SMAPE	14,75	18,27	19,10	14,82	<b>14,01</b>	15,85

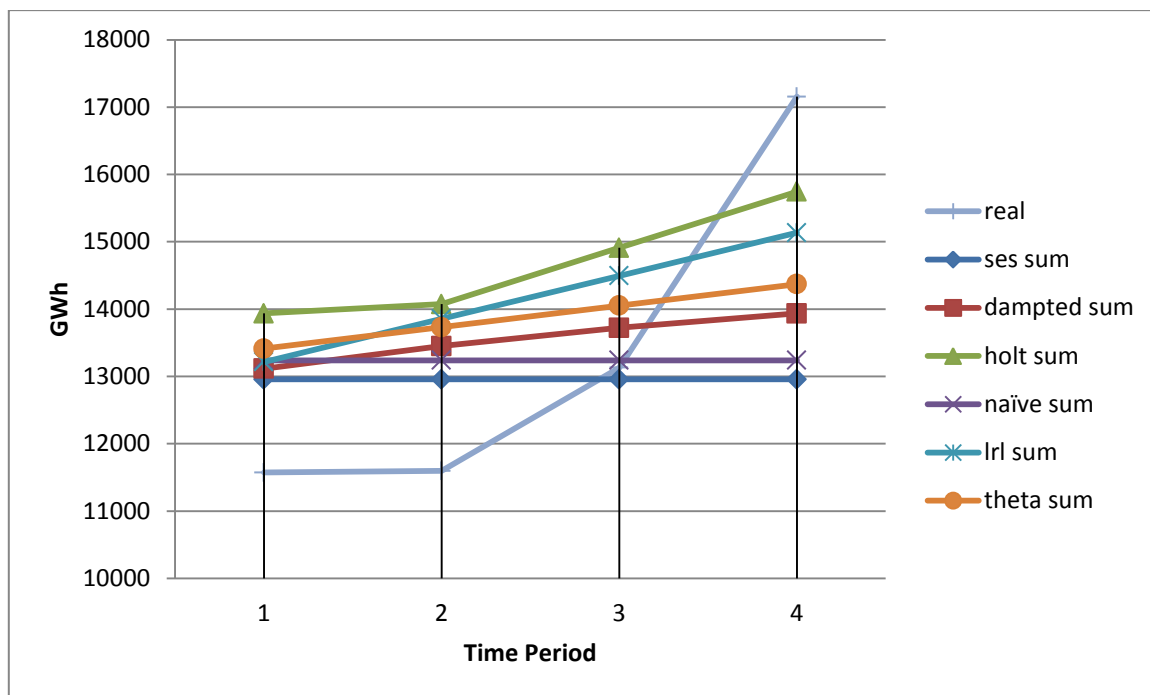
Πίνακας 6. 3 Αποτελέσματα-Βουλγαρία

AVERAGE: Στην περίπτωση της Βουλγαρίας και για τους τρεις δείκτες rmse ,

mape και smape η μέθοδος που αποδίδει καλύτερα στους μέσους όρους είναι η ses.

BOTTOM UP:Εδώ με βάση τον δείκτη rmse αποδίδει καλύτερα η απλή γραμμική παλινδρόμηση ενώ με βάση τους δείκτες mape και smape αποδίδει καλύτερα η ses. TOTAL:Σε ό,τι αφορά τη χρονοσειρά της συνολικής παραγωγής και οι τρεις δείκτες σφάλματος συμφωνούν ότι το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Από τη σύγκριση των δύο πεδίων ακόμα και αν δύο από τους τρεις δείκτες υποδεικνύουν άλλη μέθοδο ως καλύτερη για τις δύο περιπτώσεις, αν συγκρίνουμε τα σφάλματα ένα προς ένα προκύπτει ότι η bottom up προσέγγιση αποδίδει καλύτερα για την Βουλγαρία, για όλες τις μεθόδους πρόβλεψης.



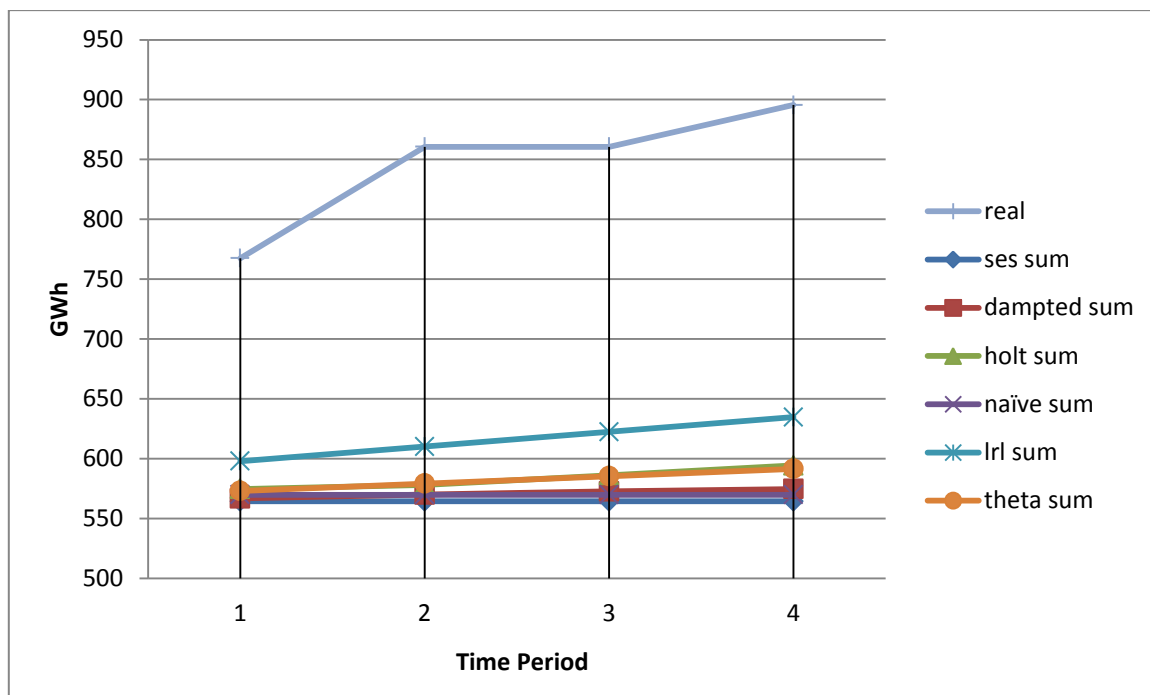
Γράφημα 6. 6 Βουλγαρία

## ΚΥΠΡΟΣ

	CYPRUS	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	131,90	120,80	116,96	132,34	<b>109,56</b>	124,27
	MAPE	40,11	38,80	38,26	40,46	<b>26,83</b>	38,89
	SMAPE	52,82	51,30	50,64	53,50	<b>31,49</b>	51,11
BOTTOM UP	RMSE	285,70	278,67	258,80	280,27	<b>232,53</b>	266,98
	MAPE	33,08	32,30	30,06	32,42	<b>27,00</b>	30,99
	SMAPE	39,76	38,64	35,45	38,83	<b>31,28</b>	36,76
TOTAL	RMSE	269,04	261,94	232,30	268,81	<b>78,06</b>	221,82
	MAPE	31,07	30,24	27,01	31,04	<b>8,85</b>	25,85
	SMAPE	36,92	35,75	31,29	36,88	<b>9,29</b>	29,73

Πίνακας 6. 4 Αποτελέσματα-Κύπρος

Στην περίπτωση της Κύπρου και στα τρία πεδία, και οι τρεις δείκτες σφάλματος υποδεικνύουν την απλή γραμμική παλινδρόμηση ως καλύτερη μέθοδο ενώ από τη σύγκριση των σφαλμάτων μεταξύ των πεδίων bottom up και total προκύπτει πως για τα δεδομένα της Κύπρου καλύτερα αποτελέσματα δίνει η top down προσέγγιση.



Γράφημα 6. 7 Κύπρος

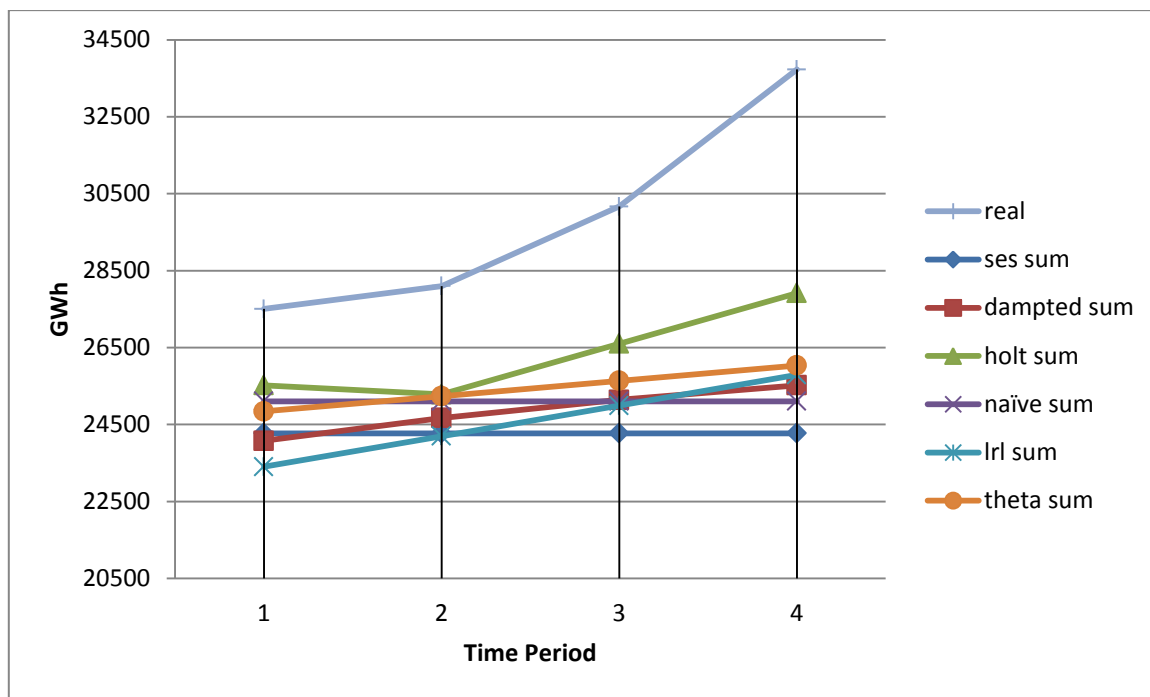
## ΤΣΕΧΙΑ

	CZECH REPUBLIC	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	1956,30	1611,57	<b>563,92</b>	1825,09	1856,41	1585,04
	MAPE	38,98	26,08	<b>22,60</b>	36,38	33,50	32,35
	SMAPE	62,43	32,70	<b>28,14</b>	53,38	47,23	46,77
BOTTOM UP	RMSE	6109,10	5387,46	<b>2848,48</b>	5356,49	5520,33	4873,94
	MAPE	18,24	16,41	<b>8,55</b>	15,44	17,38	14,43
	SMAPE	20,34	18,04	<b>8,98</b>	17,01	18,86	15,73
TOTAL	RMSE	5746,89	4221,36	<b>1052,33</b>	5319,99	5541,67	4637,96
	MAPE	16,90	11,73	<b>2,47</b>	15,30	17,44	13,54
	SMAPE	18,74	12,67	<b>2,52</b>	16,85	19,20	14,71

Πίνακας 6. 5 Αποτελέσματα-Δημοκρατία της Τσεχίας

Και στην περίπτωση της Δημοκρατίας της Τσεχίας οι δείκτες σφάλματος συμφωνούν ότι και στην περίπτωση των μέσων όρων των σφαλμάτων και στην περίπτωση της bottom up προσέγγισης αλλά και στην περίπτωση της χρονοσειράς της συνολικής ενέργειας καλύτερα αποδίδει η μέθοδος holt.

Συγκρίνοντας ένα προς ένα τα σφάλματα που αντιστοιχούν στα δύο τελευταία πεδία, συμπεραίνουμε πως για την περίπτωση της Δημοκρατίας της Τσεχίας η top down προσέγγιση μας εξασφαλίζει καλύτερα αποτελέσματα.



Γράφημα 6. 8 Δημοκρατία της Τσεχίας

## ΔΑΝΙΑ

	DENMARK	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	719,52	482,08	<b>280,71</b>	718,97	550,64	488,85
	MAPE	20,97	39,93	37,97	19,84	<b>16,94</b>	17,79
	SMAPE	23,33	31,10	28,76	22,78	<b>19,03</b>	19,07
BOTTOM UP	RMSE	4458,07	2996,78	<b>1455,26</b>	4239,65	2421,50	2815,71
	MAPE	12,24	7,91	<b>3,64</b>	11,55	6,26	7,42
	SMAPE	13,13	8,30	<b>3,58</b>	12,35	6,55	7,77
TOTAL	RMSE	4245,71	3784,70	2623,09	4243,36	<b>2422,53</b>	2822,18
	MAPE	11,57	10,22	6,83	11,56	<b>6,26</b>	7,44
	SMAPE	12,37	10,85	7,13	12,36	<b>6,52</b>	7,79

Πίνακας 6. 6 Αποτελέσματα- Δανία

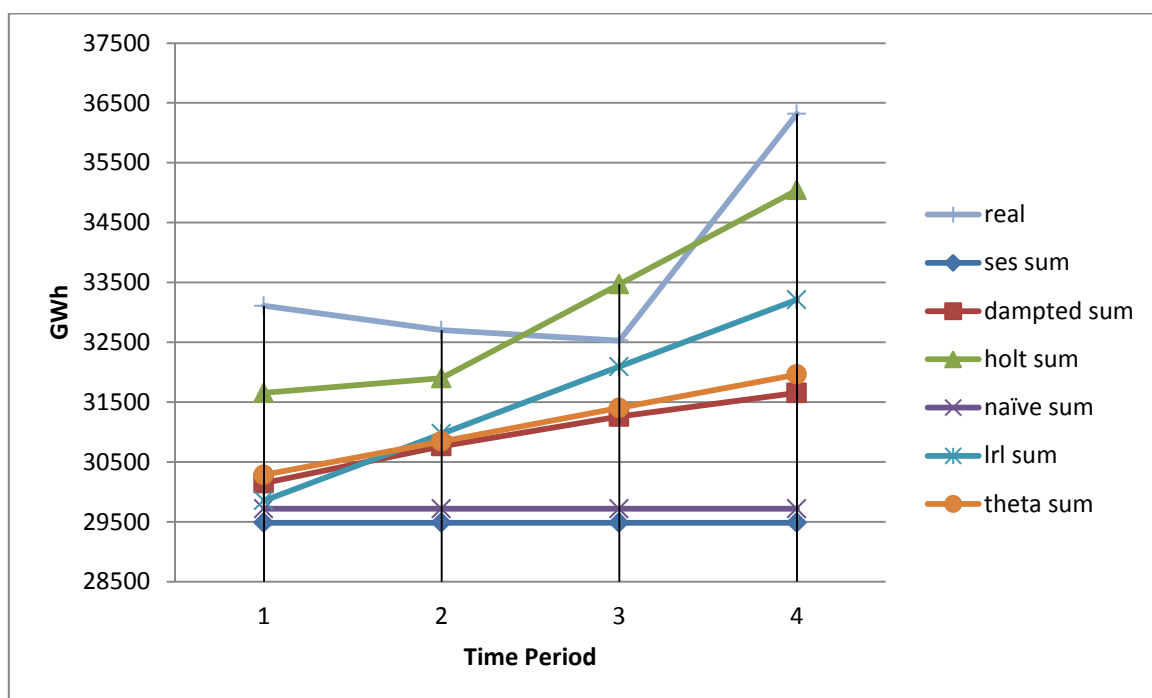


AVERAGE: Σύμφωνα με το δείκτη σφάλματος rmse καλύτερα αποδίδει η μέθοδος holt , ενώ σύμφωνα με τους δείκτες σφάλματος mape και smape καλύτερα αποδίδει η Irl.

BOTTOM UP: Εδώ και οι τρεις δείκτες σφάλματος υποδεικνύουν τη μέθοδο holt ως τη μέθοδο με τη μεγαλύτερη ακρίβεια.

TOTAL: Στην περίπτωση της επεξεργασίας της χρονοσειράς της συνολικά παραγόμενης ανανεώσιμης ενέργειας για τη Δανία οι δείκτες σφάλματος που εξετάζουμε υπέδειξαν την Irl ως ακριβέστερη μέθοδο.

Συγκρίνοντας τα σφάλματα στο πεδίο Bottom up με αυτά που εμφανίζονται στο πεδίο total προκύπτει ότι στην περίπτωση της Δανίας η στρατηγική bottom up έδωσε καλύτερα αποτελέσματα αφού εμφανίζει τα μικρότερα σφάλματα για τις μεθόδους damped, holt, naïve , theta αλλά και για την Irl ως προς τον δείκτη rmse.



Γράφημα 6. 9 Δανία

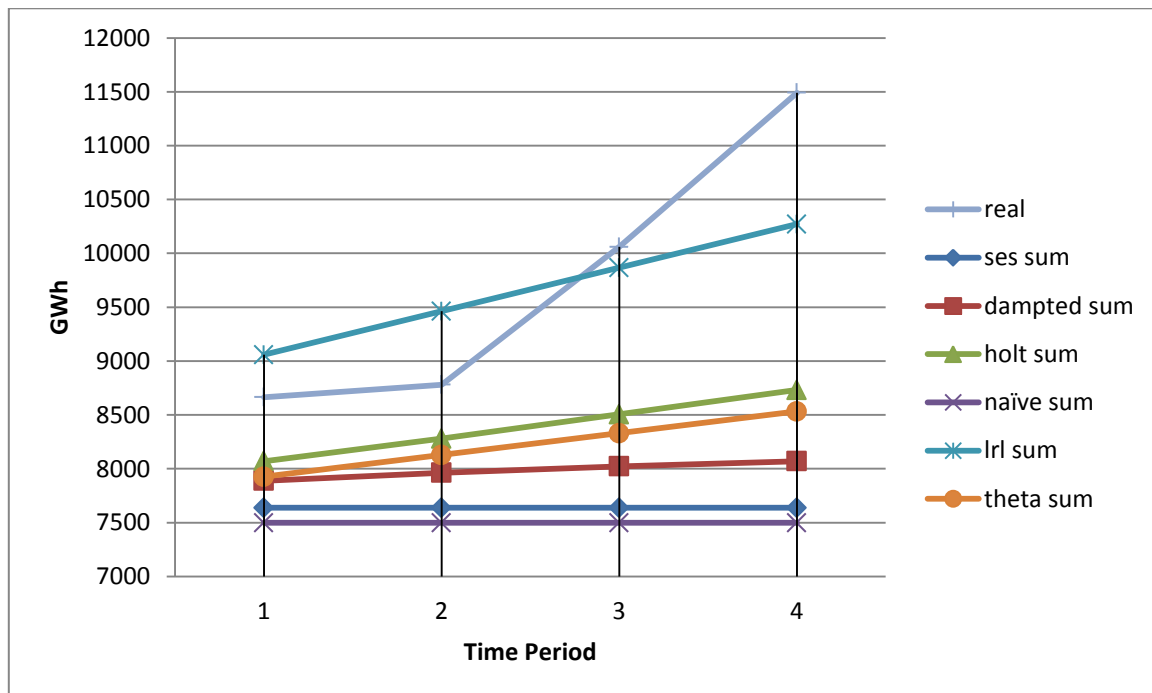
## ΕΣΘΟΝΙΑ

	ESTONIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	840,57	856,98	720,94	841,21	<b>252,60</b>	657,09
	MAPE	38,35	35,56	29,18	38,87	<b>18,71</b>	30,52
	SMAPE	50,93	47,62	36,33	51,72	<b>21,99</b>	38,27
BOTTOM UP	RMSE	2401,27	2068,05	1449,14	2525,03	<b>732,27</b>	1782,31
	MAPE	20,61	17,06	10,70	22,7	<b>6,21</b>	14,72
	SMAPE	23,54	19,15	11,66	25,35	<b>6,78</b>	16,24
TOTAL	RMSE	2517,47	2613,91	2137,93	2522,32	<b>762,06</b>	1992,60
	MAPE	21,98	23,03	18,51	22,04	<b>6,30</b>	17,17
	SMAPE	25,24	26,58	20,79	25,31	<b>6,41</b>	19,13

Πίνακας 6. 7 Αποτελέσματα-Εσθονία

Στην περίπτωση της Εσθονίας όλοι οι δείκτες σφάλματος και για τις τρεις προσεγγίσεις μας κατέδειξαν ότι ακριβέστερη μέθοδος είναι η Irl.

Επιπλέον, μετά από σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο τελευταίων πεδίων καταλήγουμε ότι και για τα δεδομένα της Εσθονίας απέδωσε καλύτερα η Bottom up προσέγγιση αφού είχε τα μικρότερα σφάλματα για τις μεθόδους ses, damped, holt, Irl και theta ενώ το πεδίο total είχε τα μικρότερα σφάλματα μόνο για τη μέθοδο naïve.



Γράφημα 6. 10 Εσθονία

## ΦΙΛΑΝΔΙΑ

	FINLAND	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	2228,23	<b>2037,81</b>	2348,51	2328,8	3420,88	2460,77
	MAPE	21,48	<b>10,69</b>	11,64	22,26	21,32	18,42
	SMAPE	25,56	<b>11,59</b>	12,59	26,48	24,56	21,26
BOTTOM UP	RMSE	5734,21	5809,18	9354,96	<b>5685,1</b>	10485,54	6666,62
	MAPE	5,16	4,69	7,03	<b>4,64</b>	8,41	4,68
	SMAPE	5,14	4,58	6,57	<b>4,53</b>	8,06	4,46
TOTAL	RMSE	<b>5676,49</b>	11215,75	11671,46	5685,13	10480,75	6625,12
	MAPE	4,64	8,83	9,35	4,64	8,4	<b>4,64</b>
	SMAPE	4,53	8,19	8,66	4,53	7,83	<b>4,42</b>

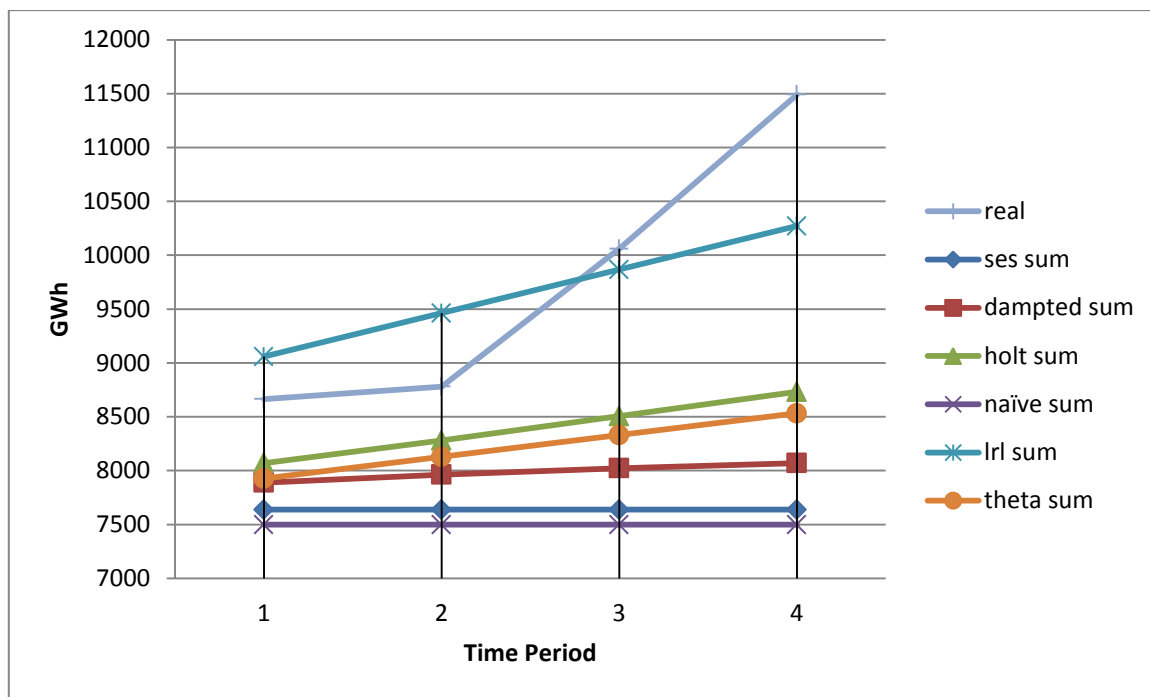
Πίνακας 6. 8 Αποτελέσματα-Φινλανδία

AVERAGE: Οι τρεις δείκτες σφάλματος υποδεικνύουν ότι στους μέσους όρους τους καλύτερα αποδίδει το μοντέλο της φθίνουσας τάσης

BOTTOM UP: Οι τρεις δείκτες σφάλματος υποδεικνύουν ότι για το άθροισμα των χρονοσειρών των έξι πηγών ενέργειας καλύτερα απέδωσε η μέθοδος naïve.

TOTAL: Στην περίπτωση της χρονοσειράς της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας στη Φινλανδία ο δείκτης σφάλματος rmse είναι μικρότερος για τη μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης ενώ οι δείκτες σφάλματος mape και smape είναι μικρότεροι για τη μέθοδο theta (στον πίνακα δεν είναι ευδιάκριτο λόγω της στρογγυλοποίησης, είναι όμως ξεκάθαρο στους συγκεντρωτικούς πίνακες του παραρτήματος).

Συγκρίνοντας τα μικρότερα σφάλματα για τα δύο τελευταία πεδία του πίνακα δεν μπορεί να συμπεράνει κανείς ποια προσέγγιση αποδίδει καλύτερα για τη Φινλανδία γιατί οι μισές μέθοδοι (damped,holt, naïve) έχουν μικρότερα σφάλματα στο πεδίο bottom up και οι άλλες μισές (ses, lrl, theta) στο πεδίο total.



Γράφημα 6. 11 Φινλανδία

## ΓΑΛΛΙΑ

	FRANCE	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	6718,89	<b>6149,03</b>	7052,53	6775,30	7605,39	6994,18
	MAPE	39,26	<b>26,73</b>	28,21	38,81	47,53	39,26
	SMAPE	55,58	<b>35,62</b>	37,07	55,19	68,28	54,86
BOTTOM UP	RMSE	39675,15	40998,01	46218,07	<b>39637,31</b>	43099,72	41264,76
	MAPE	15,60	16,23	18,55	<b>15,58</b>	17,07	16,27
	SMAPE	17,25	18,00	20,85	<b>17,23</b>	18,95	18,07
TOTAL	RMSE	39214,03	39637,12	<b>27116,20</b>	39169,90	42838,94	40824,99
	MAPE	15,36	15,61	<b>10,76</b>	15,34	16,93	16,04
	SMAPE	16,97	17,26	<b>11,51</b>	16,94	18,88	17,80

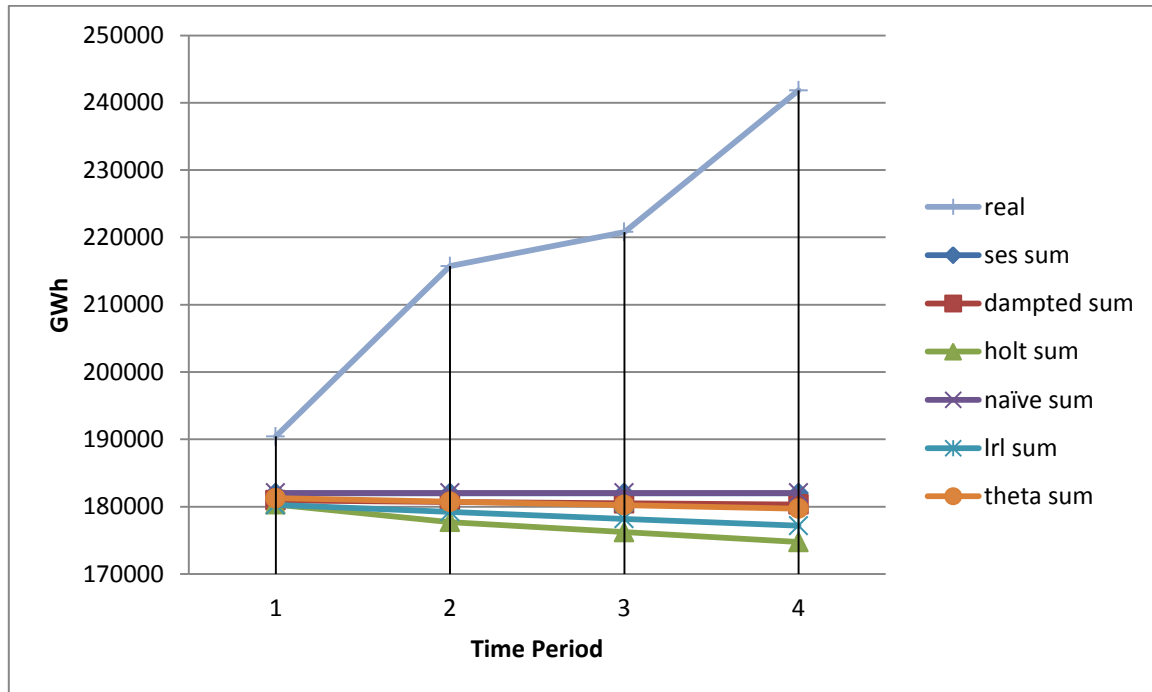
Πίνακας 6. 9 Αποτελέσματα-Γαλλία

AVERAGE: Σύμφωνα με το σύνολο των εξεταζόμενων δεικτών στην περίπτωση των μέσων όρων για τη Γαλλία καλύτερα αποτελέσματα δίνει η μέθοδος damped.

BOTTOM UP: Στην περίπτωση της bottom up προσέγγισης και οι τρεις στατιστικοί δείκτες υποδεικνύουν τη μέθοδο naïve ως ακριβέστερη.

TOTAL: Στην περίπτωση της χρονοσειράς συνολικής παραγωγής ενέργειας οι δείκτες σφάλματος συμφωνούν ότι καλύτερα αποτελέσματα δίνει η μέθοδος holt.

Από την σύγκριση των σχετικών πεδίων προκύπτει ότι στην περίπτωση της Γαλλίας η Top down προσέγγιση αποδίδει καλύτερα αφού το πεδίο total εμφανίζει μικρότερα σφάλματα από το πεδίο bottom up για όλες τις μεθόδους που εξετάζονται, για όλους τους δείκτες σφάλματος.



Γράφημα 6. 12 Γαλλία

ΓΕΡΜΑΝΙΑ

	GERMANY	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	15407,72	<b>6995,39</b>	7444,33	15329,27	21629,65	13321,59
	MAPE	29,40	14,30	<b>14,28</b>	29,25	35,80	26,15
	SMAPE	38,54	17,47	<b>17,34</b>	38,32	49,37	34,02
BOTTOM UP	RMSE	106802,94	99477,78	<b>64333,63</b>	89864,28	123839,69	91456,77
	MAPE	30,37	28,61	<b>18,29</b>	25,18	36,07	26,05
	SMAPE	36,00	33,50	<b>20,29</b>	29,00	41,56	30,08
TOTAL	RMSE	90325,14	<b>29621,70</b>	31436,22	89855,67	123831,40	77014,89
	MAPE	25,33	<b>7,48</b>	7,93	25,18	36,06	21,63
	SMAPE	29,19	<b>7,49</b>	7,88	29,00	44,08	24,39

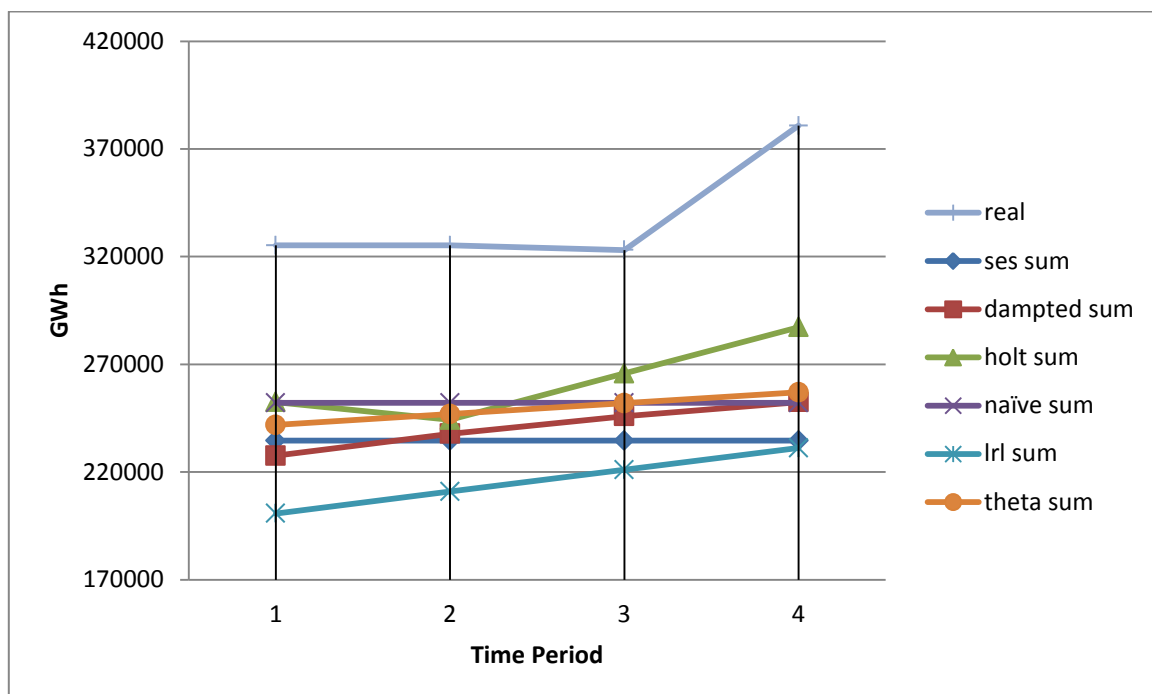
Πίνακας 6. 10 Αποτελέσματα-Γερμανία

AVERAGE: Σε ό,τι αφορά τη Γερμανία, σύμφωνα με το δείκτη rmse καλύτερη μέθοδος για το μέσο όρο είναι η μέθοδος damped και σύμφωνα με τους άλλους δύο δείκτες mape και smape, η μέθοδος holt.

BOTTOM UP: Εδώ όλοι οι διαθέσιμοι δείκτες υποδεικνύουν τη holt ως πιο ακριβή μέθοδο.

TOTAL: Στη περίπτωση της χρονοσειράς της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας για τη Γερμανία, με βάσει τους τρεις δείκτες σφάλματος καλύτερη μέθοδος είναι η damped.

Επιπλέον, από τον πίνακα προκύπτει ότι καλύτερα αποδίδει η Top down προσέγγιση αφού εμφανίζει τα μικρότερα σφάλματα για τις μεθόδους ses, damped, holt, theta και για τους δύο από τους τρεις δείκτες και για τη μέθοδο lrl.



Γράφημα 6. 13 Γερμανία

## ΕΛΛΑΔΑ

	GREECE	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	944,67	<b>887,16</b>	975,35	988,44	945,60	973,09
	MAPE	33,28	<b>30,43</b>	32,76	34,27	37,05	33,10
	SMAPE	36,76	<b>31,43</b>	32,12	36,09	43,62	33,94
BOTTOM UP	RMSE	1654,99	1364,20	<b>1011,30</b>	1519,04	1386,80	1325,54
	MAPE	6,19	4,97	<b>4,48</b>	6,37	4,72	5,44
	SMAPE	6,41	5,11	<b>4,40</b>	6,41	4,84	5,49
TOTAL	RMSE	1519,59	1440,29	2305,04	1518,63	<b>1389,32</b>	1375,89
	MAPE	6,36	6,42	10,84	6,37	<b>4,73</b>	5,90
	SMAPE	6,41	6,29	10,22	6,41	<b>4,91</b>	5,82

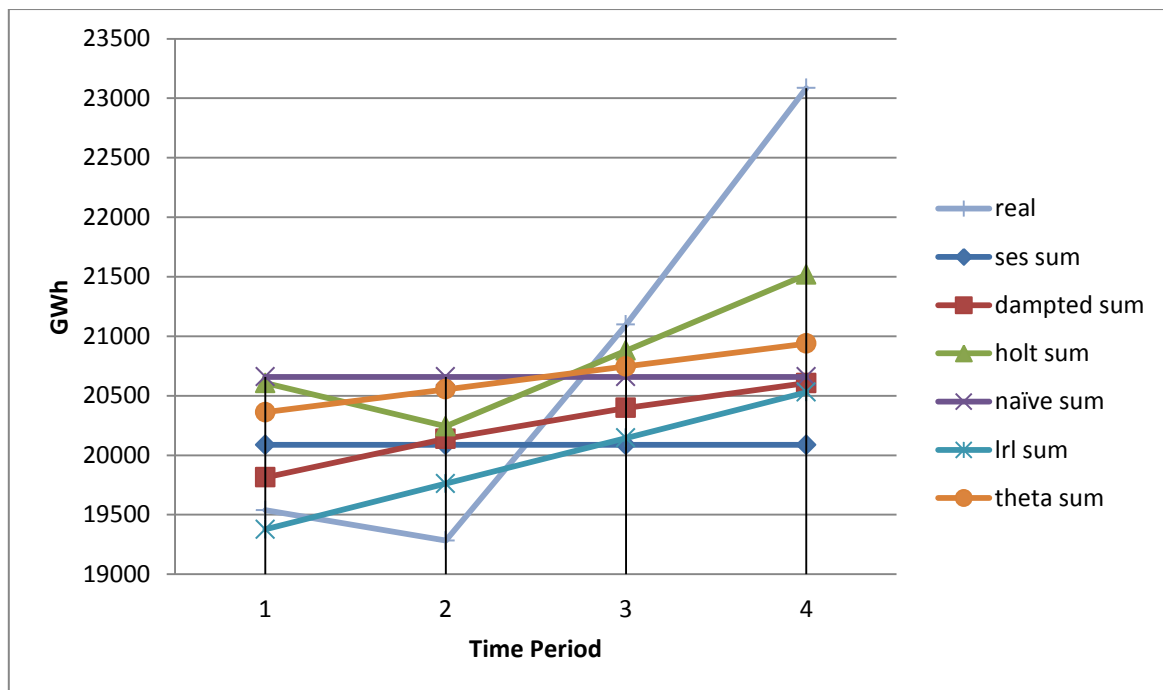
Πίνακας 6. 11 Αποτελέσματα-Ελλάδα

**AVERAGE:** Στην περίπτωση των μέσων όρων των σφαλμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή των μεθόδων στις χρονοσειρές που αφορούν στην παραγωγή ενέργειας για κάθε ανανεώσιμη πηγή στην Ελλάδα οι τρεις δείκτες σφάλματος υπέδειξαν ως καλύτερη μέθοδο την *damped*.

**BOTTOM UP:** Αντίστοιχα στην περίπτωση της *bottom up* προσέγγισης οι δείκτες σφάλματος υπέδειξαν τη μέθοδο *holt* ως καλύτερη

**TOTAL:** Τέλος, στην περίπτωση της χρονοσειράς της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας στην Ελλάδα, καλύτερα αποδίδει το μοντέλο της *lrl*.

Στα δεδομένα της Ελλάδας είναι φανερό ότι αποδίδει καλύτερα η *Bottom up* στρατηγική η οποία έχει τα μικρότερα σφάλματα για όλες τις μεθόδους εκτός από το δείκτη *rmse* για τη μέθοδο *naïve*.



Γράφημα 6. 14 Ελλάδα

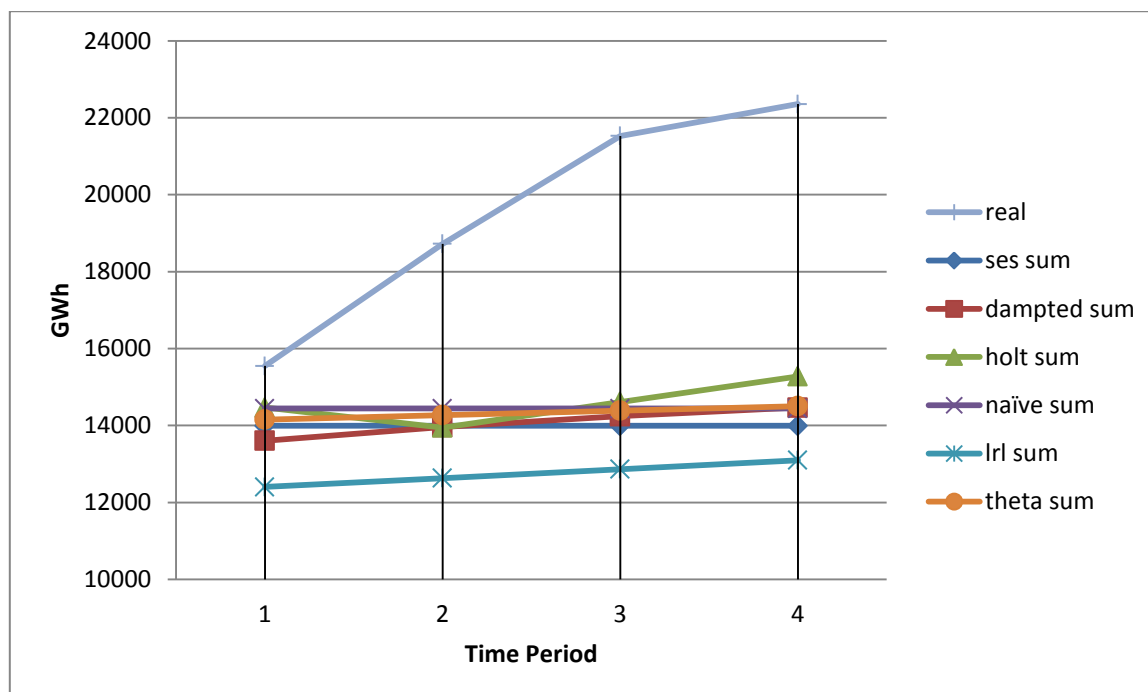


## ΟΥΓΓΑΡΙΑ

	HUNGARY	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	1164,05	207,51	<b>202,30</b>	1154,27	1446,28	1095,95
	MAPE	39,67	27,49	<b>26,89</b>	34,94	34,15	35,32
	SMAPE	64,39	37,46	<b>36,76</b>	51,01	49,12	53,56
BOTTOM UP	RMSE	6155,66	5952,89	<b>4992,16</b>	5753,07	7206,65	5795,39
	MAPE	26,93	26,77	<b>22,50</b>	24,58	33,61	25,25
	SMAPE	31,99	31,52	<b>25,75</b>	28,91	39,15	29,68
TOTAL	RMSE	5755,59	829,60	<b>722,21</b>	5749,89	7242,70	5447,41
	MAPE	24,59	3,68	<b>3,09</b>	24,56	33,79	23,21
	SMAPE	28,93	3,73	<b>3,12</b>	28,88	41,26	27,05

Πίνακας 6. 12 Αποτελέσματα-Ουγγαρία

Η Ουγγαρία αποτελεί μια περίπτωση χώρας όπου όλοι οι δείκτες σφάλματος και για τις τρεις προσεγγίσεις υποδεικνύουν την ίδια μέθοδο, αυτή της εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης, ως καλύτερη, ενώ είναι εμφανές ότι η top down προσέγγιση εμφανίζει τα μικρότερα σφάλματα για όλες τις μεθόδους εκτός από την lrl και το δείκτη smape στη μέθοδο theta.



Γράφημα 6. 15 Ουγγαρία

## ΙΡΛΑΝΔΙΑ

	IRELAND	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	656,49	448,64	<b>362,11</b>	654,82	810,58	584,07
	MAPE	24,66	17,14	<b>14,17</b>	24,58	31,56	21,99
	SMAPE	28,71	17,81	<b>15,20</b>	28,60	39,74	25,33
BOTTOM UP	RMSE	2157,52	2100,77	<b>1577,87</b>	1890,44	2384,17	1904,68
	MAPE	29,50	29,62	<b>22,36</b>	25,03	34,33	25,98
	SMAPE	35,24	35,12	<b>25,35</b>	29,28	39,84	30,34
TOTAL	RMSE	1985,83	596,59	<b>595,50</b>	1876,89	2482,42	1681,13
	MAPE	26,64	<b>6,89</b>	6,90	24,81	35,82	22,17
	SMAPE	31,39	<b>7,26</b>	7,27	28,98	43,93	25,45

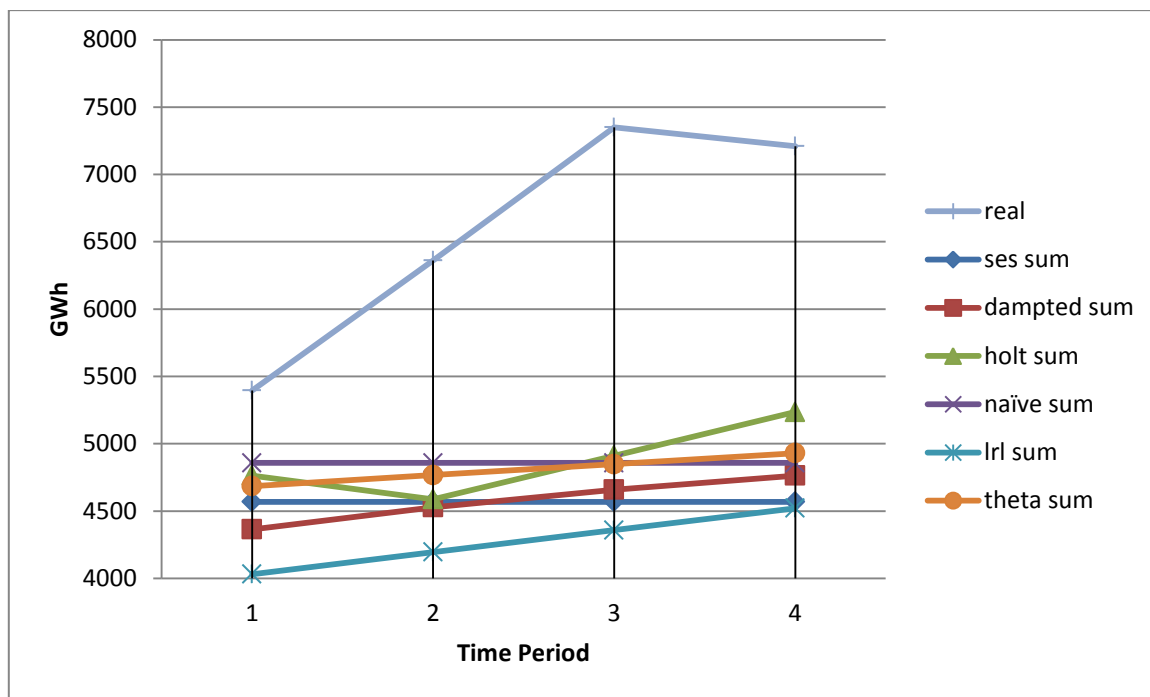
Πίνακας 6. 13 Αποτελέσματα-Ιρλανδία

AVERAGE: Για την Ιρλανδία, στην περίπτωση των μέσων όρων μικρότερα σφάλματα εμφανίζει η μέθοδος holt.

BOTTOM UP: Ομοίως και σε αυτή την προσέγγιση μικρότερα σφάλματα εμφανίζει η μέθοδος holt.

TOTAL: Στην περίπτωση της χρονοσειράς της συνολικής παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ιρλανδία με βάση τη ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος καλύτερα αποδίδει η μέθοδος holt ενώ , με βάση τους άλλους δύο δείκτες σφάλματος καλύτερα αποδίδει η μέθοδος damped.

Η προσέγγιση Top down παρουσιάζει αισθητά μικρότερα σφάλματα για όλες τις μεθόδους εκτός από την Irl.



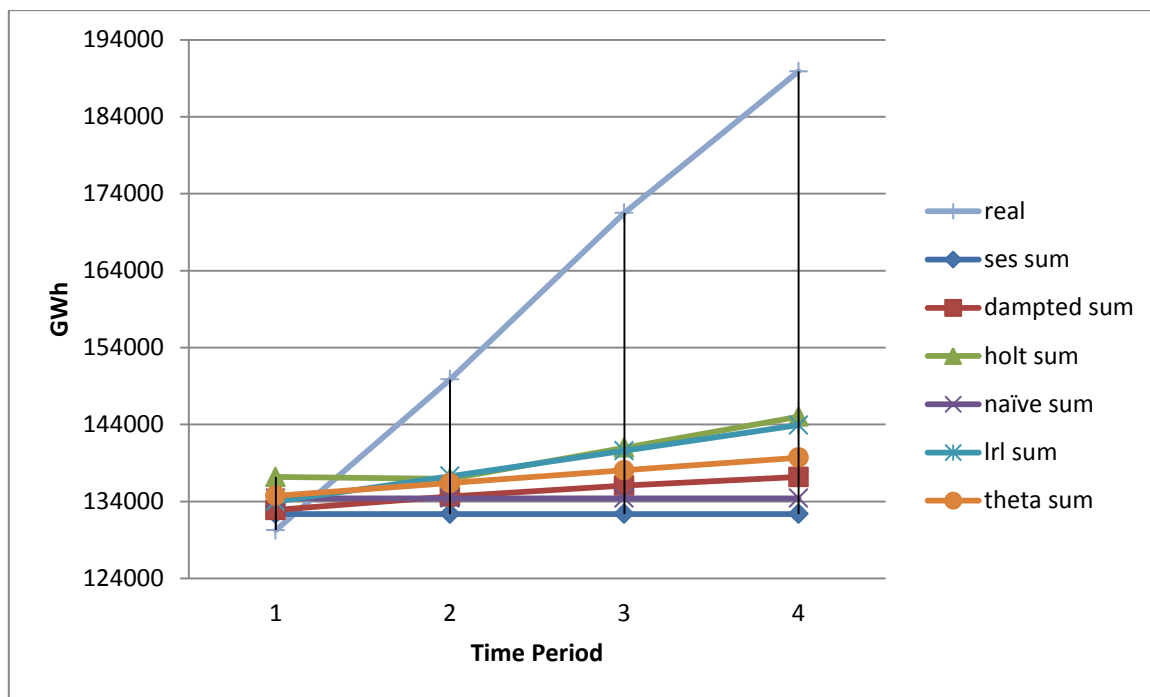
Γράφημα 6. 16 Ιρλανδία

## ΙΤΑΛΙΑ

	ITALY	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	6273,98	5177,22	<b>5119,39</b>	6278,07	6813,44	6210,11
	MAPE	36,72	27,89	<b>27,59</b>	36,69	41,62	35,77
	SMAPE	54,62	39,50	<b>39,19</b>	54,55	62,17	52,51
BOTTOM UP	RMSE	35880,52	32692,30	<b>24963,31</b>	34309,98	28464,14	30982,47
	MAPE	16,60	15,15	<b>12,00</b>	16,08	13,36	14,59
	SMAPE	18,86	16,99	<b>12,98</b>	18,11	14,86	16,21
TOTAL	RMSE	34364,71	30207,71	<b>23079,70</b>	34313,34	28463,43	30581,02
	MAPE	16,10	14,26	<b>11,23</b>	16,08	13,36	14,45
	SMAPE	18,14	15,78	<b>12,02</b>	18,11	14,73	16,02

Πίνακας 6. 14 Αποτελέσματα-Ιταλία

Και η Ιταλία είναι μια περίπτωση χώρας όπου και οι τρεις δείκτες σφάλματος και για τις τρεις προσεγγίσεις συμφωνούν ότι η μέθοδος holt εμφανίζει τα καλύτερα αποτελέσματα ενώ η στρατηγική με τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα είναι η top down η οποία εμφανίζει μεγαλύτερη ακρίβεια για όλες τις μεθόδους και όλους τους δείκτες εκτός από τη μέθοδο naïve και το δείκτη rmse.



Γράφημα 6. 17 Ιταλία

## ΛΕΤΟΝΙΑ

	LATVIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	709,25	584,70	1041,07	754,30	853,97	<b>583,15</b>
	MAPE	10,65	10,67	20,31	11,63	16,12	<b>10,42</b>
	SMAPE	11,37	11,39	17,42	12,61	15,61	<b>10,72</b>
BOTTOM UP	RMSE	2152,82	1710,30	<b>1391,47</b>	2141,70	1534,50	1503,66
	MAPE	7,53	6,83	<b>5,49</b>	7,54	5,59	6,45
	SMAPE	7,91	6,99	<b>5,31</b>	7,91	5,46	6,50
TOTAL	RMSE	2140,44	2174,65	<b>1433,94</b>	2141,33	1524,68	1529,75
	MAPE	7,54	7,54	6,18	7,54	<b>5,55</b>	6,42
	SMAPE	7,91	7,94	6,21	7,91	<b>5,30</b>	6,50

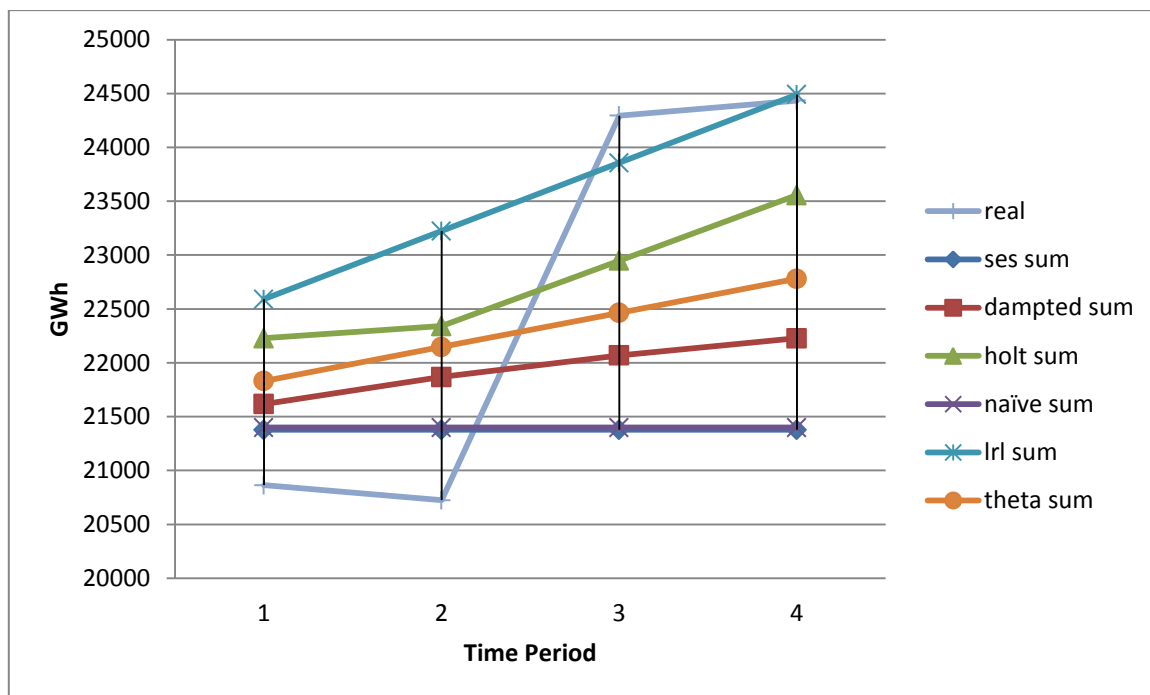
Πίνακας 6. 15 Αποτελέσματα-Λετονία

AVERAGE: Στην περίπτωση των μέσων όρων για τη Λετονία αξιολογώντας και τους τρεις διαθέσιμους δείκτες σφάλματος ξεχωρίζει η μέθοδος theta για την ακρίβειά της.

BOTTOM UP: Σε αυτή την προσέγγιση τα μικρότερα σφάλματα εμφανίζει η μέθοδος holt.

TOTAL: Σε αυτή την περίπτωση με βάση τον δείκτη rmse καλύτερα αποδίδει η μέθοδος holt ενώ βάσει των άλλων δεικτών υπερτερεί η μέθοδος της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Για τα δεδομένα της Λετονίας δεν είναι ξεκάθαρο ποια προσέγγιση αποδίδει καλύτερα.



Γράφημα 6. 18 Λετονία

## ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ

		LITHUANIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE		599,17	200,97	<b>181,20</b>	595,46	294,02	404,40
	MAPE		26,01	25,67	<b>22,57</b>	25,32	65,45	30,19
	SMAPE		28,19	27,59	35,89	<b>27,51</b>	426,47	53,79
BOTTOM UP	RMSE		2143,17	1826,79	<b>811,86</b>	1918,57	994,20	1463,41
	MAPE		14,09	12,17	<b>5,18</b>	12,02	6,13	9,10
	SMAPE		15,49	13,17	<b>5,36</b>	13,12	6,55	9,72
TOTAL	RMSE		1915,47	618,54	<b>532,66</b>	1910,16	921,25	1297,18
	MAPE		11,99	4,10	<b>3,50</b>	11,94	5,75	8,14
	SMAPE		13,08	4,18	<b>3,54</b>	13,03	5,99	8,63

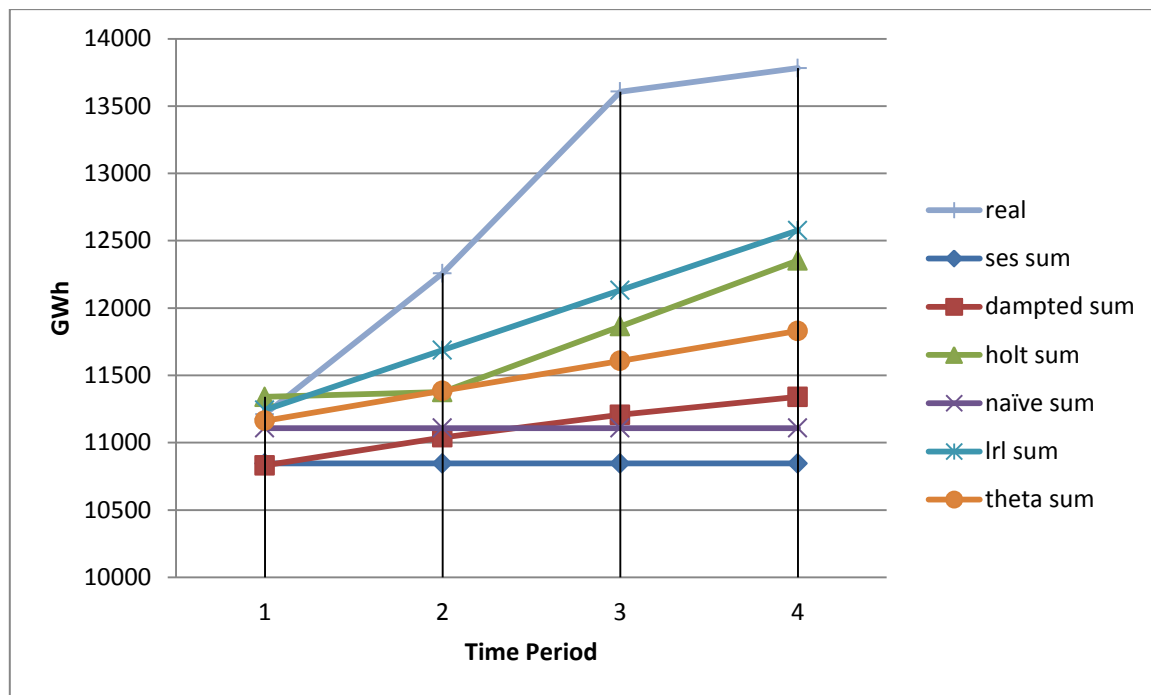
Πίνακας 6. 16 Αποτελέσματα-Λιθουανία

AVERAGE: Εδώ με βάση τους δείκτες rmse και mape καλύτερα αποτελέσματα έχει η μέθοδος holt ενώ με κριτήριο το smape η μέθοδος naive.

BOTTOM UP: Στην προσέγγιση αυτή για όλους τους δείκτες καλύτερα αποτελέσματα δίνει η μέθοδος holt.

TOTAL: Στην περίπτωση της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας για τη Λιθουανία ακριβέστερη εμφανίζεται η μέθοδος holt.

Στα δεδομένα της Λιθουανίας καλύτερα αποδίδει η top down στρατηγική αφού εμφανίζει τους μικρότερους δείκτες σφάλματος για όλες τις μεθόδους.



Γράφημα 6. 19 Λιθουανία

## ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ

	LUXEMBOURG	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	35,71	<b>23,09</b>	23,81	33,48	66,95	30,81
	MAPE	8,49	15,83	28,66	<b>7,35</b>	36,37	17,95
	SMAPE	9,06	15,12	22,15	<b>7,74</b>	29,08	15,84
BOTTOM UP	RMSE	170,34	153,94	<b>84,07</b>	132,41	212,76	118,96
	MAPE	15,97	14,44	<b>7,48</b>	11,89	20,60	10,72
	SMAPE	17,49	15,69	<b>7,78</b>	12,78	21,87	11,44
TOTAL	RMSE	137,69	98,43	<b>82,15</b>	136,00	250,78	102,30
	MAPE	12,47	8,39	<b>7,13</b>	12,28	24,54	8,82
	SMAPE	13,43	8,87	<b>7,46</b>	13,22	28,09	9,34

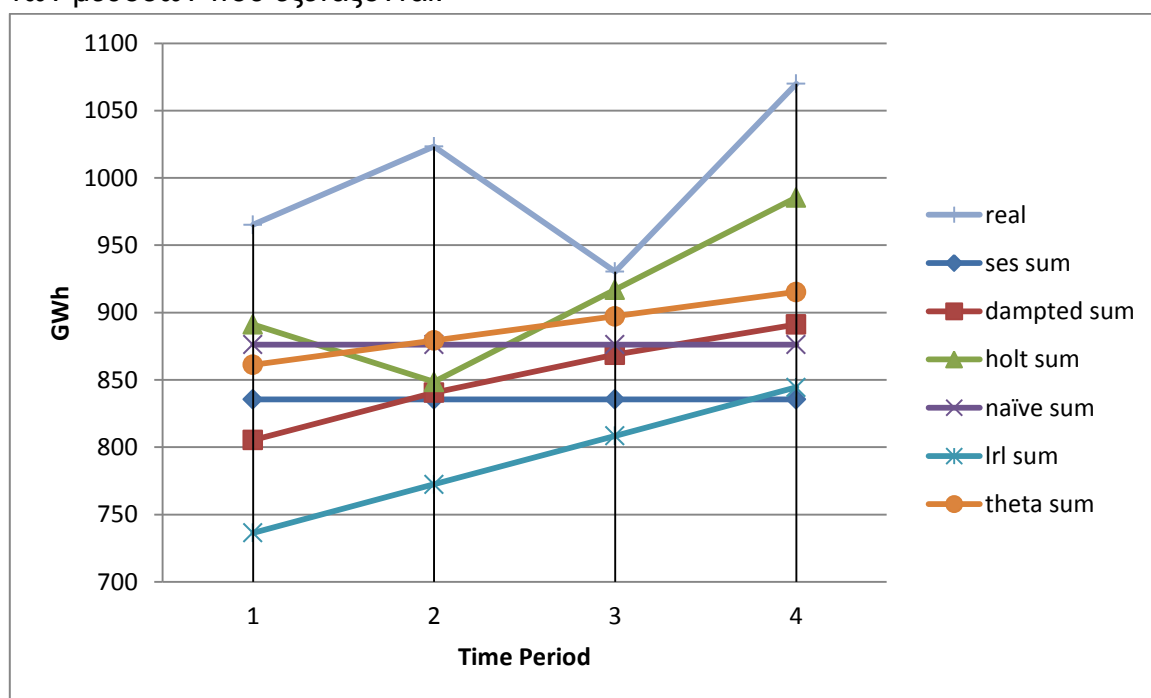
Πίνακας 6. 17 Αποτελέσματα-Λουξεμβούργο

AVERAGE: Για το Λουξεμβούργο και τους μέσους όρους των σφαλμάτων παρατηρείται ότι για το δείκτη rmse καλύτερα αποδίδει η μέθοδος damped ενώ για τους άλλους δύο δείκτες η μέθοδος naïve.

BOTTOM UP: Εδώ και οι τρεις δείκτες υποδεικνύουν τη μέθοδο holt ως ακριβέστερη.

TOTAL: Ομοίως και για τη χρονοσειρά της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας στο Λουξεμβούργο τα μικρότερα σφάλματα εμφανίζει η μέθοδος holt.

Συγκρίνοντας τους δείκτες σφάλματος στα δύο τελευταία πεδία του πίνακα καταλαβαίνει κανείς ότι η Top down προσέγγιση εμφανίζει τα μικρότερα σφάλματα για τις μεθόδους ses, damped, holt και theta οι οποίες αποτελούν την πλειοψηφία των μεθόδων που εξετάζονται.



Γράφημα 6. 20 Λουξεμβούργο

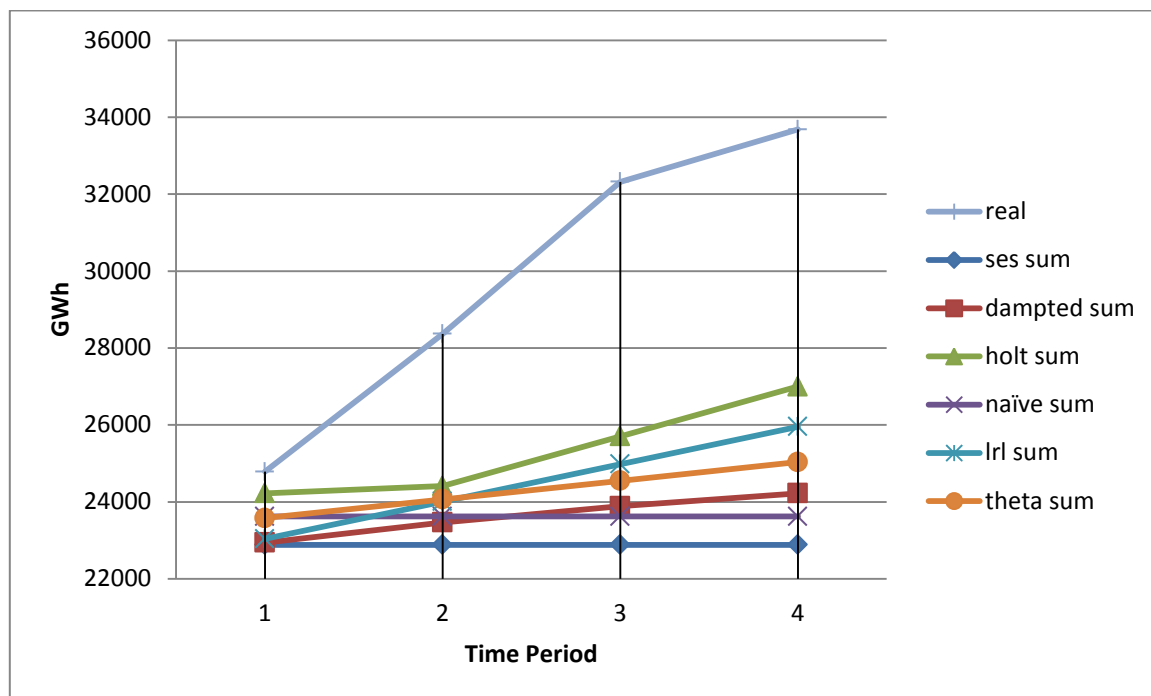
## ΟΛΛΑΝΔΙΑ

	NETHERLANDS	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	1436,81	970,58	<b>956,37</b>	1433,15	1195,14	1176,90
	MAPE	16,89	10,78	<b>8,57</b>	16,64	14,64	12,61
	SMAPE	19,64	11,89	<b>8,96</b>	19,33	17,66	14,33
BOTTOM UP	RMSE	7735,22	6855,16	<b>4019,23</b>	7083,06	5822,64	6226,21
	MAPE	22,06	19,72	<b>10,84</b>	19,55	17,02	17,44
	SMAPE	25,44	22,33	<b>11,68</b>	22,31	19,00	19,54
TOTAL	RMSE	7101,77	3654,92	<b>3497,16</b>	7084,27	5829,10	5779,47
	MAPE	19,62	9,94	<b>9,46</b>	19,55	17,04	15,69
	SMAPE	22,40	10,62	<b>10,09</b>	22,32	18,90	17,47

Πίνακας 6. 18 Αποτελέσματα-Ολλανδία

Η Ολλανδία είναι μια ακόμη περίπτωση χώρας στην οποία όλοι οι δείκτες σφάλματος για όλες της προσεγγίσεις που εξετάζονται είναι μικρότεροι για τη μέθοδο holt.

Επιπροσθέτως, είναι φανερό ότι τα μικρότερα σφάλματα εμφανίζονται για την top down προσέγγιση αφού στο πεδίο total τα σφάλματα είναι μικρότερα για τις μεθόδους ses, holt, damped, theta όπως και το smape στη μέθοδο lrl.



Γράφημα 6. 21 Ολλανδία

## ΠΟΛΩΝΙΑ

	<b>POLAND</b>	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	3678,36	3626,40	2741,90	3673,31	<b>2117,41</b>	3051,77
	MAPE	27,69	34,19	32,33	<b>27,65</b>	31,29	28,47
	SMAPE	38,68	39,57	<b>36,75</b>	38,59	41,71	37,80
BOTTOM UP	RMSE	15520,81	14941,82	12366,56	14657,93	<b>8226,37</b>	12584,13
	MAPE	17,82	17,46	13,81	16,23	<b>8,96</b>	13,74
	SMAPE	20,29	19,74	15,32	18,40	<b>9,93</b>	15,30
TOTAL	RMSE	14674,70	14568,39	11160,15	14654,11	<b>8319,36</b>	12167,20
	MAPE	16,26	16,07	11,83	16,22	<b>9,06</b>	12,93
	SMAPE	18,43	18,20	13,03	18,39	<b>9,64</b>	14,38

Πίνακας 6. 19 Αποτελέσματα-Πολωνία

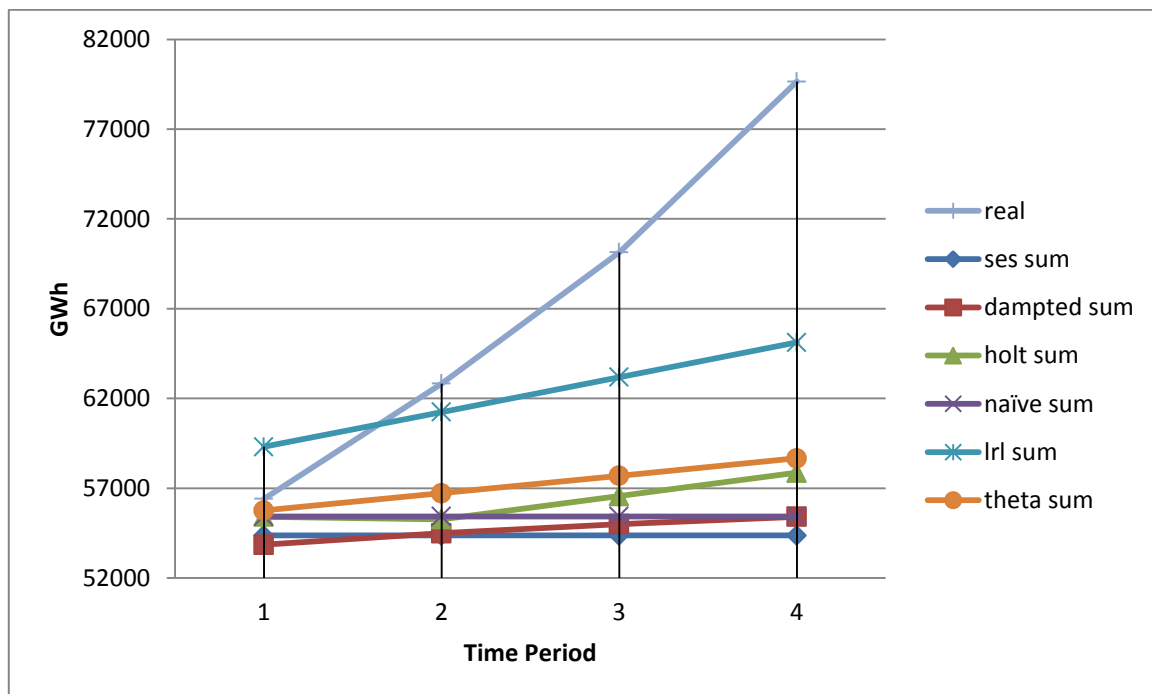


AVERAGE: Στην περίπτωση της Πολωνίας ο μέσος όρος των σφαλμάτων της εφαρμογής των μεθόδων στις χρονοσειρές που αντιστοιχούν στις ανανεώσιμες πηγές που εξετάζονται είναι μικρότερος για διαφορετική μέθοδο για καθέναν από τους τρεις δείκτες. Έτσι, με βάση τον δείκτη rmse καλύτερη εμφανίζεται η μέθοδος Irl, με βάση τον δείκτη mape η μέθοδος naïve και με βάση το δείκτη smape η μέθοδος holt.

BOTTOM UP: Στην περίπτωση αυτή οι τρεις δείκτες σφάλματος είναι μικρότεροι για τη μέθοδο Irl.

TOTAL: Ομοίως οι δείκτες σφάλματος που εξετάζουμε είναι καλύτερη στην περίπτωση της πρόβλεψης της Irl.

Για τα δεδομένα της Πολωνίας όπως φαίνεται καλύτερη είναι η top down προσέγγιση καθώς στο πεδίο total όλες οι μέθοδοι εκτός της Irl εμφανίζουν μεγαλύτερη ακρίβεια.



Γράφημα 6. 22 Πολωνία

## ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ

	<b>PORTUGAL</b>	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	1940,05	1294,97	<b>1286,11</b>	1917,85	2085,46	1845,16
	MAPE	43,22	34,29	<b>33,16</b>	44,12	46,55	41,79
	SMAPE	63,84	50,22	<b>48,90</b>	64,27	70,08	61,44
BOTTOM UP	RMSE	9896,80	10400,24	9281,33	<b>8062,16</b>	8393,31	8954,77
	MAPE	14,96	16,17	14,22	<b>11,01</b>	12,52	13,35
	SMAPE	16,48	17,88	15,56	<b>11,97</b>	13,68	14,58
TOTAL	RMSE	10913,68	9266,05	9368,67	<b>8070,90</b>	8396,49	10686,83
	MAPE	17,04	14,20	14,43	<b>11,03</b>	12,53	16,89
	SMAPE	18,94	15,54	15,79	<b>12,00</b>	13,61	18,71

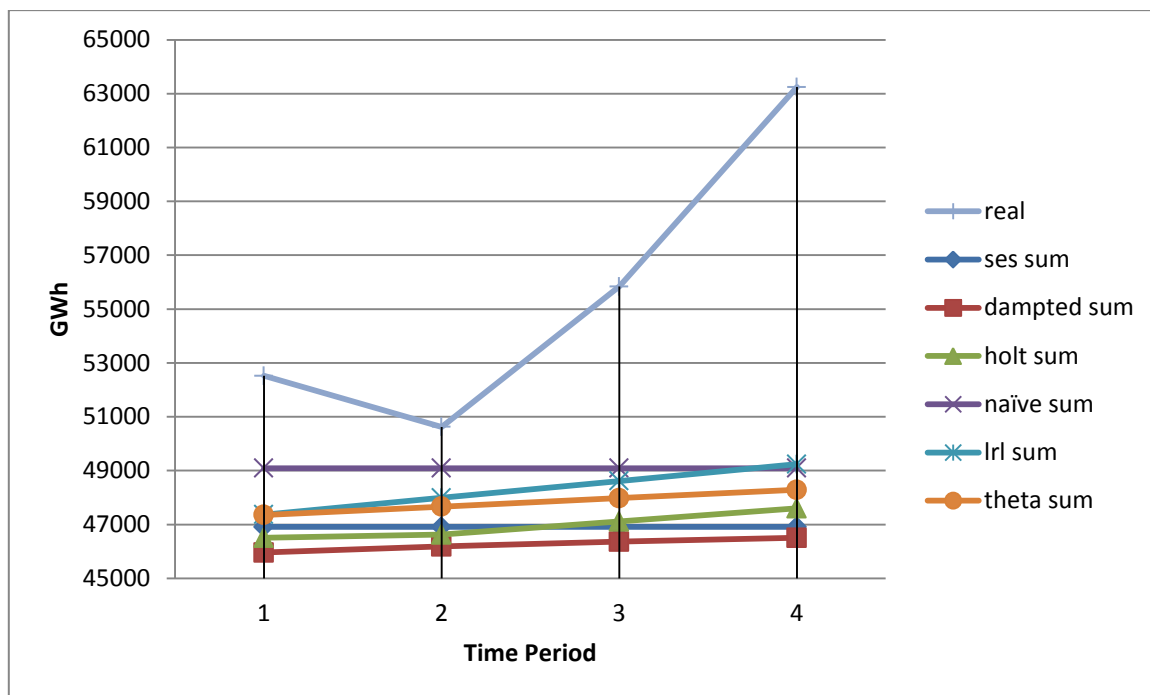
Πίνακας 6. 20 Αποτελέσματα-Πορτογαλία

AVERAGE: Σε αυτή την προσέγγιση για την Πορτογαλία μικρότερα σφάλματα παρουσιάζει η μέθοδος holt.

BOTTOM UP: Σε αυτή την περίπτωση αποδίδει καλύτερα η μέθοδος naïve .

TOTAL: Και εδώ η μέθοδος naïve εμφανίζει μικρότερα σφάλματα και μάλιστα η Πορτογαλία είναι η μόνη χώρα από αυτές που εξετάζουμε όπου στο συγκεκριμένο πεδίο εμφανίζεται πιο ακριβής μέθοδος η naïve.

Όπως προκύπτει από τη σύγκριση των δύο τελευταίων πεδίων για τα δεδομένα της συγκεκριμένης χώρας καλύτερα αποτελέσματα δίνει η bottom up προσέγγιση για την πλειοψηφία των μεθόδων.



Γράφημα 6. 23 Πορτογαλία

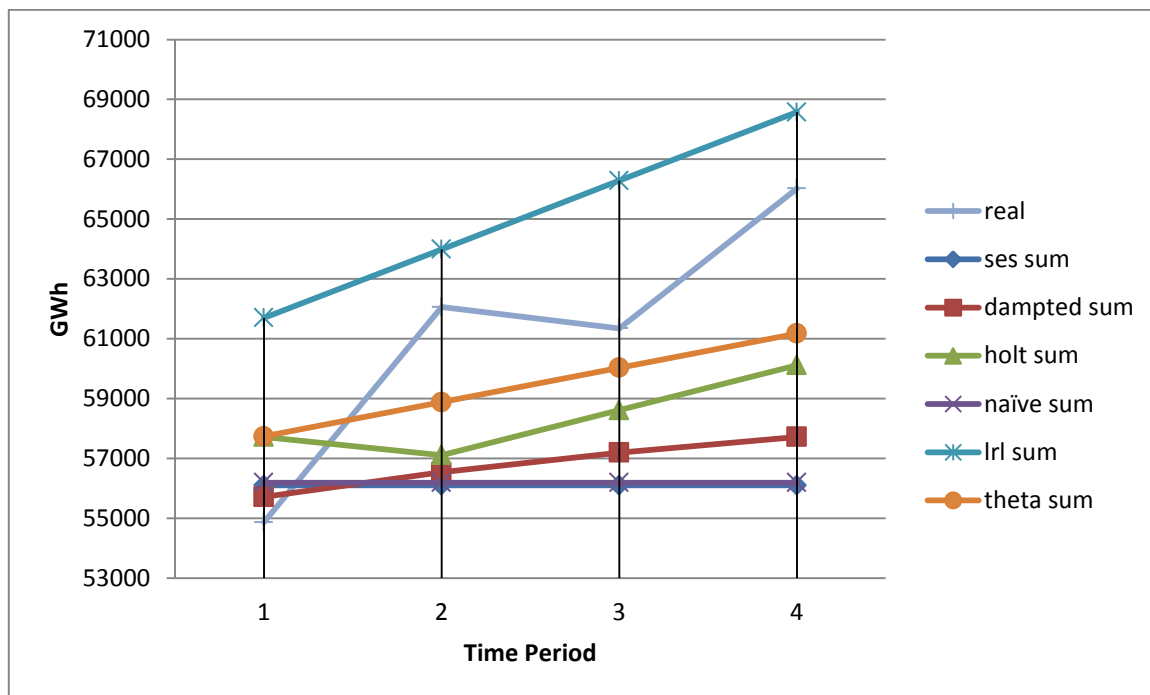
## POYMANIA

	ROMANIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	2973,28	2845,11	2270,51	2936,37	<b>1681,43</b>	2181,48
	MAPE	15,60	14,62	11,26	15,36	<b>8,41</b>	12,37
	SMAPE	16,70	16,29	10,84	16,49	<b>7,95</b>	12,77
BOTTOM UP	RMSE	6383,78	5417,95	<b>3072,57</b>	6315,45	4507,00	3299,41
	MAPE	8,86	7,45	<b>4,58</b>	8,79	6,87	4,96
	SMAPE	9,37	7,82	<b>4,66</b>	9,29	6,58	5,03
TOTAL	RMSE	6305,03	7289,43	<b>2641,79</b>	6318,44	4469,05	3506,41
	MAPE	8,78	9,88	<b>3,71</b>	8,79	6,80	5,24
	SMAPE	9,28	10,57	<b>3,61</b>	9,30	6,51	5,35

Πίνακας 6. 21 Αποτελέσματα-Ρουμανία

AVERAGE: Από τους μέσους όρους των σφαλμάτων για τη Ρουμανία προκύπτει ότι καλύτερα αποτελέσματα δίνει η μέθοδος της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.  
 BOTTOM UP: Για την προσέγγιση αυτή μικρότερα σφάλματα έδωσε η μέθοδος holt.  
 TOTAL: Ομοίως για τη χρονοσειρά της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας της Ρουμανίας οι προβλέψεις που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου holt στη χρονοσειρά, ήταν οι πιο ακριβείς.

Για τα δεδομένα της Ρουμανίας η bottom up προσέγγιση έχει καλύτερα αποτελέσματα για τις μεθόδους damped, naïve και theta ενώ top down για τις μεθόδους ses, holt και lrl. Επειδή όμως η holt είναι η καλύτερη μέθοδος και για τα δύο πεδία και σε αυτήν η top down στρατηγική δίνει καλύτερα αποτελέσματα, για τη Ρουμανία θεωρούμε αποτελεσματικότερη την top down.



Γράφημα 6. 24 Ρουμανία

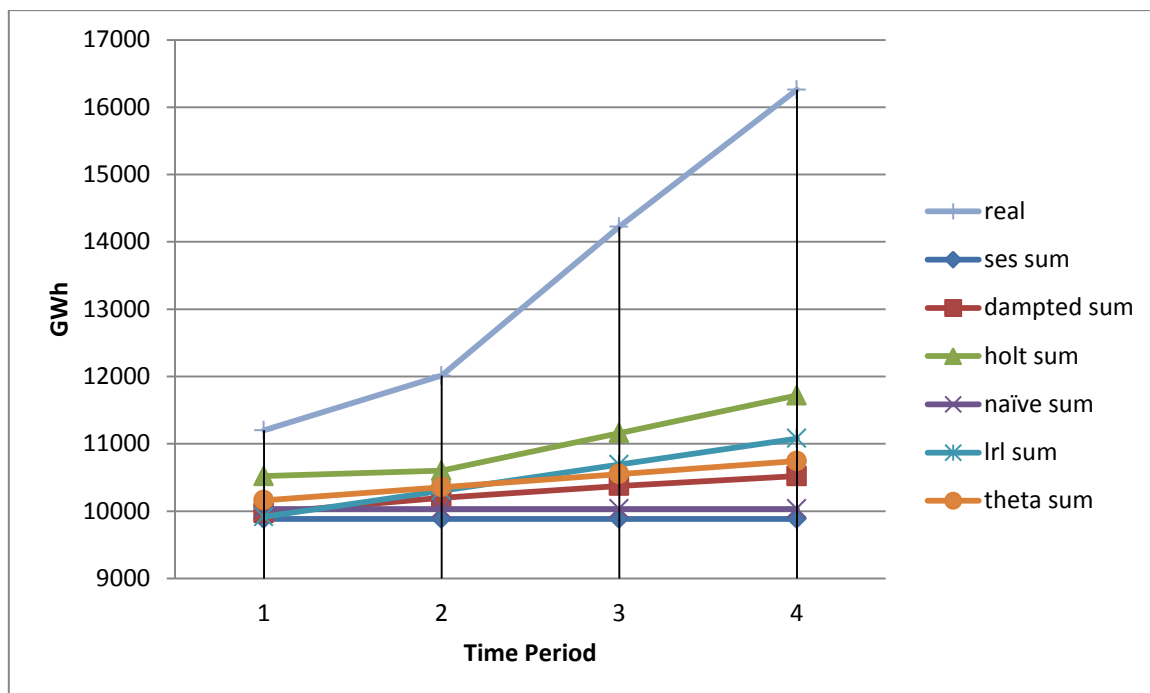
## ΣΛΟΒΑΚΙΑ

		SLOVAKIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE		1043,11	904,94	<b>648,50</b>	1031,69	1280,11	939,32
	MAPE		14,56	13,15	<b>10,72</b>	14,23	30,86	17,84
	SMAPE		17,17	14,95	<b>11,71</b>	16,75	30,09	19,06
BOTTOM UP	RMSE		4053,05	3624,36	<b>2408,09</b>	3923,64	3311,72	3453,96
	MAPE		24,79	22,11	<b>13,64</b>	23,66	20,60	20,70
	SMAPE		29,17	25,52	<b>15,02</b>	27,71	23,55	23,76
TOTAL	RMSE		3921,56	3910,15	<b>2696,60</b>	3921,25	3292,44	3383,05
	MAPE		23,64	23,54	<b>15,55</b>	23,64	20,48	20,09
	SMAPE		27,68	27,56	<b>17,32</b>	27,68	23,28	23,01

Πίνακας 6. 22 Αποτελέσματα-Σλοβακία

Η Σλοβακία αποτελεί και αυτή μία περίπτωση χώρας όπου όλοι οι δείκτες σφάλματος για όλες τις προσεγγίσεις που εξετάζονται υποδεικνύουν ότι η μέθοδος

holt είναι αυτή με τα καλύτερα αποτελέσματα ενώ η top down στρατηγική είναι καλύτερη για τις περισσότερες μεθόδους πρόβλεψης.



Γράφημα 6. 25 Σλοβακία

## ΣΛΟΒΕΝΙΑ

	<b>SLOVENIA</b>	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	956,57	981,47	884,36	955,21	<b>605,54</b>	784,96
	MAPE	14,92	15,26	13,89	14,88	<b>11,44</b>	12,83
	SMAPE	16,39	16,93	15,08	16,33	<b>11,87</b>	13,82
BOTTOM UP	RMSE	2043,22	1772,89	<b>1246,76</b>	2070,77	1292,67	1695,54
	MAPE	15,32	13,59	10,40	15,47	<b>10,16</b>	13,00
	SMAPE	16,96	14,69	10,62	17,17	<b>10,52</b>	14,01
TOTAL	RMSE	2066,26	2054,23	1367,73	2068,85	<b>1293,98</b>	1687,64
	MAPE	15,44	15,38	10,64	15,46	<b>10,16</b>	12,95
	SMAPE	17,14	17,04	11,20	17,16	<b>10,52</b>	13,95

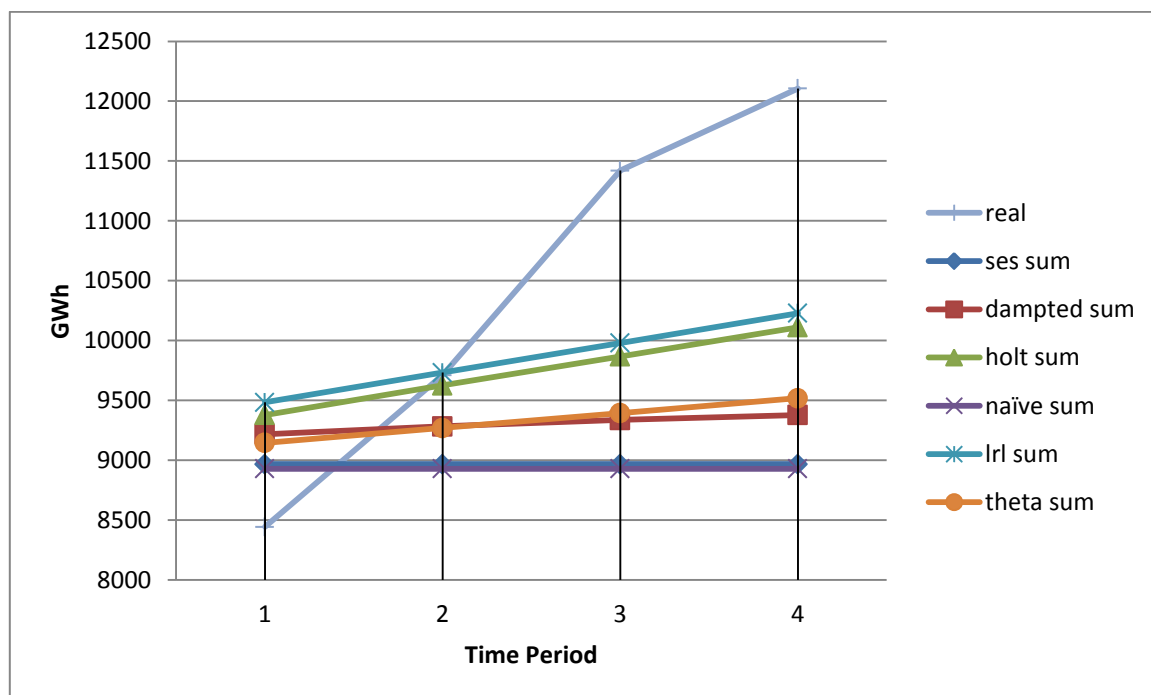
Πίνακας 6. 23 Αποτελέσματα-Σλοβενία

AVERAGE: Οι μικρότεροι μέσοι όροι των δεικτών που εξετάζουμε , για την περίπτωση της Σλοβενίας είναι αυτοί της μεθόδου της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

ΒΟΤΤΟΜ UP: Εδώ με κριτήριο το δείκτη rmse καλύτερη μέθοδος είναι η holt ενώ με κριτήριο τους δείκτες mape και smape καλύτερη είναι η απλή γραμμική παλινδρόμηση.

TOTAL: Στην περίπτωση αυτή εξετάζοντας το σύνολο των δεικτών σφάλματος καλύτερα αποδίδει το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Για τη Σλοβενία καλύτερα αποτελέσματα δίνει η bottom up προσέγγιση.



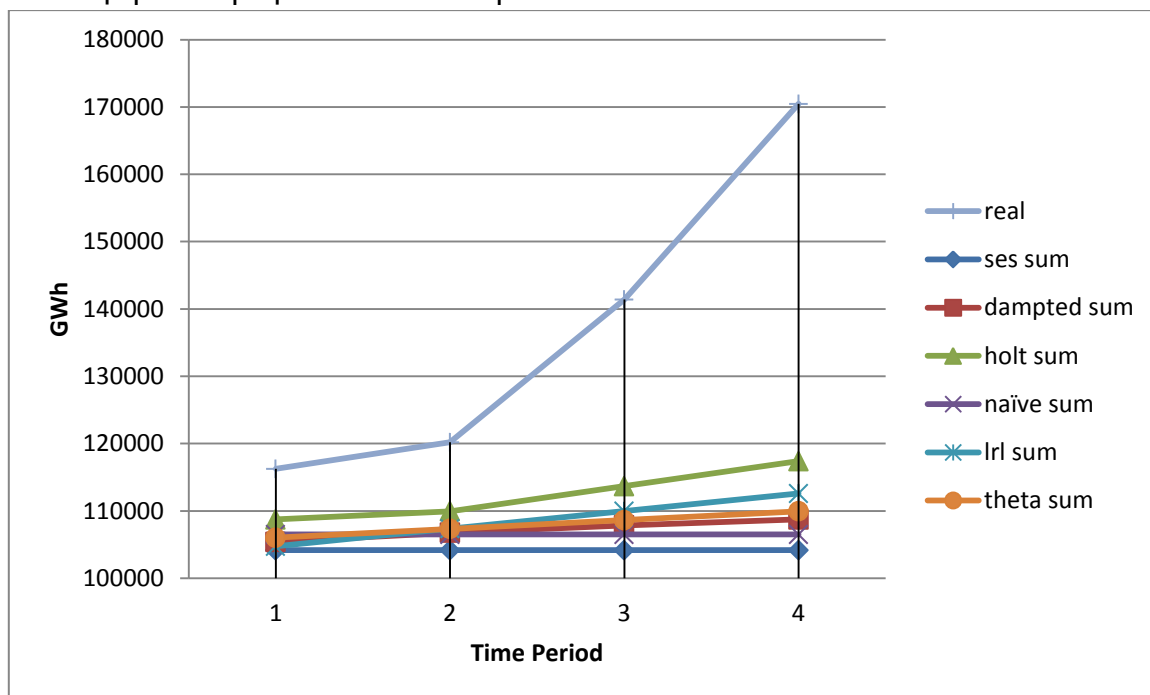
Γράφημα 6. 26 Σλοβενία

## ΙΣΠΑΝΙΑ

	SPAIN	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	6418,71	4252,15	<b>4095,91</b>	6560,69	6704,85	5853,70
	MAPE	40,10	30,95	<b>30,53</b>	39,62	45,83	38,84
	SMAPE	61,03	47,63	<b>47,16</b>	60,72	69,53	59,35
BOTTOM UP	RMSE	39323,63	36174,41	<b>27810,14</b>	37385,34	34036,01	35365,09
	MAPE	22,24	20,11	<b>14,19</b>	20,49	19,19	19,53
	SMAPE	25,97	23,19	<b>15,89</b>	23,79	22,01	22,46
TOTAL	RMSE	40260,48	29771,27	<b>25311,86</b>	37381,12	34007,09	36529,48
	MAPE	23,07	14,90	<b>11,68</b>	20,49	19,17	20,58
	SMAPE	27,02	16,85	<b>13,04</b>	23,79	21,87	23,75

Πίνακας 6. 24 Αποτελέσματα-Ισπανία

Στην περίπτωση της Ισπανίας η μέθοδος holt φαίνεται να έδωσε ακριβέστερες προβλέψεις τόσο για τη συνολική παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές όσο και για το μέσο όρο των παραγόμενων ενεργειών από τις επιμέρους πηγές. Ακόμη, η μέθοδος αυτή έδωσε τα ικανοποιητικότερα αποτελέσματα και για την bottom up προσέγγιση ενώ μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι για την Ισπανία καλύτερη είναι η top down πολιτική.



Γράφημα 6. 27 Ισπανία

## ΣΟΥΗΔΙΑ

	SWEDEN	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	3853,00	<b>2718,44</b>	2859,58	4487,84	3312,83	3125,78
	MAPE	32,83	29,96	<b>28,01</b>	33,22	30,59	30,41
	SMAPE	45,02	40,47	<b>37,34</b>	45,19	40,88	41,09
BOTTOM UP	RMSE	21698,52	22293,28	19152,48	21368,33	<b>15798,92</b>	18590,91
	MAPE	10,25	10,79	9,19	10,05	<b>7,28</b>	8,68
	SMAPE	10,91	11,50	9,70	10,69	<b>7,69</b>	9,16
TOTAL	RMSE	22446,13	22965,10	<b>15186,70</b>	21371,09	15798,96	21534,95
	MAPE	10,69	11,00	<b>6,95</b>	10,05	7,28	10,42
	SMAPE	11,41	11,75	<b>7,27</b>	10,70	7,63	11,08

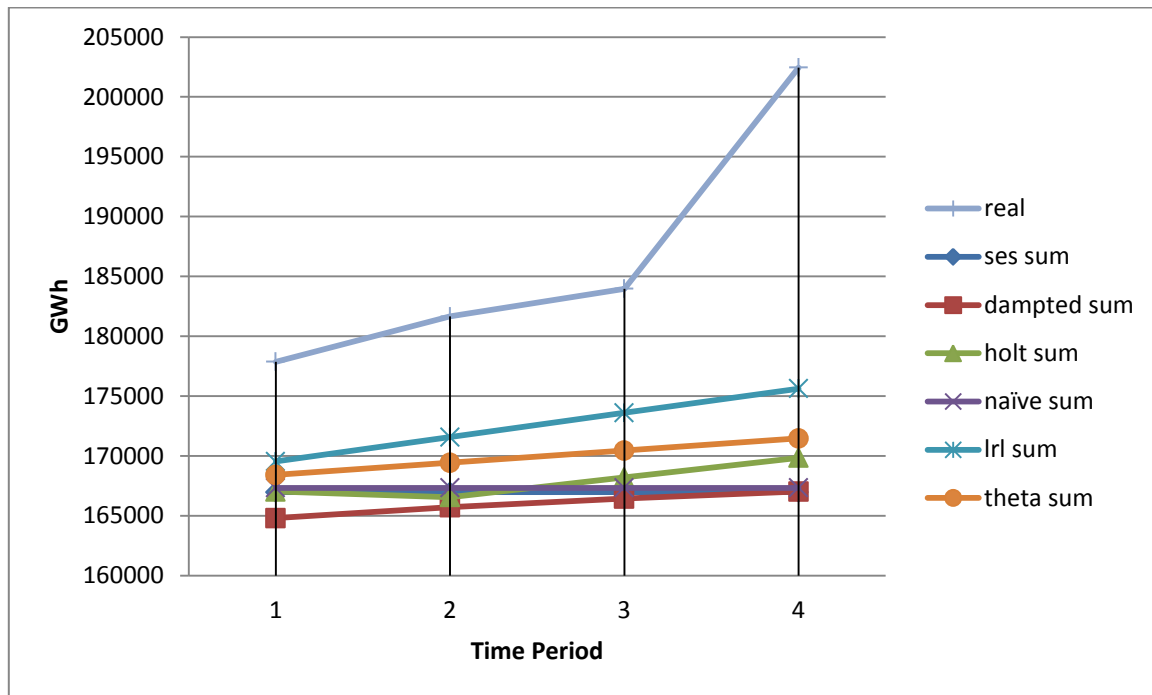
Πίνακας 6. 25 Αποτελέσματα-Σουηδία

AVERAGE: Ο μέσος όρος των ριζών μέσου τετραγωνικού σφάλματος είναι μικρότερος για τη μέθοδο damped ενώ οι μέσοι όροι των υπόλοιπων σφαλμάτων είναι μικρότεροι για τη μέθοδο holt.

BOTTOM UP: Στην bottom up μικρότερα σφάλματα έδωσε η μέθοδος της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

TOTAL: Στη χρονοσειρά της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας της Σουηδίας, καλύτερα αποτελέσματα με κριτήριο το σύνολο των εξεταζόμενων δεικτών σφάλματος είχε η μέθοδος holt.

Στην περίπτωση της Σουηδίας, η bottom εξέταση των δεδομένων παρουσιάζει μικρότερα σφάλματα για τις περισσότερες μεθόδους.



Γράφημα 6. 28 Σουηδία

## ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ

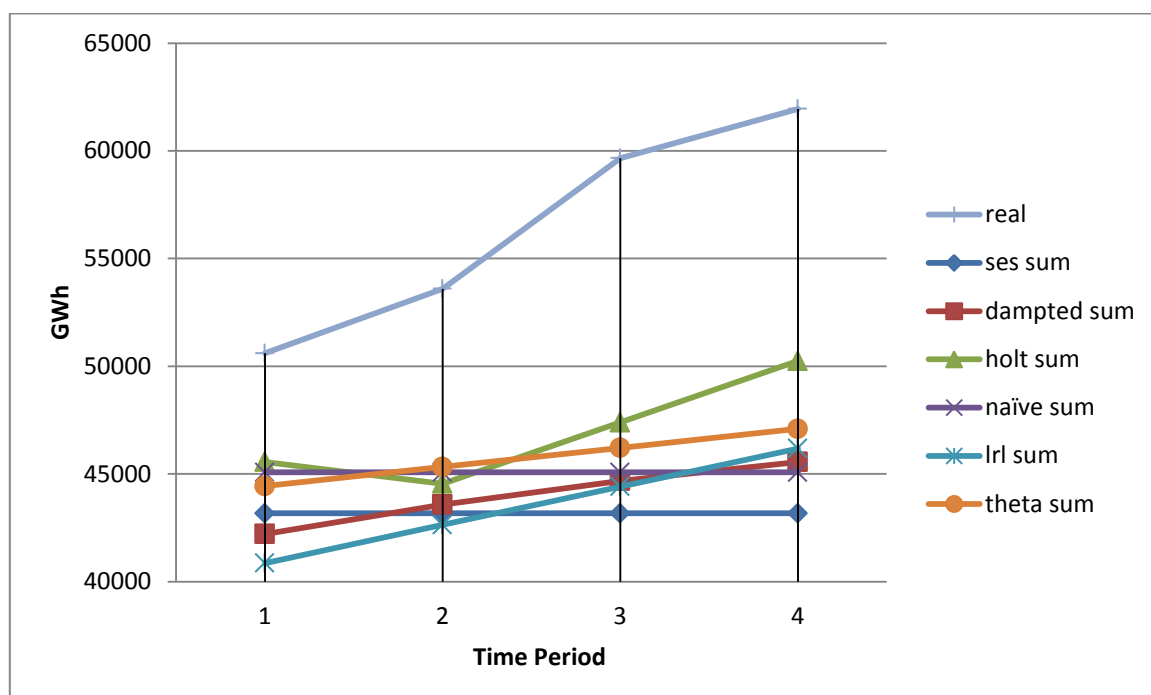
	UK	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	2173,26	1059,73	<b>952,68</b>	2166,28	2288,23	1764,73
	MAPE	26,34	9,98	<b>9,53</b>	26,24	31,09	23,48
	SMAPE	33,40	10,56	<b>10,09</b>	33,25	41,24	29,06
BOTTOM UP	RMSE	14038,17	12882,73	<b>7782,92</b>	12252,41	13191,60	11268,20
	MAPE	23,02	21,71	<b>13,41</b>	19,62	22,67	18,53
	SMAPE	26,29	24,47	<b>14,39</b>	22,05	25,09	20,58
TOTAL	RMSE	12290,43	<b>2696,05</b>	3096,04	12254,11	13199,43	9866,01
	MAPE	19,70	<b>3,66</b>	4,17	19,63	22,69	15,87
	SMAPE	22,14	<b>3,56</b>	4,04	22,05	25,65	17,41

Πίνακας 6. 26 Αποτελέσματα-Ηνωμένο Βασίλειο

AVERAGE: Οι μέσοι όροι όλων των σφαλμάτων είναι μικρότεροι για τη μέθοδο holt.



ΒΟΤΤΟΜ UP: Στην προσέγγιση αυτή καλύτερα αποτελέσματα έχει η μέθοδος holt.  
 TOTAL: Στην εφαρμογή των μεθόδων στη χρονοσειρά της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας καλύτερα πηγαίνει η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης φθίνουσας τάσης, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα τελευταία χρόνια από την εικοσαετία που εξετάζεται η παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας είχε μικρότερο ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια.  
 Για τα δεδομένα του Ηνωμένου Βασιλείου η top down πολιτική μας εξασφαλίζει μικρότερα σφάλματα για όλους τους δείκτες στις περισσότερες από τις εξεταζόμενες μεθόδους.



Γράφημα 6. 29 Ηνωμένο Βασίλειο

ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ ΤΩΝ 27:

	EU-27	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	53145,44	<b>20283,23</b>	22060,54	53007,15	53333,84	45343,21
	MAPE	27,43	<b>15,03</b>	15,61	27,36	31,26	24,86
	SMAPE	37,72	<b>18,88</b>	19,42	37,61	45,35	34,13
BOTTOM UP	RMSE	346774,60	321745,13	<b>227412,46</b>	316060,40	300080,91	292845,44
	MAPE	17,67	7,98	<b>8,84</b>	17,61	17,56	14,73
	SMAPE	19,98	18,67	<b>12,74</b>	17,62	17,51	16,48
TOTAL	RMSE	316861,42	<b>155948,44</b>	170670,59	316062,52	300074,87	269616,65
	MAPE	16,00	<b>7,60</b>	8,38	15,95	16,04	13,54
	SMAPE	17,67	<b>7,98</b>	8,84	17,61	17,56	14,73

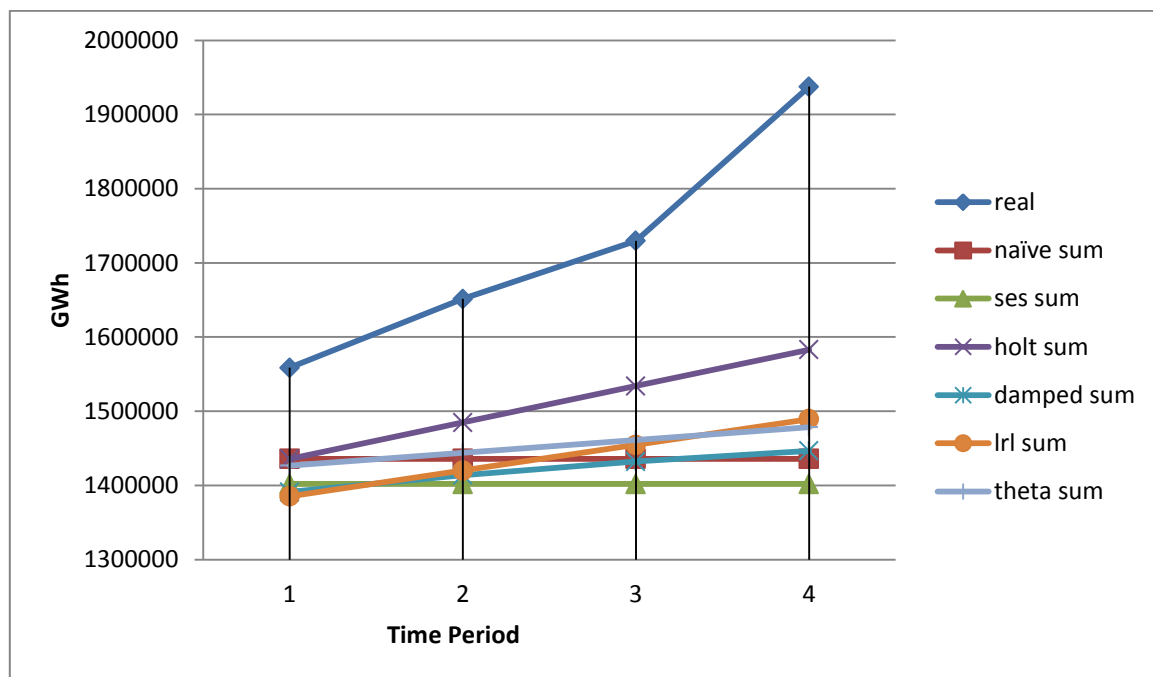
Πίνακας 6. 27 Αποτελέσματα-ΕΕ

AVERAGE: Σύμφωνα με τους μέσους όρους όλων των σφαλμάτων ακριβέστερη μέθοδος για τη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης είναι η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης φθίνουσας τάσης.

BOTTOM UP: Στην bottom up προσέγγιση και οι τρεις δείκτες συμφωνούν ότι πιο ακριβής μέθοδος είναι αυτή της εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης.

TOTAL: Κατά την εφαρμογή των μεθόδων στη χρονοσειρά που περιγράφει την συνολική παραγωγή από ΑΠΕ στην Ε.Ε. πιο ακριβής είναι η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης φθίνουσας τάσης, βάσει του συνόλου των δεικτών.

Όπως προκύπτει μετά από σύγκριση των σφαλμάτων που παρουσίασε η εφαρμογή των μεθόδων στην χρονοσειρά total της ευρωπαϊκής ένωσης με αυτά που προέκυψαν κατά τη bottom up προσεγγίσει, η top down προσέγγιση αποδίδει καλύτερα για τη συγκεκριμένη χρονοσειρά. Τα σφάλματα στο πεδίο total του πίνακα, όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς, με εξαίρεση το rmse στη μέθοδο naïve και το smape στη μέθοδο lrl είναι μικρότερα απ' ό τι στο πεδίο bottom up.



Γράφημα 6. 30 ΕΕ27

## 6.2 Ανάλυση ανά ενέργεια

Η ίδια διαδικασία, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ακολουθήθηκε κατά την επεξεργασία των δεδομένων αυτή τη φορά όμως όχι ανά χώρα της ευρωπαϊκής ένωσης αλλά ανά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Πρέπει να σημειωθεί ότι υπολογίζονται ως χώρες που χρησιμοποιούν κάποια συγκεκριμένη ΑΠΕ όσες τη χρησιμοποιούν από πριν το 2004, καθώς αυτό ήταν το

χρονικό κατώφλι που μας εξασφάλιζε ικανοποιητικό αριθμό παρατηρήσεων στην εκάστοτε χρονοσειρά ώστε να μπορούμε να εφαρμόσουμε τις μεθόδους προβλέψεων. Οι χώρες που ξεκίνησαν να παράγουν ενέργεια από κάποια ανανεώσιμη πηγή από το έτος 2004 και μετά, για το πείραμα έχει θεωρηθεί ότι δεν έχουν παραγωγή από τη συγκεκριμένη πηγή και η όποια παραγωγή έχουν έχει αγνοηθεί κατά την εξαγωγή των συμπερασμάτων. Όποτε στη συνέχεια αναφέρεται ο αριθμός των κρατών –μελών της ευρωπαϊκής ένωσης που αξιοποιούν μια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας, αυτός δεν συμπεριλαμβάνει τις προαναφερθείσες περιπτώσεις κρατών-μελών.

Οι πίνακες , τώρα, διαμορφώθηκαν ως ακολούθως:

Για τη συνολική παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές για την Ευρωπαϊκή Ένωση:

	TOTAL	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	13097,37	9502,30	<b>7704,16</b>	12789,12	13246,30	11673,76
	MAPE	17,44	13,06	<b>10,79</b>	16,92	16,07	15,01
	SMAPE	19,84	14,26	<b>11,47</b>	19,21	18,29	16,73
BOTTOM UP	RMSE	346775,63	321749,14	<b>227440,11</b>	316073,09	300076,50	292853,88
	MAPE	17,93	16,91	<b>11,89</b>	15,95	16,04	15,05
	SMAPE	19,97	18,67	<b>12,74</b>	17,61	17,50	16,48
EU-27	RMSE	316861,42	<b>155948,44</b>	170670,59	316062,52	300074,87	269616,65
	MAPE	16,00	<b>7,60</b>	8,38	15,95	16,04	13,54
	SMAPE	17,67	<b>7,98</b>	8,84	17,61	17,56	14,73

Πίνακας 6. 28 Αποτελέσματα-Συνολική Ανανεώσιμη ενέργεια

Παρατηρούμε ότι οι μέσοι όροι των σφαλμάτων που είχε η εφαρμογή των μεθόδων στις χρονοσειρές συνολικής παραγωγής ενέργειας όλων των υπό εξέταση χωρών είναι μικρότεροι για τη μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης. Ομοίως , τα σφάλματα που προέκυψαν από τη σύγκριση του αθροίσματος των προβλεφθέντων τιμών της συνολικής παραγωγής όλων των χωρών με την πραγματική παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας για την ευρωπαϊκή ένωση δείχνουν ότι η μέθοδος της γραμμικής τάσης ήταν πιο ακριβής και για την προσέγγιση αυτή. Τέλος, η εφαρμογή των μεθόδων απευθείας στη χρονοσειρά συνολικής παραγωγής της ευρωπαϊκής ένωσης εμφανίζει για όλους τους υπό εξέταση δείκτες καλύτερη μέθοδο την εκθετική εξομάλυνση φθίνουσας τάσης προφανώς επειδή τα τελευταία χρόνια η συνολική παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας στην ευρωπαϊκή ένωση παρουσιάζει μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης. Αυτό φυσικά δεν σημαίνει ότι η παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας όλων των κρατών-μελών παρουσιάζει μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης ούτε ότι όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ευρωπαϊκή

ένωση παράγονται με μειωμένους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια όπως θα φανεί άλλωστε στη συνέχεια. Μπορούμε επιπλέον να παρατηρήσουμε ότι η εφαρμογή των μεθόδων απευθείας στη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης παρουσιάζει μικρότερα σφάλματα για όλες τις μεθόδους ( εκτός από το δείκτη smape της Irl) από την bottom up προσέγγιση.

Στη συνέχεια συγκρίνοντας τα σφάλματα της κάθε μεθόδου πρόβλεψης στις χρονοσειρές της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας για κάθε κράτος-μέλος, όπως αυτά παρουσιάζονται στους στοιχειοθετήθηκε ο παρακάτω πίνακας ο οποίος παρουσιάζει για κάθε χώρα και για κάθε δείκτη σφάλματος ποια μέθοδος είχε τα καλύτερα αποτελέσματα.

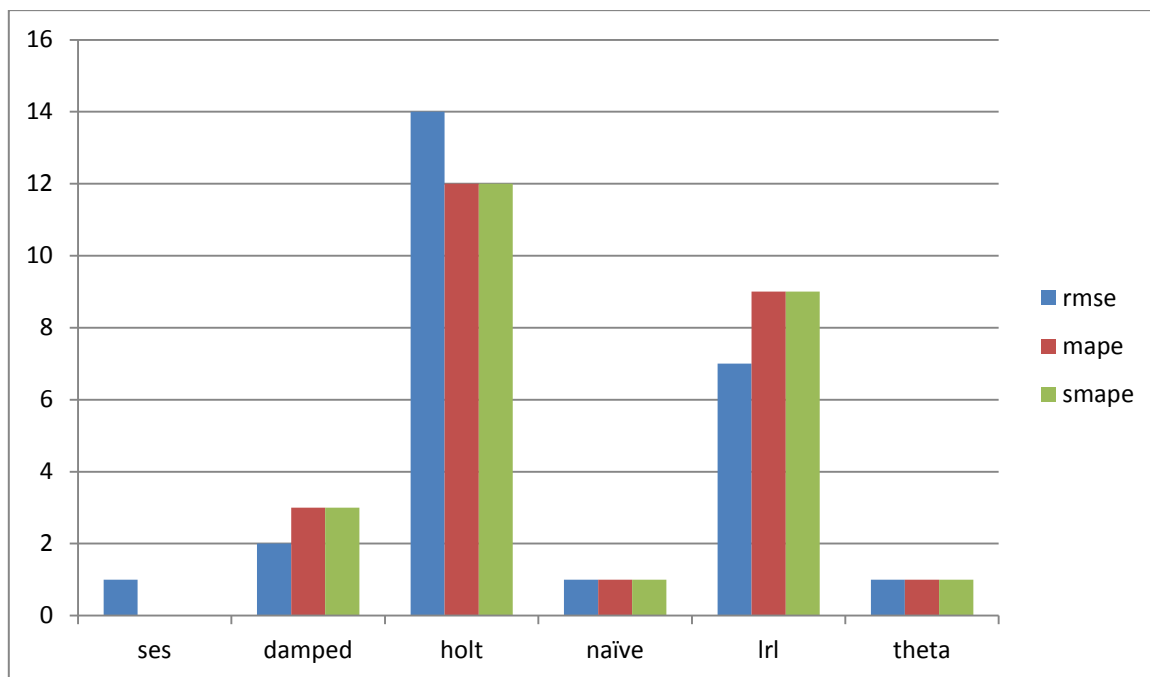
COUNTRY	RMSE	MAPE	SMAPE
Austria	Lrl	Lrl	Lrl
Belgium	Holt	Holt	Holt
Bulgaria	Lrl	Lrl	Lrl
Cyprus	Lrl	Lrl	Lrl
Czech Republic	Holt	Holt	Holt
Denmark	Lrl	Lrl	Lrl
Estonia	Lrl	Lrl	Lrl
Finland	Ses	Theta	Theta
France	Holt	Holt	Holt
Germany	Damped	Damped	Damped
Greece	Theta	Lrl	Lrl
Hungary	Holt	Holt	Holt
Ireland	Holt	Damped	Damped
Italy	Holt	Holt	Holt
Latvia	Holt	Lrl	Lrl
Lithuania	Holt	Holt	Holt

Luxembourg	Holt	Holt	Holt
Netherlands	Holt	Holt	Holt
Poland	Lrl	Lrl	Lrl
Portugal	Naïve	Naïve	Naïve
Romania	Holt	Holt	Holt
Slovakia	Holt	Holt	Holt
Slovenia	Lrl	Lrl	Lrl
Spain	Holt	Holt	Holt
Sweden	Holt	Holt	Holt
UK	Damped	Damped	Damped

Πίνακας 6. 29 Καλύτερη μέθοδος ανά χώρα-Συνολική Ανανεώσιμη Ενέργεια

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στην περίπτωση της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, για τη συντριπτική πλειοψηφία των χωρών οι δείκτες σφάλματος συμφωνούν ως προς τη μέθοδο που έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα για την κάθε χώρα ενώ σε όλες τις χώρες οι δείκτες mare και smare συμφωνούν απόλυτα.

Ακολουθεί ένα ποσοτικό γράφημα που παρουσιάζει για κάθε έναν από τους τρεις δείκτες σφάλματος, για πόσες χώρες κάθε μέθοδος έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα:



Γράφημα 6. 31 Συνολική Ανανεώσιμη Ενέργεια

Όπως φαίνεται από το γράφημα η μέθοδος που έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα στην πρόβλεψη της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας για την πλειοψηφία των χωρών είναι η holt ακολουθούμενη από τη μέθοδο lrl, γεγονός που υποδηλώνει πως οι χρονοσειρές της πλειοψηφίας των χωρών έχουν πολύ έντονη τάση γεγονός που συνάδει με την πολιτική της ενεργειακής βιωσιμότητας που ακολουθεί η ευρωπαϊκή ένωση.

Για την παραγωγή ηλιοθερμικής ενέργειας:

	SOLAR THERMAL	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	489,43	334,32	<b>309,60</b>	488,56	480,60	450,98
	MAPE	36,46	27,05	<b>24,01</b>	36,21	36,60	33,38
	SMAPE	48,14	34,46	<b>30,15</b>	47,76	49,53	43,60
BOTTOM UP	RMSE	7239,03	6883,16	<b>5679,33</b>	6889,23	6743,98	6615,75
	MAPE	39,22	37,62	<b>30,13</b>	36,32	37,62	35,34
	SMAPE	50,58	47,77	<b>36,50</b>	46,24	47,03	44,43
EU-27	RMSE	6829,24	4223,10	<b>4174,75</b>	6820,00	6539,61	6241,82
	MAPE	35,82	19,98	<b>19,76</b>	35,74	36,13	32,29
	SMAPE	45,50	23,03	<b>22,74</b>	45,39	45,23	40,08

Πίνακας 6. 30 Αποτελέσματα-Ηλιοθερμική Ενέργεια

Σε ό,τι αφορά την ηλιοθερμική ενέργεια μικρότεροι ήταν οι μέσοι όροι των σφαλμάτων του μοντέλου γραμμικής τάσης όπως μικρότερες τιμές είχαν οι δείκτες σφάλματος για το συγκεκριμένο μοντέλο και για την bottom up περίπτωση. Επιπλέον, το μοντέλο της εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης έδωσε τις καλύτερες προβλέψεις για την περίοδο που εξετάζουμε στη χρονοσειρά της παραγωγής ηλιοθερμικής ενέργειας της ευρωπαϊκής ένωσης των 27 χωρών. Επίσης τα σφάλματα σε αυτή την περίπτωση για όλες τις μεθόδους πρόβλεψης που εξετάζουμε ήταν σαφώς μικρότερα από αυτά που προέκυψαν στην εξέταση της bottom up στρατηγικής. Πρέπει να σημειωθεί ότι το γεγονός ότι η μέθοδος Holt έδωσε τις ακριβέστερες προβλέψεις για την παραγωγή ηλιοθερμικής ενέργειας σχετίζεται άμεσα με το γεγονός ότι η χρονοσειρά αυτή παρουσιάζει έντονη τάση καθώς η συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας αναπτύσσεται ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια στις 14 χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης που τη χρησιμοποιούν, κάτι που είναι λογικό αν σκεφτεί κανείς ότι η συγκεκριμένη ΑΠΕ είναι από τις πιο οικονομικές.

Οι 14 χώρες που αξιοποιούν την ηλιοθερμική ενέργεια είναι οι ακόλουθες:

Αυστρία, Βέλγιο, Κύπρος, Δανία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ιταλία, Ολλανδία, Πορτογαλία, Ισπανία, Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο.

Παρατηρούμε ότι την ηλιοθερμική ενέργεια αξιοποιούν όλες οι μεσογειακές χώρες, όπως αναμενόταν άλλωστε λόγω της έντονης ηλιοφάνειας που απολαμβάνουν οι χώρες αυτές, αλλά και χώρες με μειωμένη ηλιοφάνεια οι οποίες όμως επενδύουν πολύ στις ανανεώσιμες όπως οι σκανδιναβικές χώρες, η Αυστρία, η Γερμανία.

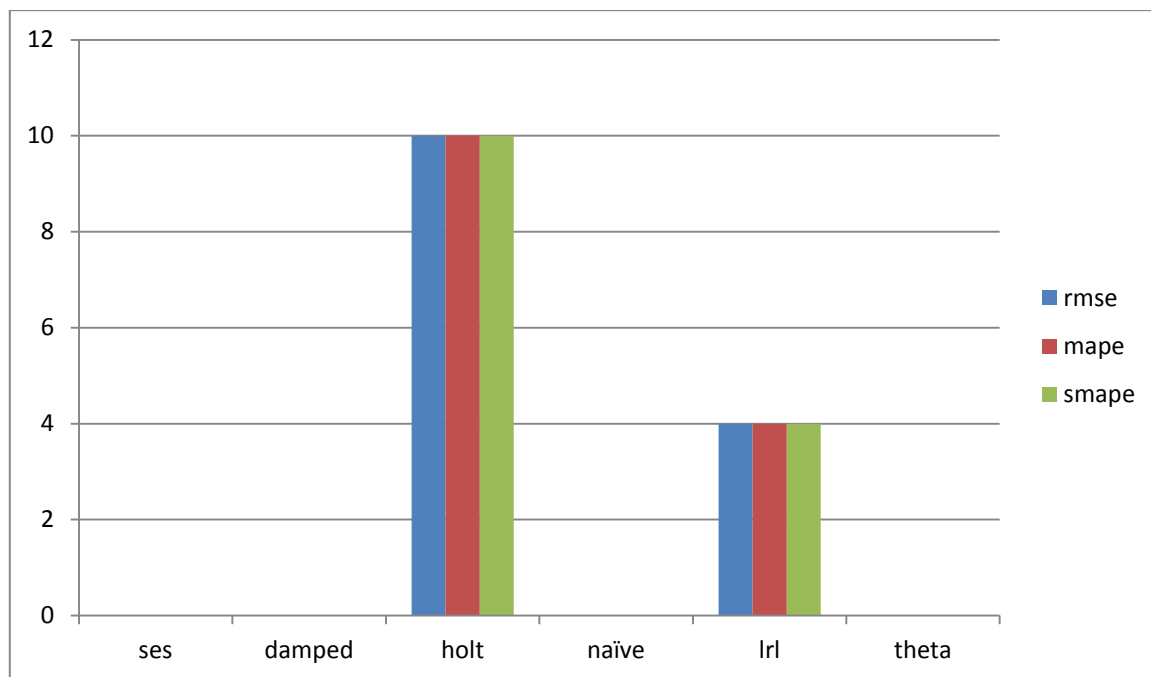
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ποια μέθοδος είχε τις ακριβέστερες προβλέψεις για κάθε μία από αυτές τις χώρες:

COUNTRY	RMSE	MAPE	SMAPE
Austria	Holt	Holt	Holt
Belgium	Holt	Holt	Holt
Cyprus	Holt	Holt	Holt
Denmark	Lrl	Lrl	Lrl
France	Holt	Holt	Holt
Germany	Holt	Holt	Holt
Greece	Lrl	Lrl	Lrl
Hungary	Lrl	Lrl	Lrl
Italy	Holt	Holt	Holt
Netherlands	Lrl	Lrl	Lrl
Portugal	Holt	Holt	Holt
Spain	Holt	Holt	Holt
Sweden	Holt	Holt	Holt
UK	Holt	Holt	Holt

Πίνακας 6. 31 Αποτελέσματα-Καλύτερη Μέθοδος ανά Χώρα-Ηλιοθερμική Ενέργεια

Στην περίπτωση της ηλιοθερμικής ενέργειας, για κάθε χώρα όλοι οι δείκτες συμφωνούν ως προς την καλύτερη μέθοδο για τη χώρα αυτή. Επιπλέον, όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα η μέθοδος holt δίνει για την πλειοψηφία των χωρών τα καλύτερα αποτελέσματα ενώ η lrl είναι η μόνη από τις υπόλοιπες μεθόδους που αποδεικνύεται ακριβέστερη μέθοδος για κάποιες χώρες. Παρατηρούμε ότι η μέθοδος holt παρουσιάζει τα καλύτερα αποτελέσματα και στους μέσους όρους και στην bottom up προσέγγιση και στη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης.





Γράφημα 6. 32 Ηλιοθερμική Ενέργεια

Για την παραγωγή ενέργειας από την καύση της βιομάζας και λοιπών αποβλήτων:

	BIOMAS S	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	9118,54	6303,51	<b>5687,67</b>	9081,24	10257,20	8019,26
	MAPE	18,22	14,03	<b>11,86</b>	18,09	18,18	15,89
	SMAPE	21,38	16,05	<b>13,43</b>	21,23	21,01	18,38
BOTTOM UP	RMSE	243555,02	221465,85	<b>143365,81</b>	218469,51	224098,34	202324,56
	MAPE	18,85	17,47	<b>11,35</b>	16,49	18,12	15,60
	SMAPE	21,07	19,30	<b>12,09</b>	18,23	19,79	17,10
EU-27	RMSE	219072,02	60425,88	<b>55412,59</b>	218448,43	224102,47	182972,61
	MAPE	16,54	4,14	<b>3,78</b>	16,49	18,12	13,78
	SMAPE	18,30	4,26	<b>3,88</b>	18,23	20,02	14,97

Πίνακας 6. 32 Αποτελέσματα-Βιομάζα

Η περίπτωση της βιομάζας και των λοιπών αποβλήτων που είναι μια από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς τη χρησιμοποιούν όλες οι χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης (εκτός από τη Μάλτα που μέχρι το 2010 δεν είχε καθόλου ΑΠΕ) και παράγει ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής παραγωγής

ανανεώσιμης ενέργειας της κάθε χώρας , παρατηρούμε ότι οι μέσοι όροι των σφαλμάτων όλων των χωρών είναι μικρότεροι για τη μέθοδο holt, ενώ η μέθοδος αυτή αποδίδει καλύτερα και στην bottom up προσέγγιση αλλά και στην εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης στη χρονοσειρά της παραγόμενης ενέργειας από τη βιομάζα και τα λοιπά απόβλητα στην ευρωπαϊκή ένωση. Τέλος, είναι εμφανές ότι η εφαρμογή των μεθόδων απευθείας στη συνολική χρονοσειρά έχει εμφανώς μικρότερα σφάλματα από την bottom up προσέγγιση τόσο για τη μέθοδο holt όσο και για τις υπόλοιπες μεθόδους, με μόνη εξαίρεση την lrl, γεγονός που μας αναγκάζει να συμπεράνουμε ότι συνολικά η top down προσέγγιση αποδίδει καλύτερα και για τη συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή.

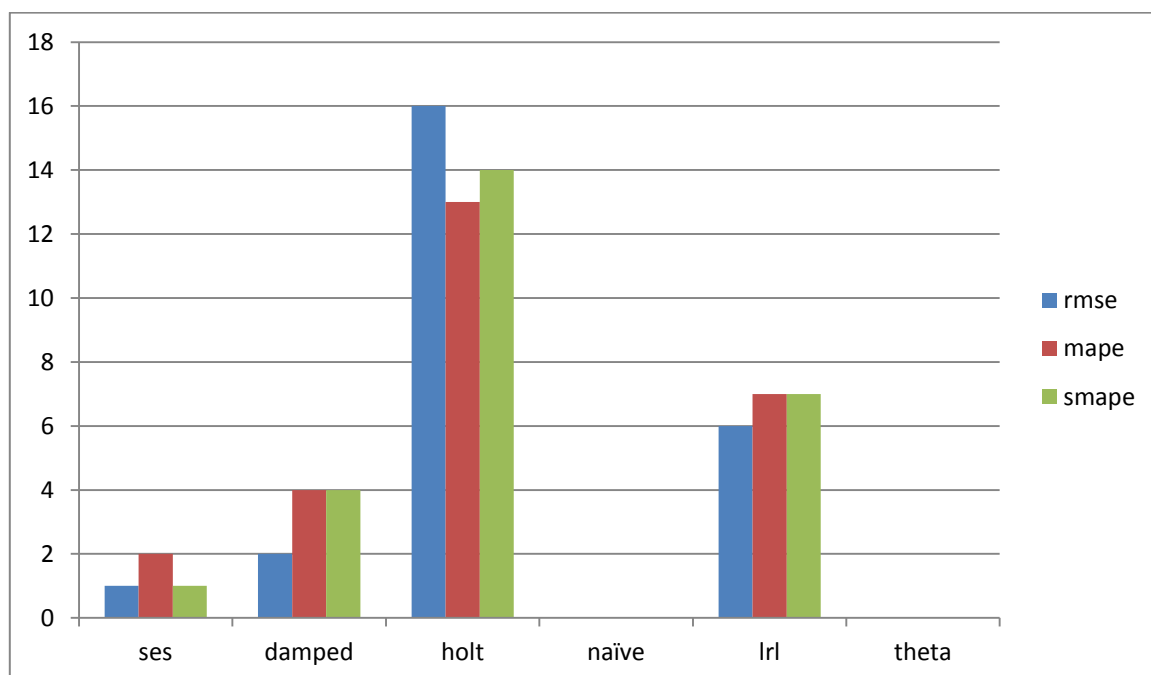
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται για κάθε χώρα και για κάθε δείκτη σφάλματος ποια μέθοδος είχε τα καλύτερα αποτελέσματα:

COUNTRY	RMSE	MAPE	SMAPE
Austria	Holt	Holt	Holt
Belgium	Holt	Holt	Holt
Bulgaria	Holt	Ses	Holt
Cyprus	Lrl	Lrl	Lrl
Czech Republic	Holt	Holt	Holt
Denmark	Holt	Holt	Holt
Estonia	Lrl	Lrl	Lrl
Finland	Damped	Damped	Damped
France	Holt	Holt	Holt
Germany	Damped	Damped	Damped
Greece	Ses	Ses	Ses
Hungary	Holt	Damped	Damped
Ireland	Holt	Holt	Holt
Italy	Holt	Holt	Holt
Latvia	Lrl	Lrl	Lrl
Lithuania	Holt	Holt	Holt
Luxembourg	Holt	Damped	Damped

Netherlands	Lrl	Lrl	Lrl
Poland	Lrl	Lrl	Lrl
Portugal	Holt	Holt	Holt
Romania	Lrl	Lrl	Lrl
Slovakia	Holt	Holt	Holt
Slovenia	Lrl	Lrl	Lrl
Spain	Holt	Holt	Holt
Sweden	Holt	Holt	Holt
UK	Holt	Holt	Holt

Πίνακας 6. 33 Καλύτερη Μέθοδος ανά Χώρα Βιομάζα

Παρατηρούμε ότι και στην περίπτωση της βιομάζας οι δείκτες συμφωνούν στην πλειοψηφία των χωρών για την καλύτερη μέθοδο πρόβλεψης της κάθε χώρας. Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται ο αριθμός των χωρών στις οποίες κάθε μέθοδος για κάθε δείκτη σφάλματος θεωρείται καλύτερη των υπολοίπων:



Γράφημα 6. 33 Βιομάζα

Παρατηρούμε λοιπόν ότι και για την παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα η μέθοδος holt είναι ακριβέστερη για την πλειοψηφία των χωρών με κριτήριο οποιονδήποτε από τους εξεταζόμενους δείκτες. Επίσης και εδώ η μέθοδος που

έρχεται δεύτερη είναι η απλή γραμμική παλινδρόμηση ενώ η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης είναι αυτή που έχει τα μικρότερα σφάλματα και σαν μέσο όρο, και στη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης αλλά και στην bottom up προσέγγιση.

**Για την παραγωγή ενέργειας από τη γεωθερμία του εδάφους:**

	<b>GEOTHERMAL</b>	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
<b>AVERAGE</b>	RMSE	407,81	705,40	716,83	<b>406,04</b>	660,59	534,22
	MAPE	23,09	33,84	34,19	<b>22,72</b>	36,18	25,09
	SMAPE	27,02	31,91	33,70	<b>26,33</b>	111,90	32,44
<b>BOTTOM UP</b>	RMSE	3635,94	1950,45	3034,34	2864,59	2214,72	<b>936,69</b>
	MAPE	5,27	2,87	3,91	4,10	2,78	<b>1,28</b>
	SMAPE	5,42	2,91	3,81	4,19	2,79	<b>1,29</b>
<b>EU-27</b>	RMSE	2532,51	2908,94	3363,93	2507,25	2375,18	<b>389,90</b>
	MAPE	3,58	3,88	4,51	3,54	2,94	<b>0,41</b>
	SMAPE	3,65	3,79	4,39	3,61	2,88	<b>0,42</b>

Πίνακας 6. 34 Αποτελέσματα-Γεωθερμική Ενέργεια

Στην περίπτωση της παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας την οποία αξιοποιούν 15 κράτη-μέλη, οι μέσοι όροι των σφαλμάτων που είχε η εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης στις σχετικές χρονοσειρές των 15 αυτών χωρών ήταν μικρότεροι για τη μέθοδο naïve. Αντίστοιχα, για την bottom up προσέγγιση καλύτερα αποτελέσματα έδωσε η μέθοδος theta η οποία απέδωσε καλύτερα και κατά την εφαρμογή των μεθόδων στην χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι ούτε στην περίπτωση της γεωθερμικής ενέργειας η bottom up έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από την απευθείας εφαρμογή των μεθόδων στη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης καθώς για τις μεθόδους ses naïve και theta η εφαρμογή τους είχε μικρότερα σφάλματα στην περίπτωση της χρονοσειράς της ευρωπαϊκής ένωσης. Μπορεί οι μέθοδοι αυτοί να είναι μόνο οι μισές από τις μεθόδους που εξετάζονται, συμπεριλαμβάνεται όμως σ' αυτές και η μέθοδος theta η οποία είναι η καλύτερη μέθοδος και για τις δύο προσεγγίσεις.

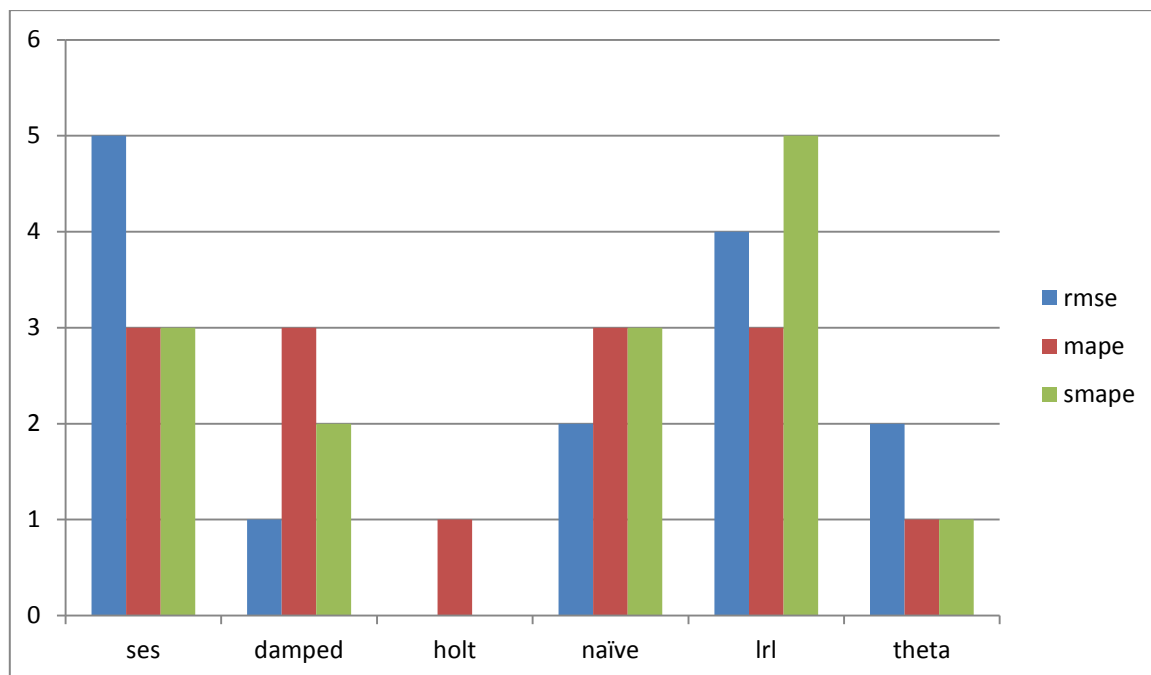
Τα κράτη-μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης που παράγουν γεωθερμική ενέργεια καθώς και η μέθοδος που απέδωσε καλύτερα για κάθε δείκτη σφάλματος φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

COUNTRY	RMSE	MAPE	SMAPE
Austria	Ses	Ses	Ses
Belgium	Theta	Damped	Lrl
Denmark	Ses	Ses	Ses
France	Naïve	Damped	Damped
Germany	Lrl	Lrl	Lrl
Greece	Theta	Theta	Theta
Hungary	Lrl	Lrl	Lrl
Italy	Ses	Ses	Ses
Lithuania	Ses	Naïve	Naïve
Poland	Ses	Naïve	Naïve
Portugal	Lrl	Lrl	Lrl
Romania	Lrl	Holt	Lrl
Slovakia	Naïve	Naïve	Naïve
Spain	Damped	Damped	Damped

Πίνακας 6. 35-Καλύτερη Μέθοδος ανά Χώρα-Γεωθερμική Ενέργεια

Πρέπει να σημειωθεί ότι και το Ηνωμένο Βασίλειο (UK) παράγει γεωθερμική ενέργεια αλλά καθώς έχει σταθερή παραγωγή τα σφάλματα όλων των μεθόδων είναι μηδενικά επομένως δεν μπορεί να ξεκαθαριστεί ποια μέθοδος αποδίδει καλύτερα. Ο πίνακας αυτός, όπως και οι προηγούμενοι, συμπληρώθηκε μετά από σύγκριση των σφαλμάτων της κάθε μεθόδου όπως αυτά παρουσιάζονται στους πίνακες του παραρτήματος.

Στη συνέχεια παρατίθεται ένα ποσοτικό γράφημα που περιγράφει για κάθε δείκτη σφάλματος πόσες από τις 15 (14) χώρες εμφανίζουν τα μικρότερα σφάλματα για κάθε μέθοδο.



Γράφημα 6. 34 Γεωθερμική Ενέργεια

Όπως φαίνεται από το γράφημα με βάση το δείκτη rmse η μέθοδος που αποδίδει καλύτερα για 5 από τις 14 χώρες είναι η ses. Με κριτήριο το δείκτη mape ισοψηφούν οι ses, damped, naïve, και lrl με τρεις χώρες η κάθε μία ενώ με κριτήριο το δείκτη smape πρώτη έρχεται η lrl η οποία αποδίδει καλύτερα για 5 χώρες. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η μέθοδος holt αποδίδει καλύτερα από τις άλλες μόνο για τη χρονοσειρά της Ρουμανίας και μόνο για το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (mape).

#### Για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας:

	HYDRO	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	1753,88	1599,99	2201,55	1940,99	<b>1545,21</b>	1719,58
	MAPE	15,95	17,08	18,72	16,89	<b>15,14</b>	15,88
	SMAPE	16,30	17,74	18,10	17,03	<b>14,73</b>	15,68
BOTTOM UP	RMSE	31187,78	36367,43	44907,98	31335,22	<b>19513,33</b>	29695,66
	MAPE	6,70	8,20	10,51	6,76	<b>4,82</b>	6,29
	SMAPE	7,11	8,76	11,38	7,17	<b>5,01</b>	6,66
EU-27	RMSE	31386,39	30171,36	46394,24	31335,22	<b>19513,44</b>	30019,86
	MAPE	6,78	6,41	11,17	6,76	<b>4,82</b>	6,38
	SMAPE	7,19	6,79	12,11	7,17	<b>4,84</b>	6,76

Πίνακας 6. 36 Αποτελέσματα-Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Για την υδροηλεκτρική ενέργεια την οποία παράγουν όλα τα κράτη-μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης εκτός από την Κύπρο (και τη Μάλτα φυσικά) οι μέσοι όροι των σφαλμάτων των χωρών ήταν μικρότεροι για το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Επίσης, το μοντέλο αυτό παρουσίασε τα μικρότερα σφάλματα και

στην bottom up προσέγγιση αλλά και κατά την εφαρμογή του στη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης. Η υδροηλεκτρική ενέργεια λοιπόν αποτελεί άλλη μια περίπτωση ανανεώσιμης ενέργειας όπου παρατηρείται ομόφωνη επιλογή καλύτερης μεθόδου και στα τρία πεδία του πίνακα. Εδώ όμως για πρώτη φορά στην εξέταση ανά ενέργεια παρατηρείται ότι για την bottom up προσέγγιση για την πλειοψηφία των μεθόδων και την πλειοψηφία των δεικτών σφάλματος τα σφάλματα είναι μικρότερα από ότι στην περίπτωση της εφαρμογής της μεθόδου απευθείας στη χρονοσειρά που περιγράφει την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας στην ευρωπαϊκή ένωση. Ακόμη και στην περίπτωση της lrl που είναι η βέλτιστη μέθοδος για τις δύο προσεγγίσεις ο δείκτης rmse (και μόνο αυτός, ακόμη κι αν δεν φαίνεται εδώ λόγω στρογγυλοποίησης, είναι ευδιάκριτη η διαφορά στους πίνακες του παραρτήματος) είναι μικρότερος για την bottom up προσέγγιση. Έτσι συμπεραίνουμε ότι στην περίπτωση της παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, η bottom up εμφανίζει συνολικά καλύτερα αποτελέσματα από την top down στρατηγική.

Ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας με την καλύτερη μέθοδο για κάθε χώρα και για κάθε δείκτη ακρίβειας:

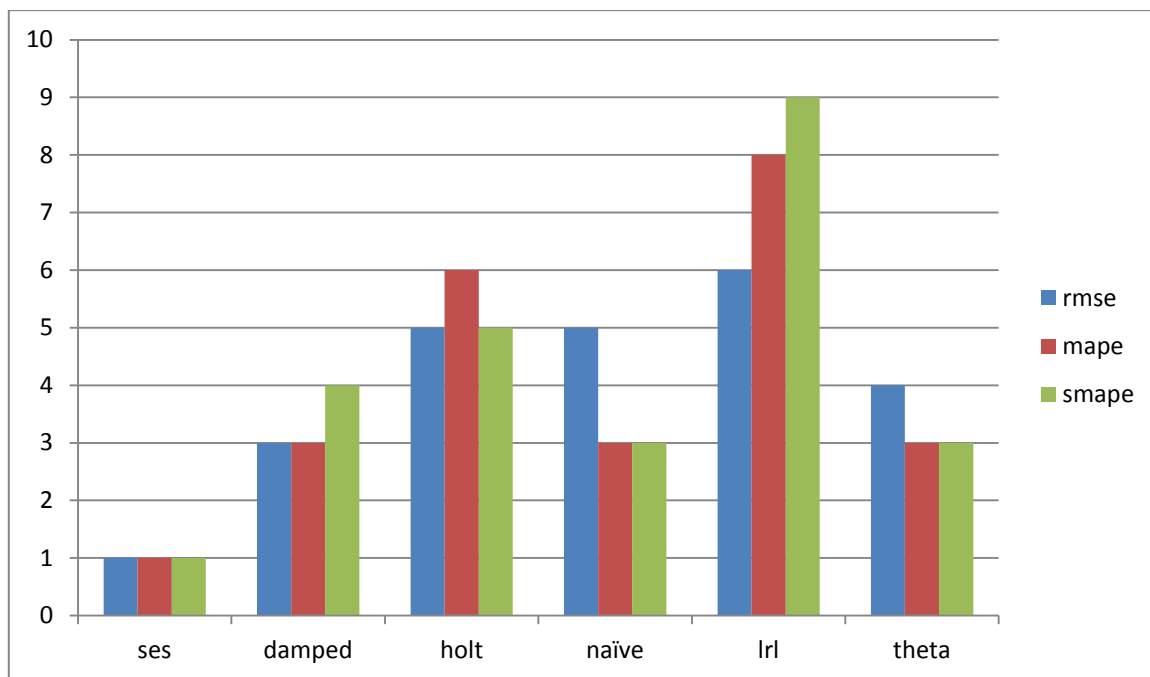
COUNTRY	RMSE	MAPE	SMAPE
Austria	Lrl	Lrl	Lrl
Belgium	Naïve	Holt	Holt
Bulgaria	Lrl	Lrl	Lrl
Czech Republic	Theta	Theta	Theta
Denmark	Naïve	Holt	Lrl
Estonia	Lrl	Lrl	Lrl
Finland	Damped	Damped	Damped
France	Lrl	Lrl	Lrl
Germany	Naïve	Theta	Theta
Greece	Lrl	Lrl	Lrl
Hungary	Holt	Holt	Holt

Ireland	Damped	Lrl	Lrl
Italy	Holt	Holt	Damped
Latvia	Ses	Ses	Ses
Lithuania	Holt	Holt	Holt
Luxembourg	Naïve	Naive	Naïve
Netherlands	Holt	Holt	Holt
Poland	Holt	Lrl	Lrl
Portugal	Theta	Holt	Holt
Romania	Damped	Damped	Damped
Slovakua	Theta	Damped	Damped
Slovenia	Lrl	Lrl	Lrl
Spain	Theta	Naïve	Naïve
Sweden	Theta	Theta	Theta
UK	Theta	Naïve	Naïve

Πίνακας 6. 37 Καλύτερη Μέθοδος Ανά Χώρα-Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Ακολουθεί το γράφημα που δείχνει για κάθε δείκτη ακρίβειας, κάθε μέθοδος για πόσες χώρες παρουσίασε καλύτερες προβλέψεις:





Γράφημα 6. 35 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Παρατηρούμε, ότι για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας για κάθε χώρα αλλά και συχνά για διαφορετικό δείκτη σφάλματος, διαφορετικές μέθοδοι δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα. Φυσικά όπως ίσως θα περίμενε κανείς από τους μέσους όρους και την bottom up προσέγγιση, η μέθοδος lrl είναι αυτή που δίνει καλύτερα αποτελέσματα για περισσότερες χώρες απ' ότι οι άλλες μέθοδοι, αλλά ο αριθμός των χωρών αυτών δεν εκφράζει ούτε τις μισές χώρες από αυτές που παράγουν υδροηλεκτρική ενέργεια στην ευρωπαϊκή ένωση. Η αμέσως επόμενη μέθοδος που δίνει καλύτερα αποτελέσματα για κάποιο αριθμό χωρών είναι η μέθοδος holt.

Για την παραγωγή αιολικής ενέργειας:

	WIND	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	2293,18	826,30	<b>764,92</b>	2285,05	2680,87	2003,14
	MAPE	41,00	22,56	<b>22,01</b>	39,32	47,52	36,68
	SMAPE	60,24	27,52	<b>26,48</b>	55,51	66,88	51,04
BOTTOM UP	RMSE	51979,03	46183,62	<b>28248,43</b>	47197,81	53832,22	44324,56
	MAPE	37,90	34,39	<b>21,59</b>	33,82	41,21	32,43
	SMAPE	47,39	41,80	<b>24,22</b>	41,36	49,43	39,09
EU-27	RMSE	47278,14	14810,64	<b>13979,74</b>	47165,96	54821,34	40784,86
	MAPE	33,89	11,05	<b>10,52</b>	33,79	41,98	29,38
	SMAPE	41,46	11,71	<b>11,12</b>	41,32	53,25	34,86

Πίνακας 6. 38 Αποτελέσματα-Αιολική Ενέργεια

Παραγωγή αιολικής ενέργειας έχουν 21 κράτη-μέλη, δηλαδή όλες οι χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης εκτός από τη Βουλγαρία, την Κύπρο, τη Λιθουανία, τη Σλοβενία, τη Ρουμανία και φυσικά τη Μάλτα. Οι μέσοι όροι των σφαλμάτων που είχε η εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης στις 21 αυτές χρονοσειρές, είναι μικρότεροι για το μοντέλο της εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης. Επιπλέον, τα σφάλματα αυτής της μεθόδου ήταν μικρότερα κατά την bottom up προσέγγιση αλλά και κατά την εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης στη χρονοσειρά που περιγράφει την παραγωγή αιολικής ενέργειας της ευρωπαϊκής ένωσης. Τέλος, συγκρίνοντας τους δείκτες ακρίβειας που είχε η κάθε μέθοδος για την bottom up και τη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης παρατηρούμε ότι για όλες τις μεθόδους εκτός από την Irl η απευθείας εφαρμογή των μεθόδων στη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης έχει μικρότερους δείκτες σφάλματος.

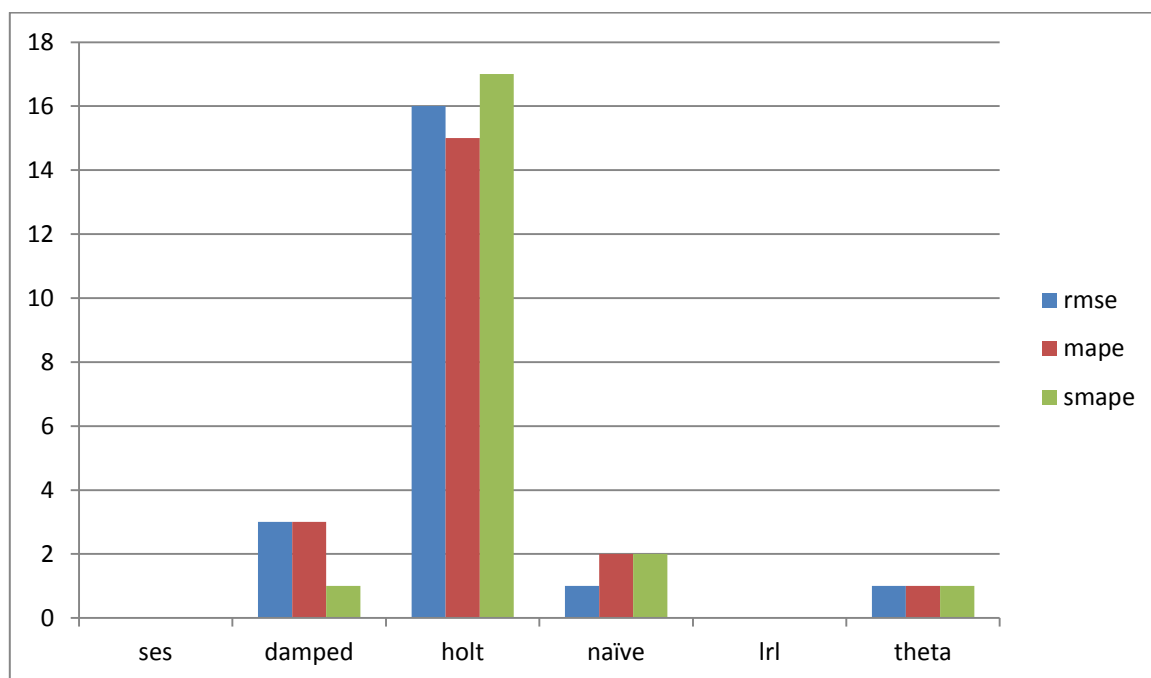
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μέθοδοι με τα μικρότερα σφάλματα για κάθε μία από τις 21 χώρες:

COUNTRY	RMSE	MAPE	SMAPE
Austria	Theta	Theta	Theta
Belgium	Holt	Holt	Holt
Czech Republic	Holt	Holt	Holt
Denmark	Holt	Holt	Holt
Estonia	Holt	Holt	Holt
Finland	Holt	Holt	Holt
France	Holt	Holt	Holt
Germany	Holt	Damped	Holt
Greece	Holt	Holt	Holt
Hungary	Holt	Holt	Holt
Ireland	Damped	Damped	Damped
Italy	Holt	Holt	Holt
Latvia	Holt	Holt	Holt
Luxembourg	Naïve	Naïve	Naïve
Netherlands	Damped	Damped	Holt
Poland	Holt	Holt	Holt

Portugal	Holt	Holt	Holt
Slovakia	Damped	Naïve	Naïve
Spain	Holt	Holt	Holt
Sweden	Holt	Holt	Holt
UK	Holt	Holt	Holt

Πίνακας 6. 39 Καλύτερη Μέθοδος ανά Χώρα-Αιολική Ενέργεια

Και το αντίστοιχο γράφημα που παρουσιάζει τον αριθμό των χωρών στις οποίες κάθε μέθοδος είχε ακριβέστερες προβλέψεις:



Γράφημα 6. 36 Αιολική Ενέργεια

Όπως φαίνεται ξεκάθαρα στο γράφημα η μέθοδος holt είχε τη μεγαλύτερη ακρίβεια στην πρόβλεψη παραγωγής αιολικής ενέργειας για τη συντριπτική πλειοψηφία των χωρών γεγονός που εξηγεί στην περίπτωση αυτή το ότι οι μέσοι όροι, τα σφάλματα στη bottom up και τα σφάλματα στην χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης ήταν μικρότερα για τη μέθοδο holt.

### Για τη φωτοβολταϊκή ενέργεια:

	SOLAR PV	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
AVERAGE	RMSE	891,55	710,47	<b>702,60</b>	890,92	959,92	884,56
	MAPE	54,12	<b>47,97</b>	50,87	54,07	61,39	54,98
	SMAPE	89,52	<b>78,41</b>	79,32	89,44	95,22	88,30
BOTTOM UP	RMSE	12078,63	12032,44	<b>11591,04</b>	11769,24	12612,43	11925,93
	MAPE	72,87	74,78	71,15	<b>67,91</b>	83,14	71,41
	SMAPE	120,46	123,70	114,55	<b>110,07</b>	133,80	116,94
EU-27	RMSE	11774,36	9159,48	<b>9038,00</b>	11766,04	12651,03	11650,23
	MAPE	67,99	44,71	<b>43,90</b>	67,86	83,59	66,91
	SMAPE	110,23	63,73	<b>62,25</b>	109,96	145,89	107,70

Πίνακας 6. 40 Αποτελέσματα-Φωτοβολταϊκή Ενέργεια

Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις έχουν 13 χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης. Ο μέσος όρος των ριζών των μέσων τετραγωνικών σφαλμάτων για τις χώρες αυτές ,ήταν μικρότερος για το μοντέλο της εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης. Ο μέσος όρος των μέσων απόλυτων ποσοστιαίων σφαλμάτων καθώς και ο μέσος όρος των συμμετρικών μέσων απόλυτων ποσοστιαίων σφαλμάτων ήταν μικρότεροι για τη μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης φθίνουσας τάσης. Αντίστοιχα για την bottom up προσέγγιση τη μικρότερη ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος είχε το μοντέλο της γραμμικής τάσης, ενώ το μικρότερο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα καθώς και το μικρότερο συμμετρικό μέσο ποσοστιαίο σφάλμα είχε η μέθοδος naïve. Τέλος, στην περίπτωση της χρονοσειράς που περιγράφει την παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις για την ευρωπαϊκή ένωση, τα σφάλματα ήταν μικρότερα για τη μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης.

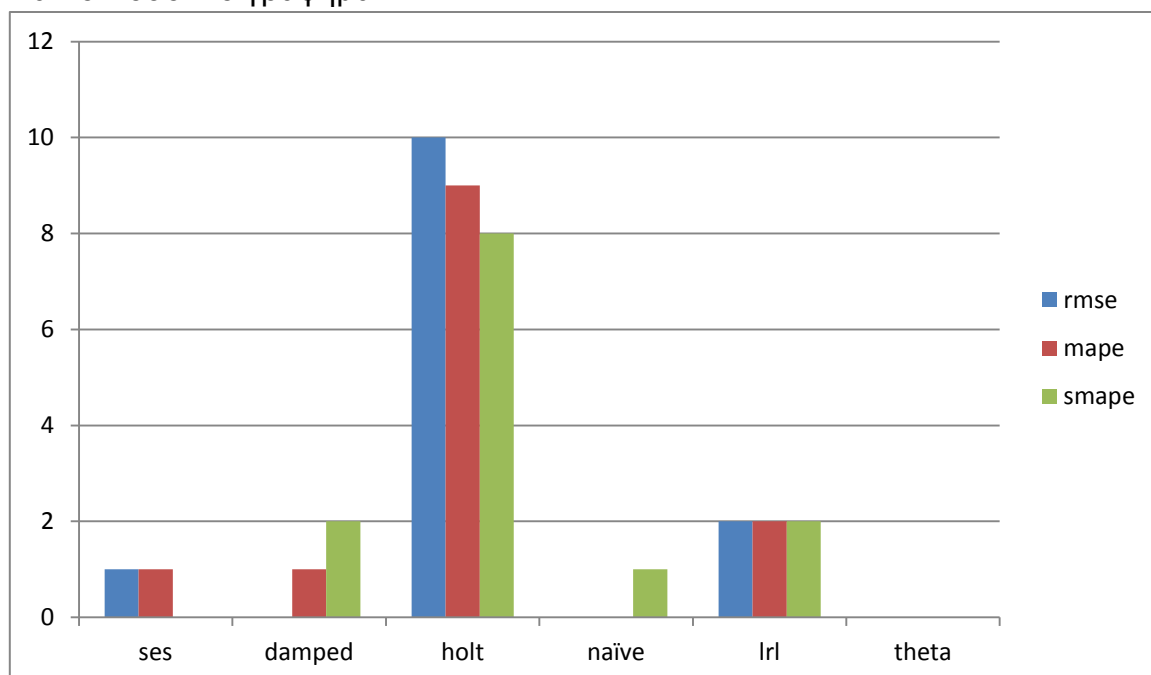
Επίσης, και για αυτή την ανανεώσιμη πηγή ενέργειας παρατηρούμε ότι όλες οι μέθοδοι εκτός από την απλή γραμμική παλινδρόμηση παρουσιάζουν μικρότερα σφάλματα όταν εφαρμόζονται στην χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης απ' ότι στην περίπτωση της bottom up.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι 13 χώρες που έχουν παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας καθώς και η μέθοδος που αποδίδει καλύτερα για κάθε δείκτη σφάλματος:

COUNTRY	RMSE	MAPE	SMAPE
Austria	Holt	Holt	Holt
Belgium	Holt	Holt	Holt
Denmark	Lrl	Lrl	Lrl
Finland	Holt	Holt	Holt
France	Holt	Holt	Holt
Germany	Holt	Holt	Holt
Italy	Holt	Holt	Holt
Luxembourg	Ses	Ses	Naïve
Netherlands	Holt	Holt	Holt
Portugal	Holt	Holt	Holt
Spain	Holt	Holt	Damped
Sweden	Lrl	Lrl	Lrl
UK	Holt	Damped	Damped

Πίνακας 6. 41 Καλύτερη Μέθοδος ανά Χώρα-Φωτοβολταϊκή Ενέργεια

Και το ποσοτικό γράφημα:



Γράφημα 6. 37 Φωτοβολταϊκή Ενέργεια

Όπως είναι φανερό για τη συντριπτική πλειοψηφία των χωρών που έχουν παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις πιο ακριβής εμφανίζεται η μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης. Πρέπει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα ξεκίνησε να έχει παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά μόλις το 2004 γι αυτό δεν έχει συμπεριληφθεί στο πείραμα. Παρόλο που είναι σχετικά πρόσφατη, η εκμετάλλευση της φωτοβολταϊκής ενέργειας είναι ταχύτατα αναπτυσσόμενη στη χώρα μας.

### 6.3 Γενικά συμπεράσματα πρώτου πειράματος

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτουν κάποια χρήσιμα συμπεράσματα για την απόδοση των μεθόδων χρονοσειρών σε δεδομένα που εκφράζουν παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας που για κάθε χώρα απεικονίζει ποιες μέθοδοι απέδωσαν καλύτερα στην bottom up προσέγγιση και ποιες στην top down. Στις περιπτώσεις όπου κάποια μέθοδος είχε την τιμή ενός δείκτη μικρότερη για μία προσέγγιση και την τιμή των υπόλοιπων δεικτών μικρότερη για την άλλη προσέγγιση έχει τοποθετηθεί και στις δύο στήλες του πίνακα:

COUNTRY	BOTTOM UP	TOP DOWN
Austria	Damped,holt,lrl	Ses,naïve,theta
Belgium	Naïve,lrl	Ses,damped,holt,theta
Bulgaria	Ses,damped,holt,naïve,lrl,theta	-
Cyprus	-	Ses,damped,holt,naïve,lrl,theta
Czech Republic	lrl	Ses,damped,holt,naïve,theta
Denmark	Damped,holt,naïve,lrl,theta	Ses,lrl
Estonia	Ses,damped,holt,lrl,theta	Naïve
Finland	Damped,holt,naïve	Ses,lrl,theta
France	-	Ses,damped,holt,naïve,lrl,theta
Germany	Naïve	Ses,damped,holt.lrl,theta
Greece	Ses,damped,holt,naïve,lrl,theta	Naïve
Hungary	Lrl,theta	Ses,damped,holt,naïve,theta

Ireland	Lrl	Ses,damped,holt,naïve,theta
Italy	Naïve	Ses,damped,holt,naïve,lrl,theta
Latvia	Ses,damped,holt,theta	Ses,naïve,lrl,theta
Lithuania	-	Ses,damped,holt,naïve,lrl,theta
Luxembourg	Naïve,lrl	Ses,damped,holt,theta
Netherlands	Naïve,lrl	Ses,holt,damped,theta
Poland	Lrl	Ses,damped,holt,naïve,theta
Portugal	Ses,holt,naïve,lrl,theta	Damped,lrl
Romania	Damped,naïve,theta	Ses,holt,lrl
Slovakia	Damped,holt	Ses,holt,naïve,lrl,theta
Slovenia	Ses,damped,holt,lrl	Naïve,theta
Spain	Ses,theta	Damped,holt,naïve,lrl
Sweden	Ses,damped,naïve,lrl,theta	Holt,lrl
UK	Naïve,lrl	Ses,damped,holt,theta

Πίνακας 6. 42 Bottom up-Top down

Όπως είναι φανερό με κριτήριο την πλειοψηφία των μεθόδων σε κάθε κατηγορία οι χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης στις οποίες η bottom up στρατηγική οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα είναι οι εξής:

Αυστρία, Βουλγαρία, Δανία, Εσθονία, Ελλάδα, Πορτογαλία, Σλοβενία και Σουηδία.

Αντίστοιχα οι χώρες στις οποίες απέδωσε η top down είναι οι ακόλουθες:

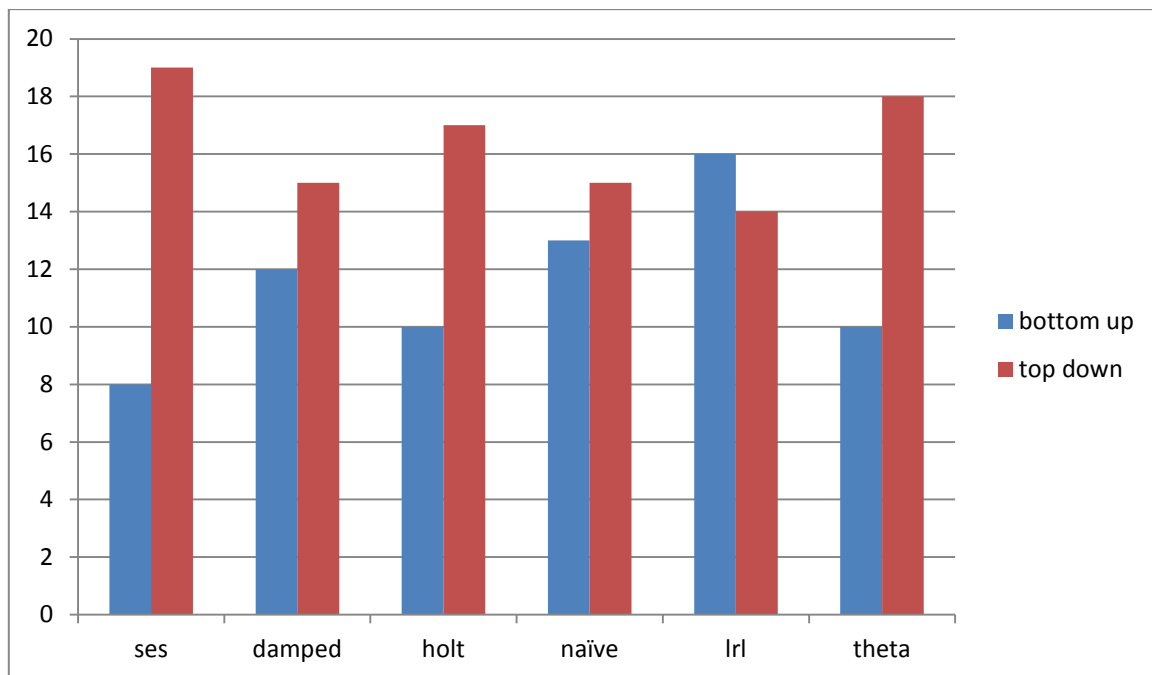
Βέλγιο, Κύπρος, Τσεχία, Γαλλία, Γερμανία, Ουγγαρία, Ιρλανδία, Ιταλία, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Πολωνία, Ρουμανία, Σλοβακία, Ισπανία και Ηνωμένο Βασίλειο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στις περιπτώσεις της Αυστρίας και της Ρουμανίας προκειμένου να καταλήξουμε στην καλύτερη προσέγγιση δώσαμε μεγαλύτερη βαρύτητα στη μέθοδο που εμφανιζόταν καλύτερη και για τις δύο προσεγγίσεις. Επίσης, για τη Φιλανδία και τη Λετονία δεν κατέστη δυνατό να βγει κάποιο σχετικό συμπέρασμα.

Μία σημαντική παρατήρηση είναι ότι όλες οι χώρες στις οποίες, τόσο για την bottom up όσο και για το πεδίο total της χρονοσειράς της συνολικής ενέργειας της χώρας μεγαλύτερη ακρίβεια παρουσίαζε η μέθοδος holt, η προσέγγιση με τα ακριβέστερα αποτελέσματα για τη χώρα είναι η top down ενώ όλες οι χώρες πλην της Κύπρου οι

οποίες στα πεδία bottom up και total η και μόνο στο πεδίο total τα οι καλύτεροι δείκτες σφάλματος ήταν για τη μέθοδο lrl αποδίδουν καλύτερα στην bottom up στρατηγική.

Στη συνέχεια παρατίθεται ένα γράφημα που απεικονίζει για κάθε μέθοδο σε πόσες χώρες είχε μικρότερα σφάλματα η bottom up και σε πόσες χώρες η total. Με την ίδια λογική που ακολουθήθηκε προηγουμένως αν η περίπτωση είναι διαφορετική για κάποιους από τους δείκτες, η χώρα για την οποία παρατηρήθηκε αυτό προσμετρείται και στις δύο κατηγορίες.



Γράφημα 6. 38 Bottom up/Top down

Φαίνεται λοιπόν ότι όλες οι μέθοδοι εκτός από την lrl τείνουν να δίνουν καλύτερα αποτελέσματα στις top down προσεγγίσεις. Φυσικά αυτό είναι πιο ξεκάθαρο στις περιπτώσεις της ses, της theta αλλά και της holt όπου παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ του αριθμού των χωρών για τις οποίες οι μέθοδοι αυτές έχουν μικρότερα σφάλματα στη χρονοσειρά της συνολικής ενέργειας και του αριθμού των χωρών για τις οποίες οι μέθοδοι εμφανίζουν μικρότερα σφάλματα στην bottom up προσέγγιση.

Είναι αξιοσημείωτο ότι η μέθοδος holt εμφανίζει τα καλύτερα αποτελέσματα στην προσέγγιση που είναι αποδοτικότερη συνολικά για την εκάστοτε χώρα ενώ για τη μέθοδο lrl παρατηρείται το αντίθετο.

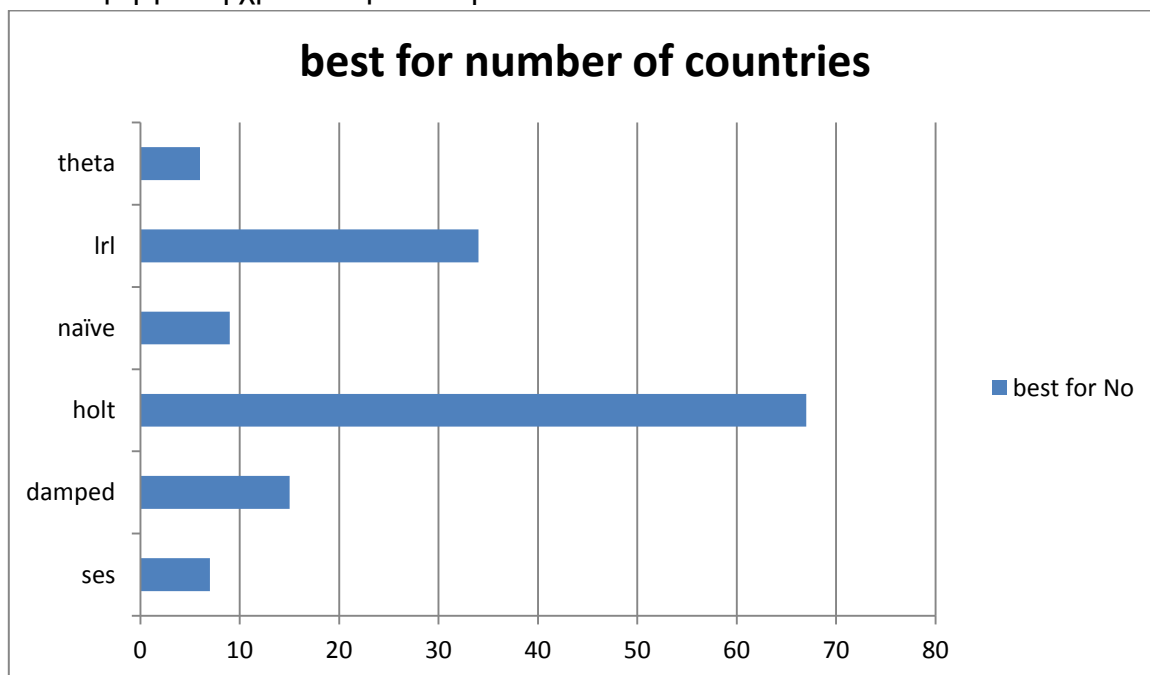
Στην ανάλυση ανά ενέργεια τα πράγματα είναι πιο ξεκάθαρα αφού για όλες τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας που εξετάζονται εκτός από την υδροηλεκτρική, η



εφαρμογή των μεθόδων απευθείας στις χρονοσειρές που περιγράφουν την παραγωγή ενέργειας από αυτές τις πηγές στην Ευρωπαϊκή Ένωση παρουσίασε μικρότερα σφάλματα συνολικά απ' ό,τι στην bottom up προσέγγιση.

Βέβαια και εδώ παρατηρείται το φαινόμενο που παρατηρήσαμε και στην ανάλυση ανά χώρα για τη holt και την Irl. Άλλωστε, η περίπτωση της υδροηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αποτελεί τη μοναδική περίπτωση όπου αποδίδει καλύτερα η bottom up, τα μικρότερα σφάλματα και στα τρία πεδία έδωσε η μέθοδος Irl.

Επιπλέον είναι ξεκάθαρο από τα στοιχεία που προέκυψαν για όλες τις χρονοσειρές ότι στα ενεργειακά δεδομένα που αφορούν την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας σε γιγαβατώρες στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων καλύτερα αποτελέσματα εμφανίζει η εφαρμογή του μοντέλου εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης, ενώ δεύτερο έρχεται το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Τα συμπεράσματα αυτά φαίνονται καλύτερα στο παρακάτω γράφημα. Το γράφημα αυτό δείχνει για κάθε μέθοδο, τον αριθμό των χρονοσειρών στις οποίες αυτή είχε τα καλύτερα αποτελέσματα. Πρέπει να σημειωθεί ότι από τις 147 χρονοσειρές του πειράματος αυτού εξαιρέθηκαν οι 7 που αφορούν τα μεγέθη των ενεργειών για όλη την ευρωπαϊκή ένωση καθώς και τρεις ακόμη χρονοσειρές στις οποίες επειδή κάθε δείκτης υποδείκνυε διαφορετική μέθοδο ως καλύτερη δεν μπορούσε να θεωρηθεί κάποια ότι δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα. Στις υπόλοιπες χρονοσειρές, η μέθοδος που είχε τα μικρότερα σφάλματα είτε για όλους τους δείκτες είτε για την πλειοψηφία τους, θεωρήθηκε καλύτερη για τη χρονοσειρά αυτή.



Γράφημα 6. 39 Ακριβέστερη Μέθοδος

Στη συνέχεια έγινε μια προσπάθεια να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα για ομάδες χωρών που ανήκουν σε κάποιες κατηγορίες. Οι κατηγορίες που επιλέχθηκαν είναι αυτές της ευρωζώνης, των κρατών-μελών που συμμετέχουν στους G-20 καθώς και αυτή των χωρών της ευρωπαϊκής ένωσης που παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες

εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η επιλογή των κατηγοριών αυτών έγινε στη λογική ότι τόσο τα οικονομικά θέματα όσο και τα περιβαλλοντολογικά είναι άμεσα συνδεδεμένα με την ανάπτυξη των ανανεώσιμων ενεργειών. Έτσι διαμορφώθηκαν οι παρακάτω πίνακες:

**Ευρωζώνη:  
EUROGROUP**

	BO/ TD	AV	BU	total	Solar thermal	bio	geo	hydro	wind	PV
AT	BU	holt	lrl	lrl	holt	holt	ses	lrl	theta	Holt
BE	TD	Holt/ damped	holt	holt	holt	holt	*	holt	holt	holt
CY	TD	lrl	lrl	lrl	holt	lrl	-	-	-	-
EE	BU	lrl	lrl	lrl	-	lrl	-	lrl	holt	-
FI	*	damped	Naïve	theta	-	damped	-	damped	holt	Holt
FR	TD	damped	Naïve	holt	holt	holt	damped	lrl	holt	Holt
DE	TD	damped holt	holt	damped	holt	damped	lrl	theta	holt	Holt
EL	BU	damped	holt	lrl	lrl	ses	theta	lrl	holt	-
IE	TD	holt	holt	damped	-	holt	-	lrl	damped	-
IT	TD	holt	holt	holt	holt	holt	ses	holt	holt	Holt
LU	TD	Damped/ Naïve	holt	holt	-	damped	-	Naïve	Naïve	Ses
NL	TD	holt	holt	holt	lrl	lrl	-	holt	damped	Holt
PT	BU	holt	Naïve	Naïve	holt	holt	lrl	holt	holt	Holt
SK	TD	holt	holt	holt	-	holt	Naïve	damped	Naïve	-
SL	BU	lrl	Holt/ lrl	lrl	-	lrl	-	lrl	-	-
ES	TD	holt	holt	holt	holt	holt	damped	naive	holt	Holt

Πίνακας 6. 43 Συγκεντρωτικός Πίνακας –Χώρες Μέλη της Ευρωζώνης

Παρατηρούμε ότι για τις χώρες της ευρωζώνης η top down προσέγγιση αποδίδει καλύτερα, οι μέσοι όροι των σφαλμάτων για την πλειοψηφία τους είναι μικρότεροι για τη μέθοδο holt, στη bottom up τα μικρότερα σφάλματα για την πλειοψηφία των χωρών αυτών τα έχει η holt ενώ αυτή η μέθοδος έχει τα καλύτερα αποτελέσματα για τις μισές περίπου χρονοσειρές των χωρών αυτών. Πρέπει να αναφερθεί ότι και η Μάλτα ανήκει στις χώρες της ευρωζώνης.

### Χώρες – Μέλη της Ε.Ε. που συμμετέχουν στους G-20:

Οι χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης που συμπεριλαμβάνονται στους G-20 είναι η Γερμανία, η Γαλλία, η Ιταλία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Φυσικά, στους G-20 μετέχει και η ευρωπαϊκή ένωση ως σύνολο. Τα στοιχεία για τις χώρες αυτές που προέκυψαν από το πείραμα, φαίνονται στον πίνακα:

	BU/ TD	AV	BU	total	Solar thermal	Bio	geo	hydro	wind	PV
FR	TD	damped	Naïve	holt	holt	Holt	damped	Lrl	holt	Holt
DE	TD	Damped/ holt	holt	damped	holt	damped	lrl	theta	holt	Holt
IT	TD	holt	holt	holt	holt	Holt	ses	holt	holt	Holt
UK	TD	holt	holt	damped	holt	Holt	*	Naïve	holt	Damped

Πίνακας 6. 44 Συγκεντρωτικός Πίνακας-Χώρες Μέλη των G20

Όπως φαίνεται, για όλες της χώρες αυτής της ομάδας η top down στρατηγική εξασφαλίζει μικρότερα σφάλματα. Επιπλέον, σ αυτή την κατηγορία η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης έχει τα μικρότερα σφάλματα για την πλειοψηφία των χωρών αυτών και για την πλειοψηφία των ενεργειών. Αμέσως επόμενη έρχεται η μέθοδος Damped γεγονός που οφείλεται στο ότι οι χρονοσειρές αυτών των χωρών τα τελευταία χρόνια εμφανίζουν μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης. Αυτό είναι φυσικό, καθώς οι χώρες αυτές έχουν μεγάλη παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές εδώ και μεγάλο χρονικό διάστημα.

## Μεγαλύτεροι παραγωγοί CO<sub>2</sub> :

Οι χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης με τις υψηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι η Γερμανία, η Ιταλία, η Ισπανία ,η Πολωνία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων του πειράματος για τις χώρες αυτές.

	BU/ TD	AV	BU	Total	Solar thermal	bio	geo	hydro	wind	PV
DE	TD	damped/ holt	holt	damped	holt	damped	lrl	theta	holt	holt
IT	TD	holt	holt	holt	holt	holt	ses	holt	holt	holt
PL	TD	*	lrl	lrl	-	lrl	naïve	lrl	holt	-
ES	TD	holt	holt	holt	holt	holt	damped	naive	holt	holt
UK	TD	holt	holt	damped	holt	holt	*	naïve	holt	damped

Πίνακας 6. 45 Συγκεντρωτικός Πίνακας –Χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή CO<sub>2</sub>

Παρατηρούμε ότι και για αυτή την ομάδα η top down εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα για το σύνολο των χωρών της ομάδας. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι και σε αυτή την κατηγορία χωρών η μέθοδος holt είναι ακριβέστερη για την πλειοψηφία των χρονοσειρών ενώ οι μέσοι όροι των σφαλμάτων της και τα σφάλματα που είχε στην bottom up προσέγγιση είναι μικρότερα για τη συντριπτική πλειοψηφία των χωρών.

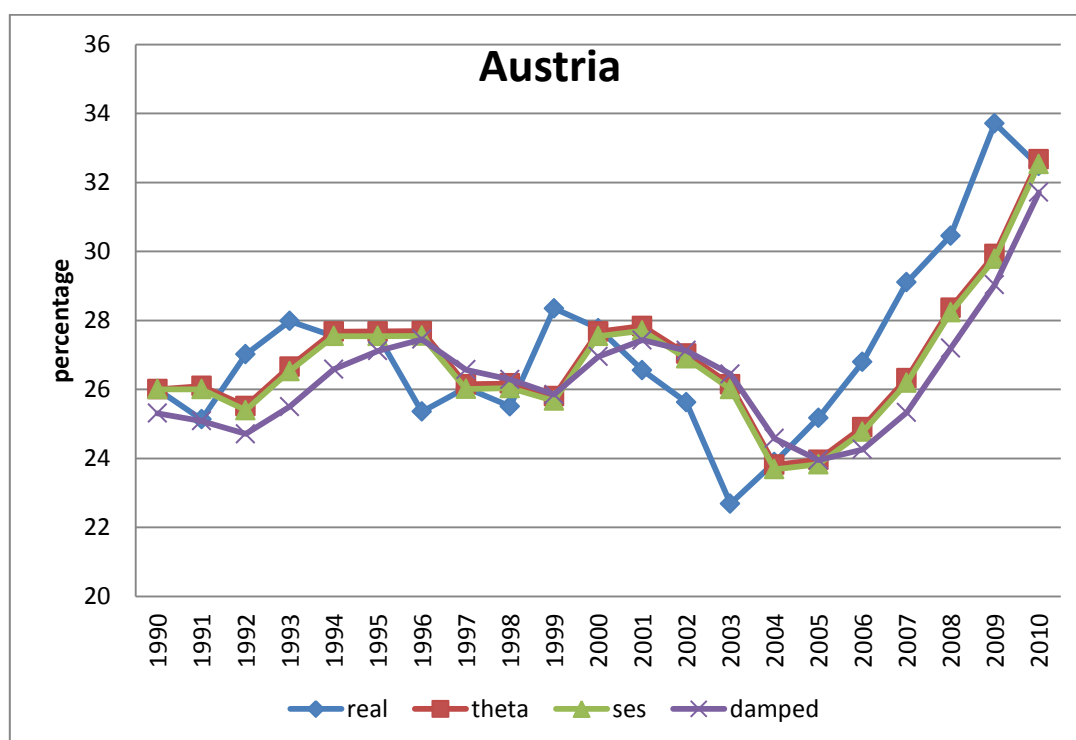
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Αποτελέσματα πειράματος για το στόχο του 2020

Όπως εξηγήσαμε στο πέμπτο κεφάλαιο, σκοπός του πειράματος αυτού είναι να διερευνηθεί ποιο μοντέλο προσαρμόζεται καλύτερα στις χρονοσειρές που περιγράφουν το ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας κάθε χώρας που καλύπτεται από την ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούμε τα μοντέλα χρονοσειρών προκειμένου να ποσοτικοποιήσουμε την πολιτική που κάθε χώρα ακολουθεί αναφορικά με τις ΑΠΕ. Σημειώνεται ότι σε αυτό το πείραμα οι μέθοδοι εφαρμόστηκαν στο σύνολο της κάθε χρονοσειράς και έτσι προέκυψαν και οι αντίστοιχοι δείκτες ακρίβειας της κάθε μεθόδου.

Έτσι στη συνέχεια ,για κάθε χώρα της ευρωπαϊκής ένωσης (εκτός από τη Μάλτα) παρατίθεται το γράφημα που παρουσιάζει την πραγματική χρονοσειρά αλλά και τις χρονοσειρές που προέκυψαν για τις τρεις μεθόδους που προσαρμόστηκαν καλύτερα στην πραγματική χρονοσειρά, κάθε φορά (βάσει του αλγορίθμου αξιολόγησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 5), ενώ παρατίθεται και ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου.

Πρέπει να επισημανθεί, ότι στις χρονοσειρές που εξετάζουμε, λόγω της φύσης των δεδομένων, το μόνο χαρακτηριστικό που είναι ιδιαίτερα έντονο είναι η τάση. Επομένως το ποια μέθοδος προσαρμόζεται καλύτερα σε κάθε χρονοσειρά είναι άμεσα συνδεδεμένο με τη σπουδαιότητα της κλίσης της χρονοσειράς. Συνεπώς, σε αυτή ακριβώς τη συσχέτιση βασιζόμαστε προκειμένου να ποσοτικοποιήσουμε την ενεργειακή πολιτική της κάθε χώρας και την αποτελεσματικότητα αυτής της πολιτικής με κριτήριο το μοντέλο πρόβλεψης που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα της χώρας.

## ΑΥΣΤΡΙΑ



Γράφημα 7. 1 Αυστρία

Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Αυστρίας:

AUSTRIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	1,35	1,38	1,47	1,42	1,86	1,35
RMSE	1,63	1,59	1,72	1,66	2,31	1,61
MAPE	4,96	5,09	5,40	5,21	6,91	4,96
SMAPE	4,99	5,12	5,46	5,25	6,80	4,98

Πίνακας 7. 1 Δείκτες Σφάλματος-Αυστρία

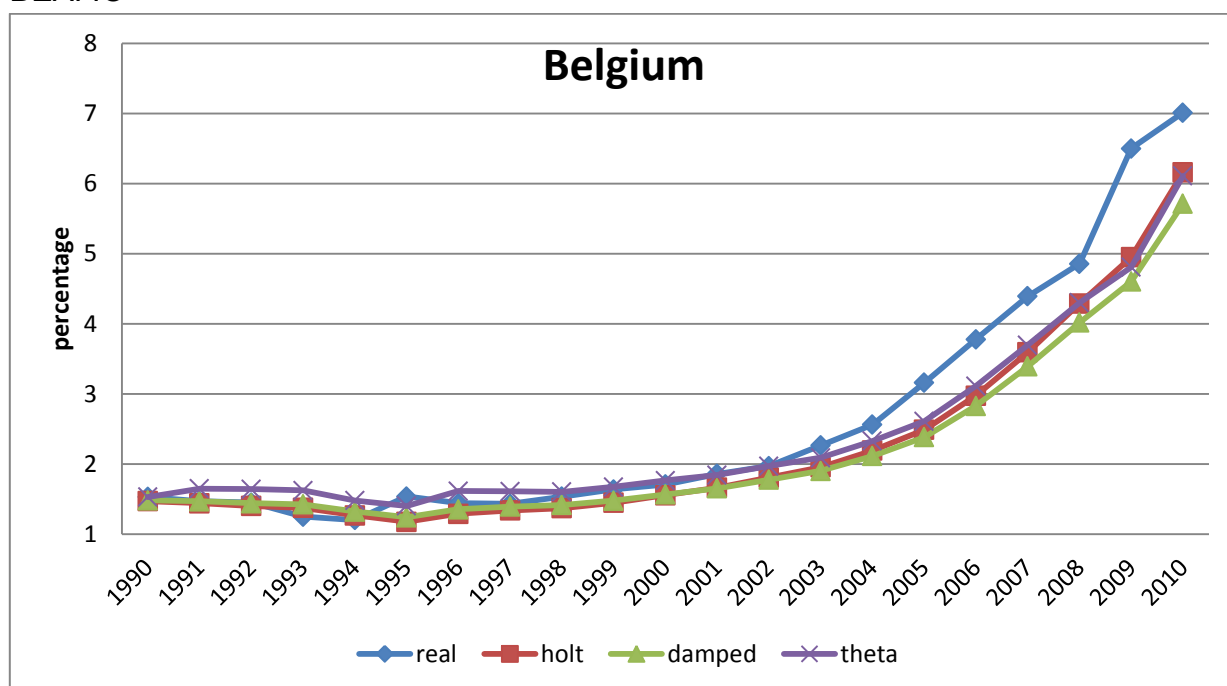
Με τον αλγόριθμο που περιγράψαμε στο κεφάλαιο 3 η μέθοδος που προσαρμόστηκε καλύτερα στη χρονοσειρά της Αυστρίας είναι η Theta , όπου η theta line 2 προεκτάθηκε με τη μέθοδο ses με  $\alpha=0,99$ .

Έτσι καταλαβαίνουμε ότι η χρονοσειρά όταν θα προεκταθεί στο μέλλον θα εμφανίσει κάποια κλίση, συγκεκριμένα τη μισή κλίση από αυτή του μοντέλου της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Με δεδομένο ότι το 2010 το μερίδιο των ΑΠΕ για την Αυστρία ήταν 32,47%, ποσοστό που πλησιάζει την υποχρέωση της χώρας για το 2020, όπως θα δούμε στη συνέχεια, και η προέκταση της μεθόδου στο μέλλον θα παρουσιάζει κάποια κλίση, καταλαβαίνουμε ότι η πολιτική που ακολουθεί η Αυστρία ως προς τη χρήση των ΑΠΕ είναι μάλλον επιτυχής.

Σύμφωνα λοιπόν με τη μέθοδο theta το 2020 η ανανεώσιμη ενέργεια θα καλύπτει το 33,42% της ενεργειακής κατανάλωσης της Αυστρίας. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2009/28/ΕΚ της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με τη προώθηση

της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, η Αυστρία υποχρεούται να έχει μερίδιο 34% ενώ στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης της για την Ανανεώσιμη Ενέργεια (ΕΣΔΑΕ) προβλέπεται 34,2%. Η απόκλιση της πρόβλεψης της μεθόδου theta με τους στόχους που έχει θέσει η Αυστρία δεν είναι σημαντική, αν αναλογιστεί κανείς κάλλιστα ότι μετά το 2010 όπου σταματούν τα δεδομένα που είχαμε στη διάθεσή μας προς επεξεργασία, όλες οι χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης έχουν εντατικοποιήσει τις προσπάθειές τους για την καλύτερη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## ΒΕΛΓΙΟ



Γράφημα 7. 2 Βέλγιο

Και ο συγκεντρωτικός πίνακας των σφαλμάτων των μεθόδων για τη χρονοσειρά του Βελγίου:

BELGIUM	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,30	0,18	0,18	0,32	0,74	0,27
RMSE	0,48	0,25	0,25	0,48	0,91	0,42
MAPE	9,66	7,44	7,32	10,08	33,41	9,40
SMAPE	10,27	7,76	7,64	10,72	36,02	9,48

Πίνακας 7. 2 Δείκτες Σφάλματος-Βέλγιο

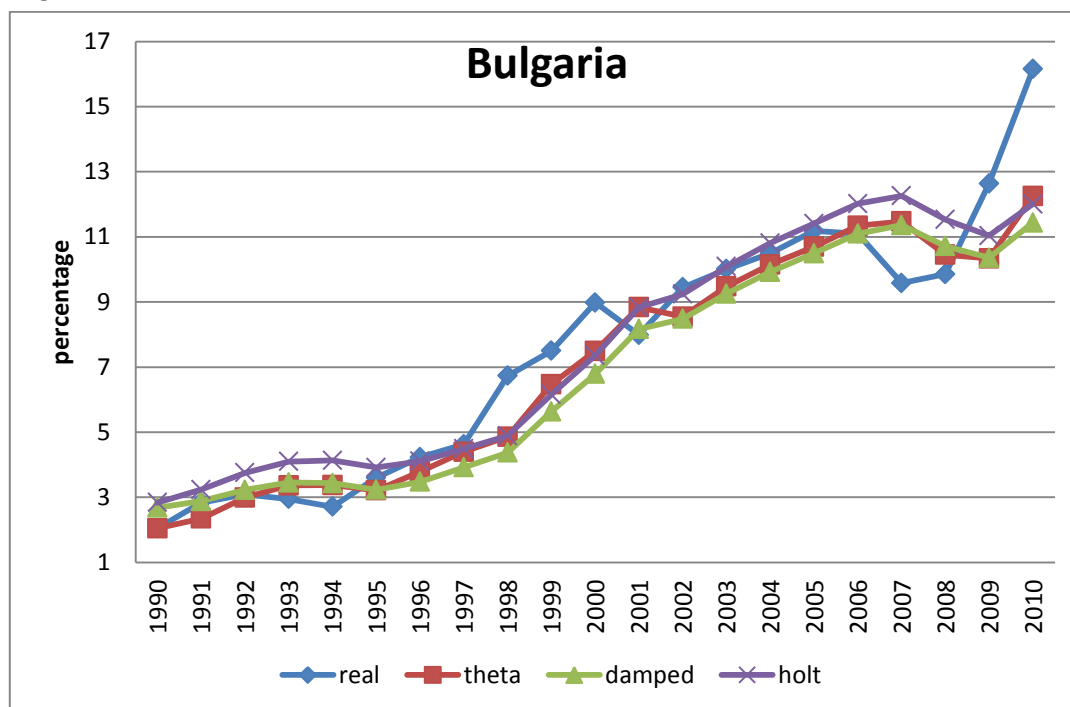
Η μέθοδος πρόβλεψης που προσαρμόστηκε καλύτερα στα δεδομένα του Βελγίου είναι η μέθοδος holt με  $a=0,18$   $b=0,59$ .

Το γεγονός αυτό, από τη στιγμή που η μέθοδος αυτή δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην πρόσφατη τάση, υποδηλώνει ότι το Βέλγιο έχει μια τελευταίως αναπτυσσόμενη δυναμική στο ζήτημα των ΑΠΕ. Συνεπώς, τα τελευταία χρόνια η πολιτική που ακολουθεί η χώρα τα τελευταία χρόνια είναι επιτυχής.

Η χρονοσειρά της holt προεκτεινόμενη στο μέλλον θα παρουσιάσει σημαντική κλίση, καθώς η παράμετρος της τάσης (b) έχει σχετικά μεγάλη τιμή.

Προεκτείνοντας λοιπόν αυτή τη μέθοδο, η πρόβλεψη που πήραμε για το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020 είναι 18,01%. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία και το ΕΣΔΑΕ του Βελγίου η υποχρέωση και η εκτίμηση είναι 13% και 13% αντίστοιχα. Όπως φαίνεται λοιπόν το Βέλγιο θα ξεπεράσει το στόχο, λόγω της επιτυχημένης πολιτικής που όπως είπαμε ακολουθεί στο ζήτημα των ΑΠΕ.

### ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ



Γράφημα 7. 3 Βουλγαρία

Ο συγκεντρωτικός πίνακας των σφαλμάτων που παρουσίασε η κάθε μέθοδος κατά την εφαρμογή της στα δεδομένα της Βουλγαρίας:

BULGARIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,96	0,81	0,83	1,00	0,90	0,82
RMSE	1,31	1,15	1,13	1,34	1,14	1,18
MAPE	12,58	12,54	13,07	13,17	15,06	10,73
SMAPE	13,67	11,89	12,19	14,30	14,75	11,12

Πίνακας 7. 3 Δείκτες Σφάλματος-Βουλγαρία



Στην περίπτωση της Βουλγαρίας καλύτερη προσαρμογή στα δεδομένα της είχαν δύο μέθοδοι. Η theta με  $a=0,99$  για την προέκταση της γραμμής theta για  $\theta=2$  μέσω της απλής εκθετικής εξομάλυνσης και η μέθοδος damped με  $a=0,98$   $b=0$  και  $\varphi=0,98$ .

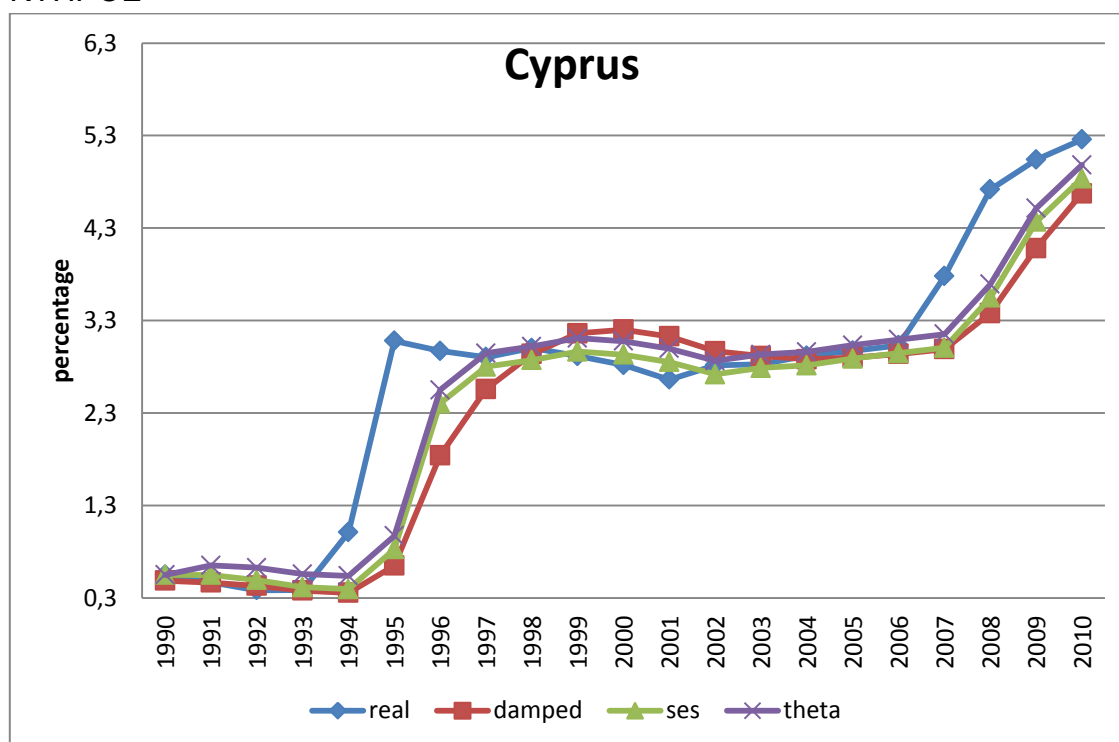
Το γεγονός ότι δύο διαφορετικές μέθοδοι προσαρμόζονται σχεδόν το ίδιο καλά στα δεδομένα της Βουλγαρίας, δεν μας δίνει μια ξεκάθαρη εικόνα για την πολιτική που ακολουθεί η χώρα αυτή στην κατεύθυνση της βιώσιμης ενέργειας. Η καλή επίδοση της μεθόδου theta από τη μία, υποδηλώνει ότι η πολιτική που ακολουθεί η Βουλγαρία είναι μάλλον επιτυχημένη. Από την άλλη, η καλή επίδοση της damped υποδηλώνει ότι η χώρα αυτή έχει κάνει μια σημαντική προσπάθεια η οποία όμως έχει πέσει.

Τελικά, οι προβλέψεις που έδωσαν για το 2020 οι μέθοδοι αυτοί όταν προεκτάθηκαν στο μέλλον είναι 19,14% και 20,74%, αντίστοιχα.

Σύμφωνα με την υποχρέωση της οδηγίας το ποσοστό θα πρέπει να είναι 16% ενώ το ΕΣΔΑΕ προβλέπει μερίδιο ΑΠΕ το 2020 18%.

Συνεπώς, η Βουλγαρία σε κάθε περίπτωση θα πιάσει το στόχο της και τελικώς η πολιτική της θα είναι επιτυχημένη.

#### ΚΥΠΡΟΣ



Γράφημα 7. 4 Κύπρος

Ο συγκεντρωτικός πίνακας για τους δείκτες σφάλματος που είχε η κάθε μέθοδος στην περίπτωση της Κύπρου:

<b>CYPRUS</b>	SES	DAMPED	HOLT	ΝΑΪΒΕ	LRL	THETA
MAE	0,29	0,28	0,29	0,30	0,57	0,29
RMSE	0,55	0,52	0,54	0,56	0,66	0,52
MAPE	12,10	12,53	12,84	12,70	40,41	15,05
SMAPE	15,09	15,00	16,33	15,83	30,20	16,53

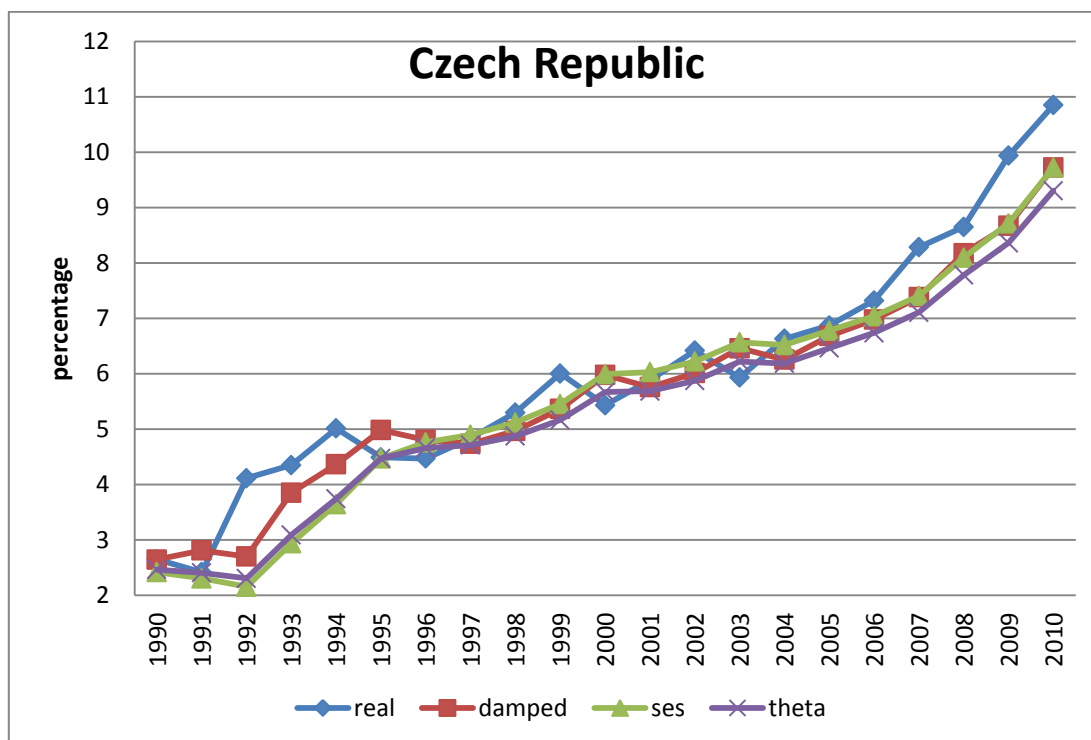
Πίνακας 7. 4 Δείκτες Σφάλματος-Κύπρος

Στα δεδομένα της Κύπρου καλύτερα προσαρμόστηκε η μέθοδος damped με  $a=0,98$ ,  $b=0,98$  και  $\varphi=0,36$ .

Αυτό σημαίνει, ότι η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Κύπρο έχει φθίνουσα πορεία τα τελευταία χρόνια καθώς η damped είναι μία μέθοδος που χάνει πολύ γρήγορα την κλίση της, γεγονός που συνεπάγεται ότι η πολιτική που ακολουθεί στον ενεργειακό τομέα η Κύπρος δεν είναι αποτελεσματική και είναι πολύ δύσκολο να πιάσει τους στόχους της από τη στιγμή που το 2010 το ποσοστό ήταν 5,26%.

Προεκτείνοντάς τη στο μέλλον πήραμε πρόβλεψη για το 2020 , 5,38%. Ενώ, τόσο η Οδηγία όσο και το ΕΣΔΑΕ αναφέρουν 13%. Επομένως, η Κύπρος κατά πάσα πιθανότητα δεν θα τηρήσει τις υποχρεώσεις της απέναντι στην ευρωπαϊκή ένωση.

## ΤΣΕΧΙΑ



Γράφημα 7. 5 Δημοκρατία της Τσεχίας

Τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά του ποσοστού διείσδυσης των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση της Δημοκρατίας της Τσεχίας καταγράφονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

CZECH REPUBLIC	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,57	0,47	0,46	0,59	0,52	0,49
RMSE	0,69	0,62	0,62	0,70	0,66	0,61
MAPE	9,63	8,71	8,65	10,08	9,17	8,67
SMAPE	10,34	9,28	9,23	10,83	9,19	9,05

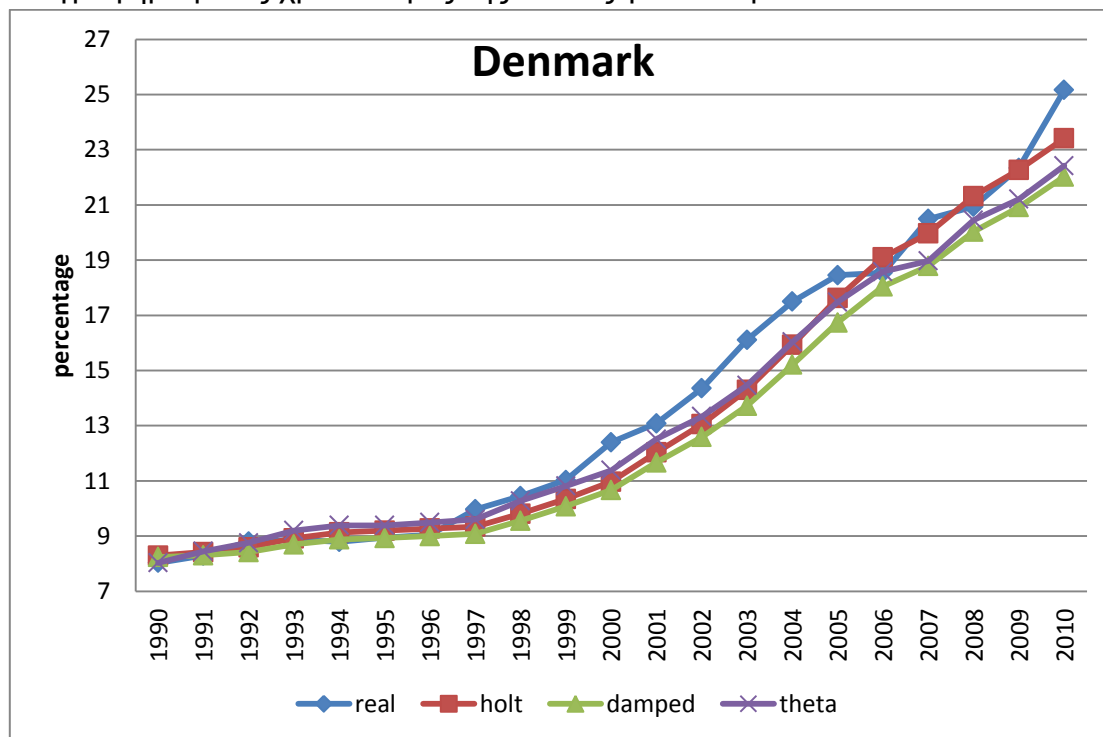
Πίνακας 7. 5 Δείκτες Σφάλματος-Δημοκρατία της Τσεχίας

Στα δεδομένα της χρονοσειράς της Τσεχίας προσαρμόστηκαν εξίσου καλά η theta με  $ases=0,99$  και η holt με  $a=0,86$ ,  $b=0,25$ . Οι μέθοδοι αυτές συμφωνούν ότι η χώρα παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη στον τομέα των ανανεώσιμων τα τελευταία χρόνια. Οι μέθοδοι για το 2020 έδωσαν προβλέψεις 12,48% και 18,43% αντίστοιχα. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία για την Τσεχία προβλέπει ποσοστό 13% ενώ το ΕΣΔΑΕ προβλέπει 13,5%. Βλέπουμε λοιπόν ότι η μεν theta έχει μικρή απόκλιση από το

στόχο ενώ η πρόβλεψη της holt είναι πολύ αισιόδοξη και ξεπερνάει αισθητά τόσο το στόχο όσο και την εκτίμηση του 2010 (ΕΣΔΑΕ).

## ΔΑΝΙΑ

Το γράφημα με τις χρονοσειρές της Δανίας για κάθε μέθοδο:



Γράφημα 7. 6 Δανία

Ο πίνακας που παρουσιάζει τις τιμές που έχουν οι δείκτες ακρίβειας κατά την εφαρμογή των μοντέλων στη χρονοσειρά της Δανίας:

DENMARK	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,83	0,48	0,48	0,86	1,19	0,60
RMSE	1,11	0,66	0,65	1,13	1,42	0,84
MAPE	5,35	3,18	3,17	5,57	10,42	3,91
SMAPE	5,57	3,22	3,21	5,80	10,66	4,00

Πίνακας 7. 6 Δείκτες Σφάλματος-Δανία

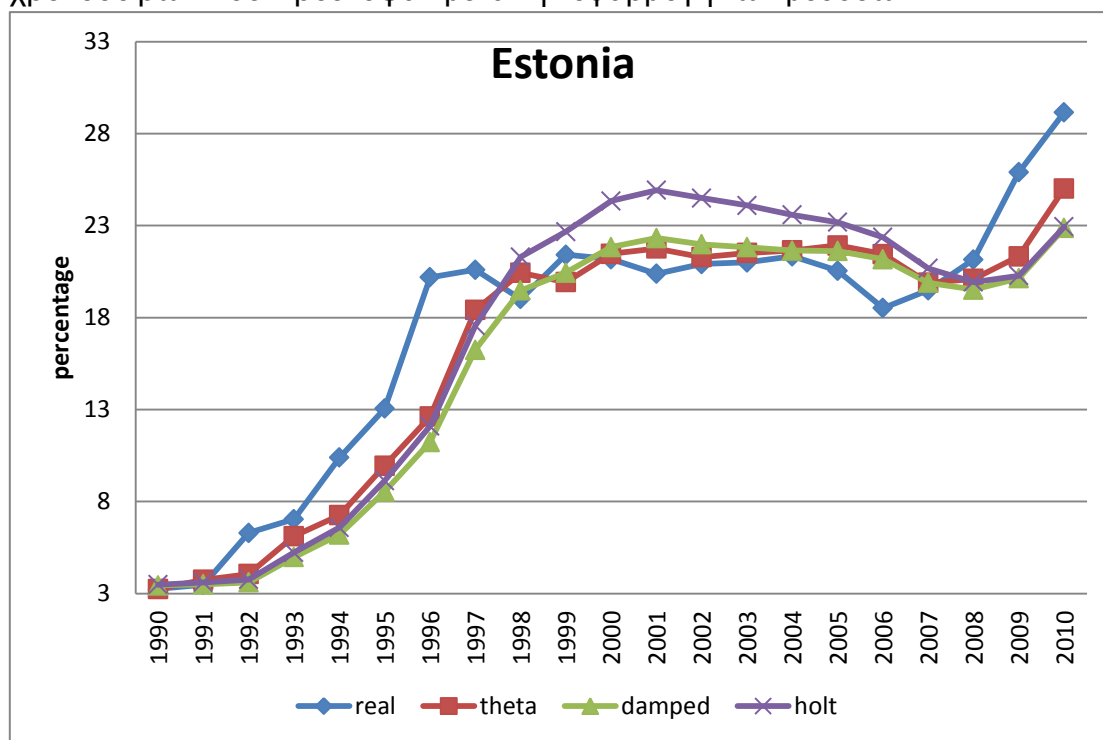
Η μέθοδος που προσαρμόστηκε καλύτερα στη χρονοσειρά της Δανίας είναι η μέθοδος holt με συντελεστές  $a=0,83$  και  $b=0,37$ .

Συνεπώς και η Δανία είναι μία περίπτωση χώρας της οποίας η ενεργειακή πολιτική είναι επιτυχής και όλα δείχνουν ότι θα επιτύχει το στόχο του 2020. Πράγματι, η προέκταση της μεθόδου στο μέλλον, έδωσε πρόβλεψη 42,34% ενώ η Οδηγία ορίζει

μόλις 30% ενώ η επίσημη εκτίμηση της χώρας για το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας είναι 30,5

## ΕΣΘΟΝΙΑ

Το εποπτικό γράφημα της πραγματικής χρονοσειράς της Εσθονίας και των χρονοσειρών που προέκυψαν μετά την εφαρμογή των μεθόδων



Γράφημα 7. 7 Εσθονία

Ο αντίστοιχος συγκεντρωτικός πίνακας των σφαλμάτων που παρουσίασε η εφαρμογή των μεθόδων στη χρονοσειρά της Εσθονίας:

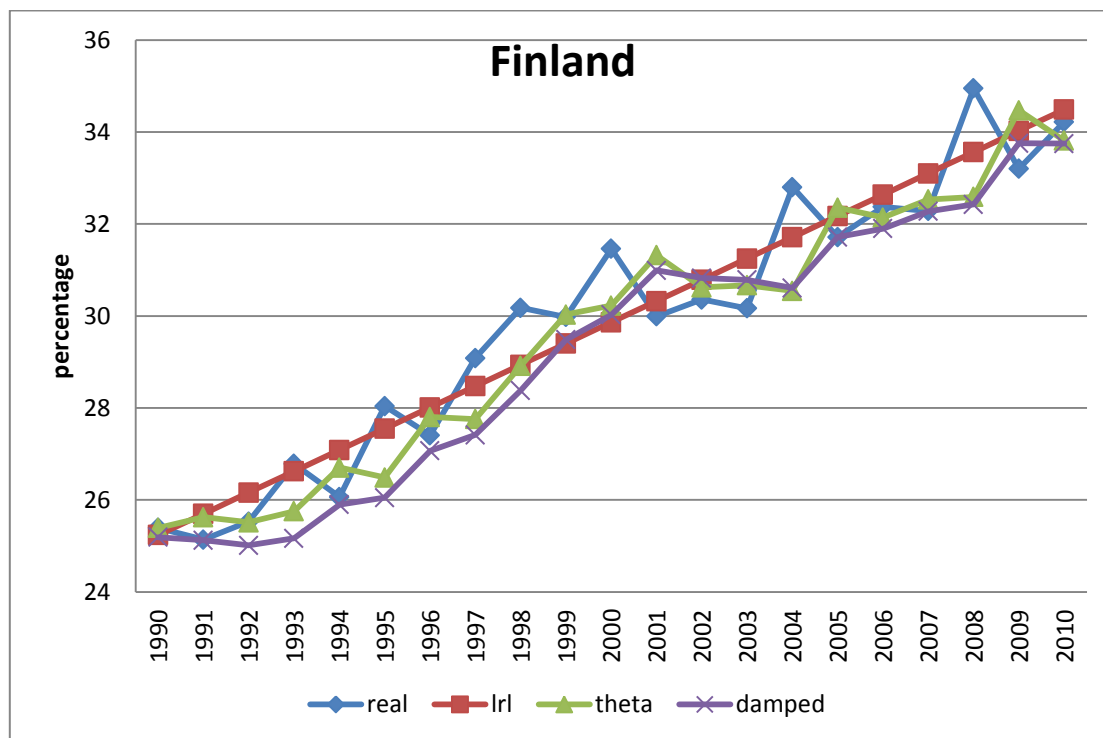
ESTONIA	SES	DAMPED	HOLT	ΝΑΪΒΕ	LRL	THETA
MAE	1,76	1,71	1,75	1,84	3,09	1,60
RMSE	2,49	2,20	2,27	2,54	3,65	2,28
MAPE	11,41	10,91	11,02	11,92	29,35	10,08
SMAPE	12,96	11,86	11,68	13,54	23,78	11,09

Πίνακας 7. 7 Δείκτες Σφάλματος-Εσθονία

Η καλύτερη μέθοδος για την Εσθονία είναι η Theta με παράμετρο απλής εκθετικής εξομάλυνσης  $\alpha=0,99$ . Η ενεργειακή πολιτική, συνεπώς, της Εσθονίας είναι πολύ αποτελεσματική αφού ήδη το 2010 το σχετικό ποσοστό ήταν μεγαλύτερο από το στόχο του 2020, ίσο με 29,16%. Ο στόχος αυτός αλλά και η εκτίμηση της χώρας είναι 25% μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας.

Η πρόβλεψη που έδωσε η μέθοδος theta για το 2020 είναι πολύ αισιόδοξη και αντιστοιχεί σε ποσοστό 34,07%.

## ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ



Γράφημα 7. 8 Φινλανδία

Ο συγκεντρωτικός πίνακας των σφαλμάτων της κάθε μεθόδου για το σύνολο της χρονοσειράς:

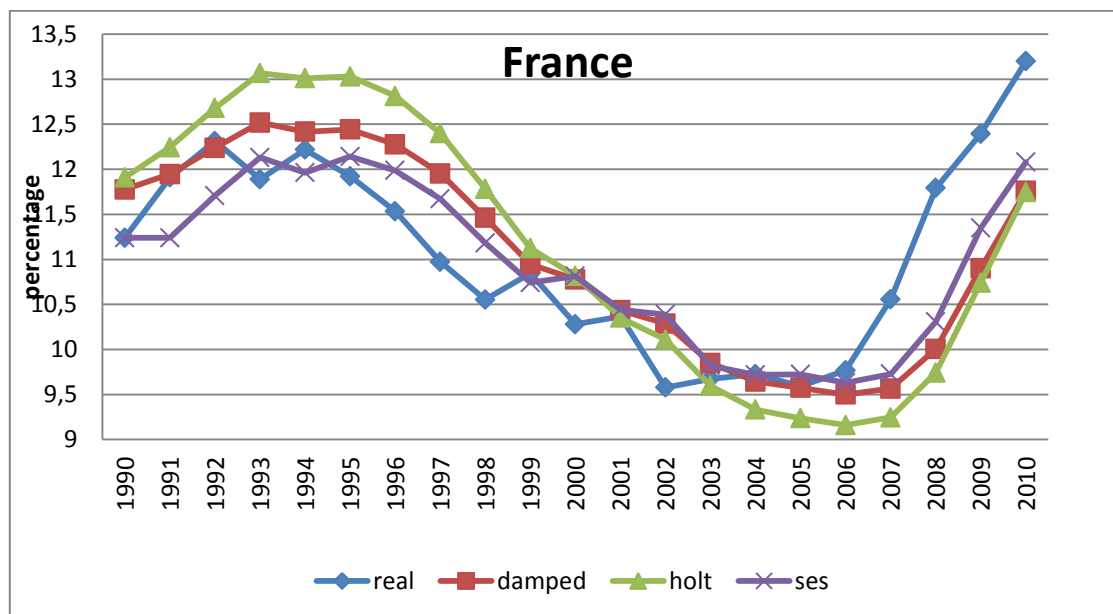
<b>FINLAND</b>	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,88	0,81	0,88	1,08	0,70	0,79
RMSE	1,20	1,06	1,12	1,32	0,80	1,04
MAPE	2,86	2,65	2,92	3,52	2,31	2,60
SMAPE	2,93	2,69	2,95	3,58	2,31	2,64

Πίνακας 7. 8 Δείκτες Σφάλματος-Φινλανδία

Η μέθοδος που προσαρμόστηκε καλύτερα στα δεδομένα αυτής της χώρας είναι η lrl. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η πολιτική που ακολουθεί η Φινλανδία είναι εξαιρετική, αφού το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, είναι το καλύτερο από άποψη σπουδαιότητας κλίσης. Αυτό εξασφαλίζει ουσιαστικά ότι αν η Φινλανδία διατηρήσει αυτή την πολιτική όσον αφορά την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θα έχει πολύ καλά αποτελέσματα.

Άλλωστε, η προέκταση του μοντέλου έδωσε πρόβλεψη για το ποσοστό το 2020 ίση με 39,11% Τόσο το ποσοστό που ορίζει η ευρωπαϊκή οδηγία όσο και η εκτίμηση της χώρας είναι 38%.

## ΓΑΛΛΙΑ



Γράφημα 7. 9 Γαλλία

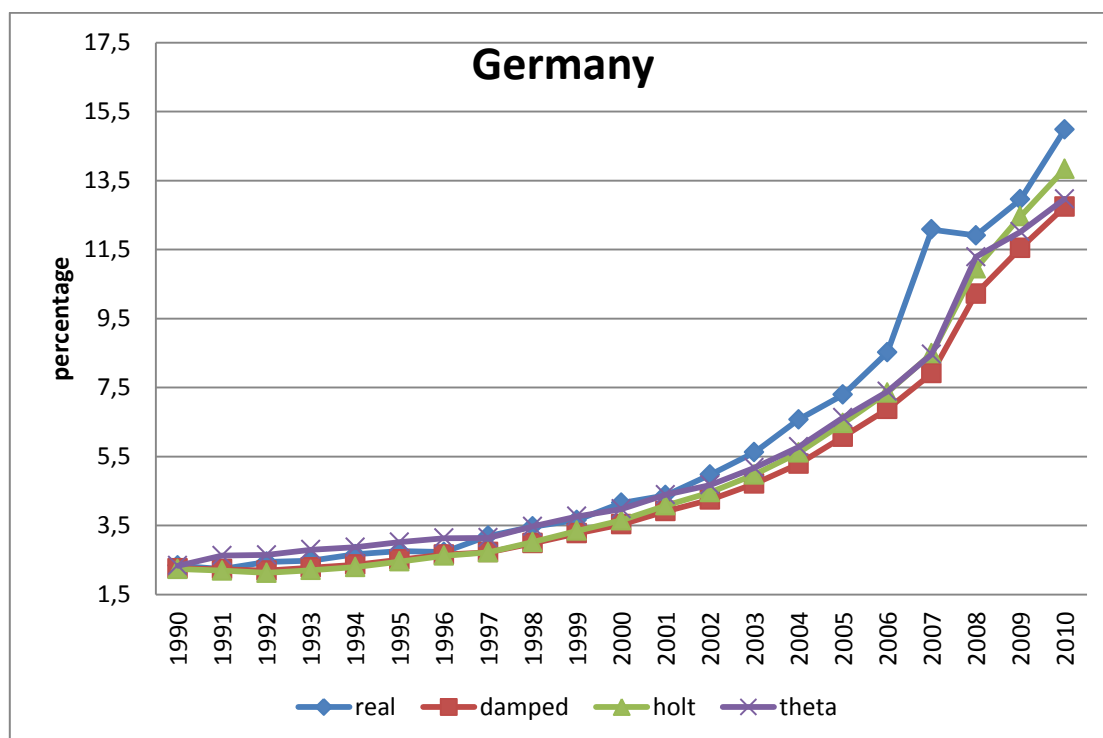
Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Γαλλίας:

FRANCE	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,43	0,35	0,37	0,46	0,87	0,44
RMSE	0,53	0,45	0,46	0,54	1,03	0,54
MAPE	3,86	3,22	3,36	4,05	7,91	3,89
SMAPE	3,89	3,24	3,38	4,08	7,90	3,93

Πίνακας 7. 9 Δείκτες Σφάλματος-Γαλλία

Η καλύτερη μέθοδος για τη Γαλλία αποδείχθηκε η damped με  $a=0,54$ ,  $b=0,78$  και  $\phi=0,8$ . Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η μέθοδος αυτή χάνει πολύ εύκολα την κλίση της. Επομένως είναι πολύ δύσκολο η Γαλλία αν εξακολουθήσει να έχει αυτή την ενεργειακή πολιτική να πιάσει το στόχο της. Με δεδομένο λοιπόν ότι το 2010 το σχετικό ποσοστό της ήταν 13,2% αν διατηρήσει αυτή την πολιτική πιθανώς δεν θα καταφέρει να αγγίξει το στόχο του 23%. Η εκτίμηση της Γαλλίας για το 2020 είναι 23,26%. Η πρόβλεψη που έδωσε όμως το μοντέλο της εκθετικής εξομάλυνσης φθίνουσας τάσης με τους συγκεκριμένους συντελεστές για το 2020 είναι μόλις 16,14%.

## ΓΕΡΜΑΝΙΑ



Γράφημα 7. 10 Γερμανία

Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Γερμανίας:

GERMANY	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,63	0,39	0,39	0,66	1,48	0,52
RMSE	1,04	0,72	0,72	1,06	1,65	0,89
MAPE	8,86	5,94	5,96	9,27	32,83	7,51
SMAPE	9,52	6,19	6,22	9,95	39,56	7,70

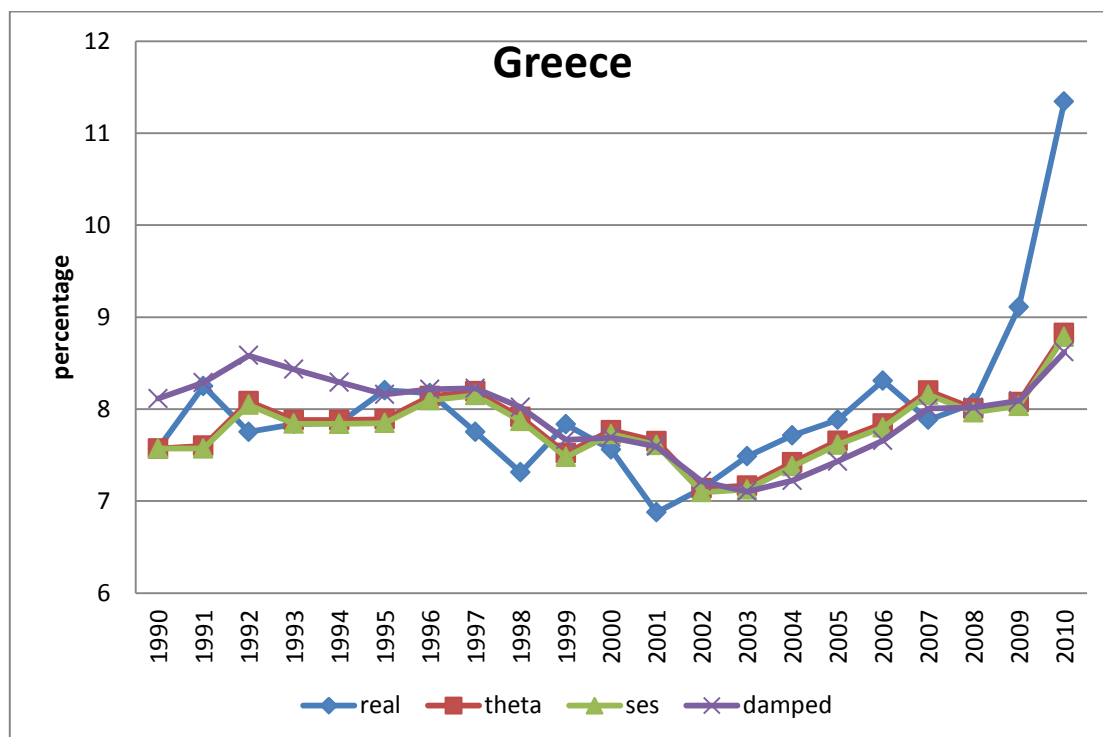
Πίνακας 7. 10 Δείκτες Σφάλματος-Γερμανία

Στην περίπτωση της Γερμανίας, δύο ήταν οι μέθοδοι που ξεχώρισαν για την προσαρμογή τους στη χρονοσειρά. Η μέθοδος damped με  $a=0,42$ ,  $b=0,38$  και  $\phi=0,98$  και η μέθοδος holt με  $a=0,45$  και  $b=0,34\%$ . Έτσι λοιπόν δεν είναι ξεκάθαρο το τοπίο σε ότι αφορά την πολιτική που ακολουθεί η Γερμανία αναφορικά με το ζήτημα χρήσης των ΑΠΕ. Παρόλα αυτά η χώρα αυτή ήδη από το 2010 είχε ένα καλό ποσοστό της τάξης του 15% και οι προβλέψεις και για τις δύο αυτές μεθόδους είναι πολύ αισιόδοξες. Το μοντέλο της damped έδωσε πρόβλεψη 27,2% ενώ το



μοντέλο της holt 29,2%. Και στις δύο περιπτώσεις καλύπτεται ο στόχος του 18% που ορίζει η Οδηγία αλλά και η εκτίμηση του ΕΣΔΑΕ για ποσοστό 19,6%.

ΕΛΛΑΔΑ



Γράφημα 7. 11 Ελλάδα

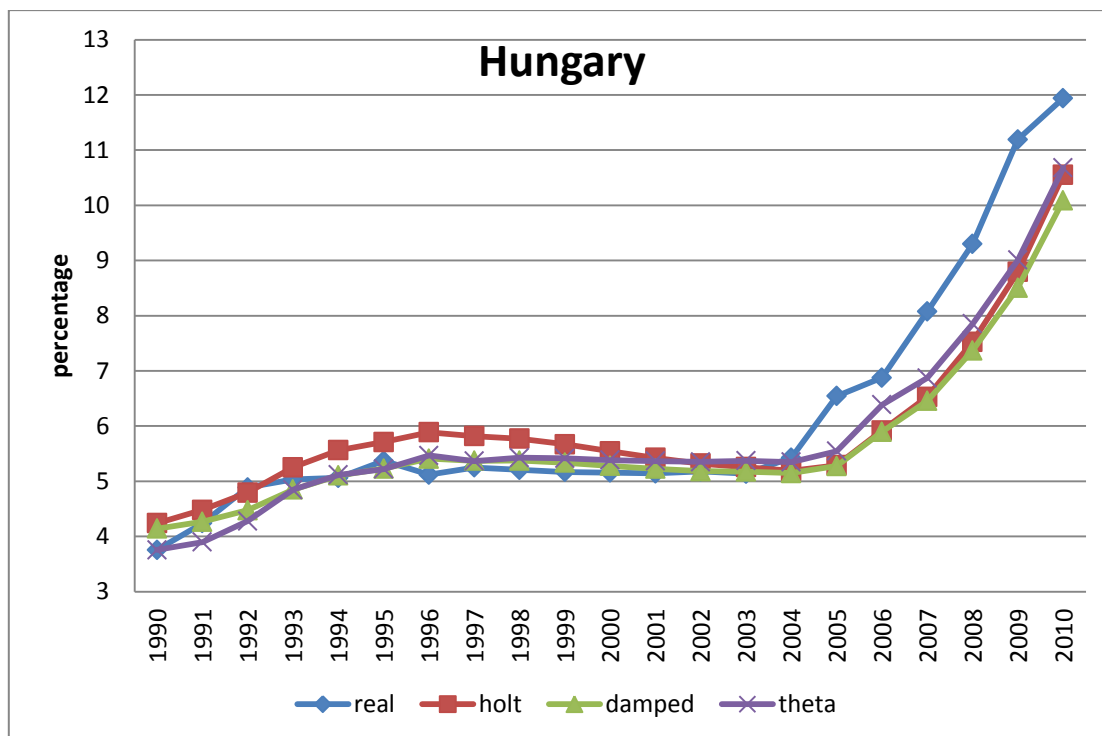
Ο συγκεντρωτικός πίνακας των σφαλμάτων της κάθε μεθόδου για το σύνολο της χρονοσειράς:

GREECE	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,44	0,48	0,50	0,47	0,56	0,44
RMSE	0,65	0,61	0,63	0,66	0,80	0,64
MAPE	5,21	5,83	6,04	5,48	6,77	5,14
SMAPE	5,34	5,91	6,08	5,62	6,81	5,25

Πίνακας 7. 11 Δείκτες Σφάλματος-Ελλάδα

Η μέθοδος που προσαρμόζεται καλύτερα στη χρονοσειρά της Ελλάδας είναι η Theta με συντελεστή εξομάλυνσης για τη γραμμή  $\theta=2$ ,  $\alpha=0,99$ . Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι η ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας είναι μεν ικανοποιητική αλλά όχι ιδανική καθώς η μέθοδος theta όταν προεκτείνεται στο μέλλον διατηρεί κάποια κλίση αλλά όχι ιδιαίτερα μεγάλη. Έτσι το ποσοστό για την Ελλάδα, το οποίο το 2010 ήταν 11,34% αν ακολουθηθεί η ίδια πολιτική (αυτή που εκφράζει η μέθοδος theta) δεν θα αυξηθεί σημαντικά στο μέλλον. Όμως, η Ευρωπαϊκή Οδηγία ορίζει ποσοστό 18% για το 2020, ενώ η εκτίμηση του ΕΣΔΑΕ είναι για ποσοστό 20,2%. Πράγματι η πρόβλεψη με τη μέθοδο theta παρουσιάζει ποσοστό μόλις 11,61%, το οποίο είναι πολύ μικρότερο από αυτό του στόχου.

## ΟΥΓΓΑΡΙΑ



Γράφημα 7. 12 Ουγγαρία

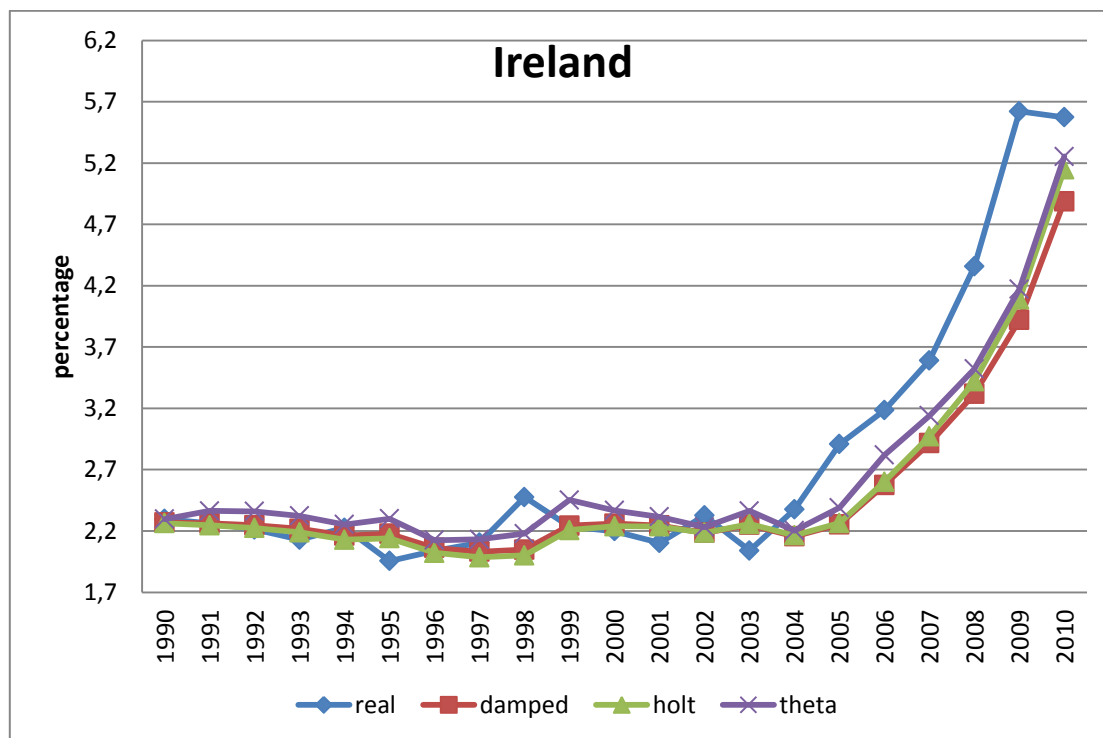
Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Ουγγαρίας:

HUNGARY	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,43	0,28	0,27	0,45	1,02	0,40
RMSE	0,67	0,39	0,39	0,68	1,26	0,60
MAPE	5,91	4,47	4,43	6,16	16,40	5,61
SMAPE	6,27	4,53	4,48	6,54	16,04	5,84

Πίνακας 7. 12 Δείκτες Σφάλματος-Ουγγαρία

Η μέθοδος που εμφάνισε τη μεγαλύτερη ακρίβεια κατά την εφαρμογή της στη χρονοσειρά της Ουγγαρίας είναι η μέθοδος holt με  $a=0,4$  και  $b=0,71$ . Από ότι φαίνεται λοιπόν η Ουγγαρία έχει αναπτύξει μια πολύ αποτελεσματική πολιτική τα τελευταία χρόνια και αν συνεχίσει με αυτό το ρυθμό θα ξεπεράσει αισθητά τους στόχους και τις εκτιμήσεις της για το 2020 όπως φαίνεται και από την παράμετρο της τάσης για τη μέθοδο holt, η οποία είναι ιδιαίτερα υψηλή. Ο στόχος που ορίζει η Οδηγία για την Ουγγαρία είναι 13% ενώ η εκτίμηση του ΕΣΔΑΕ 14,7%. Το ποσοστό της διείσδυσης των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση το 2010 ήταν 11,94%, δηλαδή πολύ κοντά στο στόχο ενώ η προέκταση της holt στο μέλλον έδωσε ποσοστό 25,94% για το 2020.

## ΙΡΛΑΝΔΙΑ



Γράφημα 7. 13 Ιρλανδία

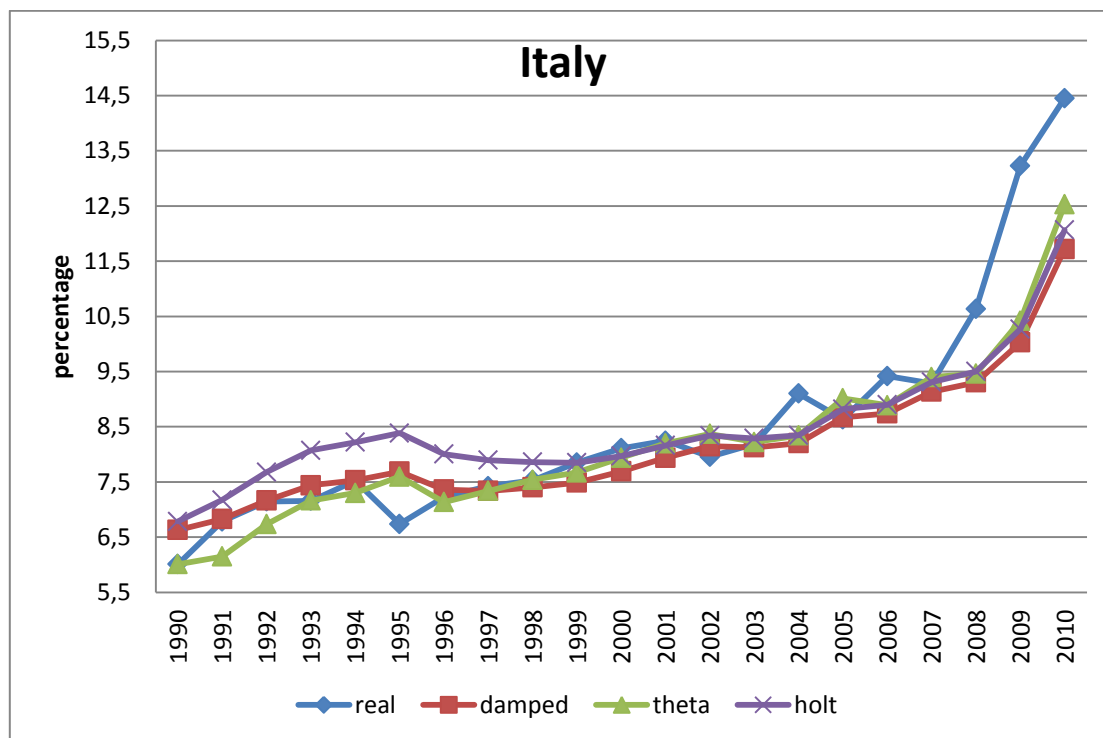
Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Ιρλανδίας:

IRELAND	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,27	0,24	0,25	0,28	0,59	0,26
RMSE	0,40	0,32	0,32	0,40	0,73	0,37
MAPE	8,67	8,51	8,62	9,10	21,60	8,64
SMAPE	9,05	8,75	8,84	9,50	21,19	8,80

Πίνακας 7. 13 Δείκτες Σφάλματος-Ιρλανδία

Η καλύτερη μέθοδος για την Ιρλανδία είναι η μέθοδος damped με συντελεστές  $a=0,28$  ,  $b=0,66$  και  $\varphi=,92$ . Συνεπώς, η πολιτική που ακολουθεί αυτή η χώρα δεν είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική. Με δεδομένο μάλιστα το σχετικό ποσοστό , το οποίο το 2010 ήταν μόλις 5,57%, αν συνεχίσει με αυτούς τους ρυθμούς ανάπτυξης πιθανώς δεν θα αγγίξει το στόχο του 16%. Πράγματι, η προέκταση της μεθόδου στο μέλλον προέβλεψε ποσοστό 10,5% για το 2020.

## ΙΤΑΛΙΑ



Γράφημα 7. 14 Ιταλία

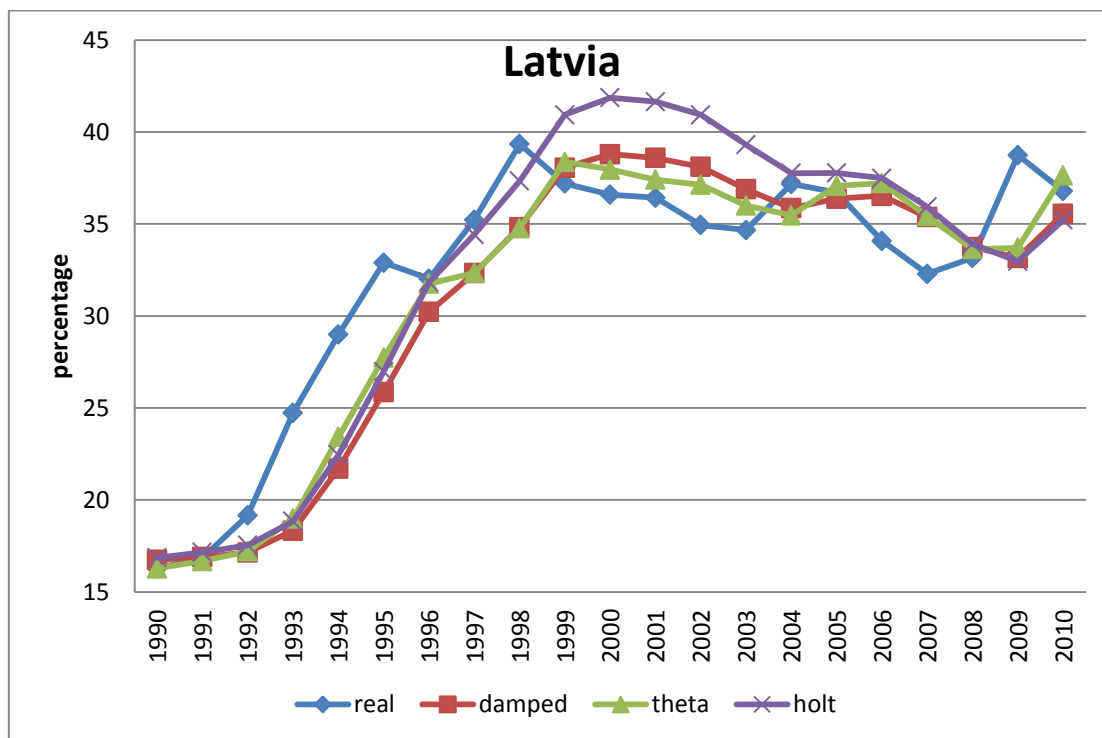
Ο συγκεντρωτικός πίνακας των σφαλμάτων της κάθε μεθόδου για το σύνολο της χρονοσειράς της Ιταλίας:

ITALY	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,56	0,49	0,49	0,59	0,83	0,50
RMSE	0,82	0,70	0,70	0,83	1,08	0,75
MAPE	5,98	5,64	5,66	6,27	9,05	5,24
SMAPE	6,21	5,67	5,68	6,51	9,13	5,37

Πίνακας 7. 14 Δείκτες Σφάλματος-Ιταλία

Η Ιταλία είναι μία ιδιαίτερη περίπτωση χώρας καθώς μέσω του αλγορίθμου που περιγράψαμε το τρίτο κεφάλαιο καλύτερη μέθοδος προέκυψε η damped με συντελεστές  $a=0,76$  ,  $b=0,58$  και  $\varphi=0,98$ . Όμως οριακά δεύτερη ήρθε η μέθοδος theta με  $ases=0,99$ , γεγονός που μας ώθησε στο να εξετάσουμε και αυτή την περίπτωση. Έτσι, για την Ιταλία που το 2010 είχε ποσοστό 14,45%, η πρώτη μέθοδος προέβλεψε 15,85% για το 2020, ενώ η δεύτερη 30,29%. Η υποχρέωση της Ιταλία σύμφωνα με την οδηγία είναι 17% ενώ η εκτίμηση του ΕΣΔΑΕ 16,2%. Ας ελπίσουμε η πολιτική που θα ακολουθήσει η Ιταλία στο ζήτημα της παραγωγής και χρήσης ανανεώσιμης ενέργειας να είναι κάπου στη μέση και να καταφέρει να ξεπεράσει το στόχο που έχει θέσει.

## ΛΕΤΟΝΙΑ



Γράφημα 7. 15 Λετονία

Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Λετονίας:

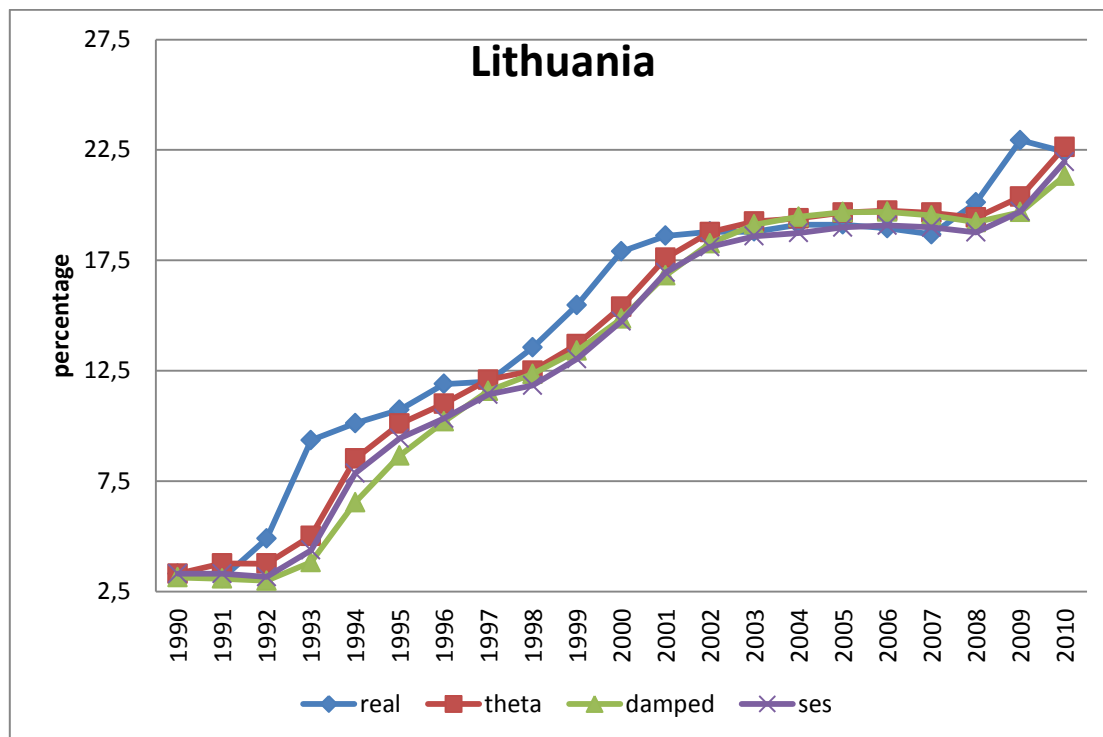
LATVIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	2,16	2,12	2,19	2,26	3,98	2,16
RMSE	2,75	2,59	2,60	2,81	4,71	2,63
MAPE	6,84	6,63	6,82	7,17	14,52	6,71
SMAPE	7,18	6,83	7,02	7,53	13,69	6,95

Πίνακας 7. 15 Δείκτες Σφάλματος-Λετονία

Η μέθοδος που προσαρμόστηκε καλύτερα στα δεδομένα της Λετονίας είναι η damped με συντελεστές  $a=0,98$  ,  $b=0,98$  και  $\varphi=0,34$ . Αυτό όμως μάλλον οφείλεται στο γεγονός ότι μεταξύ του 2009 όπου το σχετικό ποσοστό ήταν 38,74% και το 2010 όπου το ποσοστό ήταν 36,78% παρατηρείται μεγάλη πτώση. Αν λοιπόν αυτή η περίπτωση δεν αποτελεί μεμονωμένο συμβάν αλλά συνεχιστεί και στο μέλλον, τότε η Λετονία, η οποία είναι από τις χώρες με την καλύτερη αξιοποίηση γενικής της παραγωγής των ανανεώσιμων πηγών δεν θα καταφέρει να φτάσει το ποσοστό

του 40% που αναφέρει τόσο η Οδηγία όσο και το ΕΣΔΑΕ. Η πρόβλεψη για το 2020 είναι 35,94%, δηλαδή μικρότερο ποσοστό και από αυτό του 2010.

## ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ



Γράφημα 7. 16 Λιθουανία

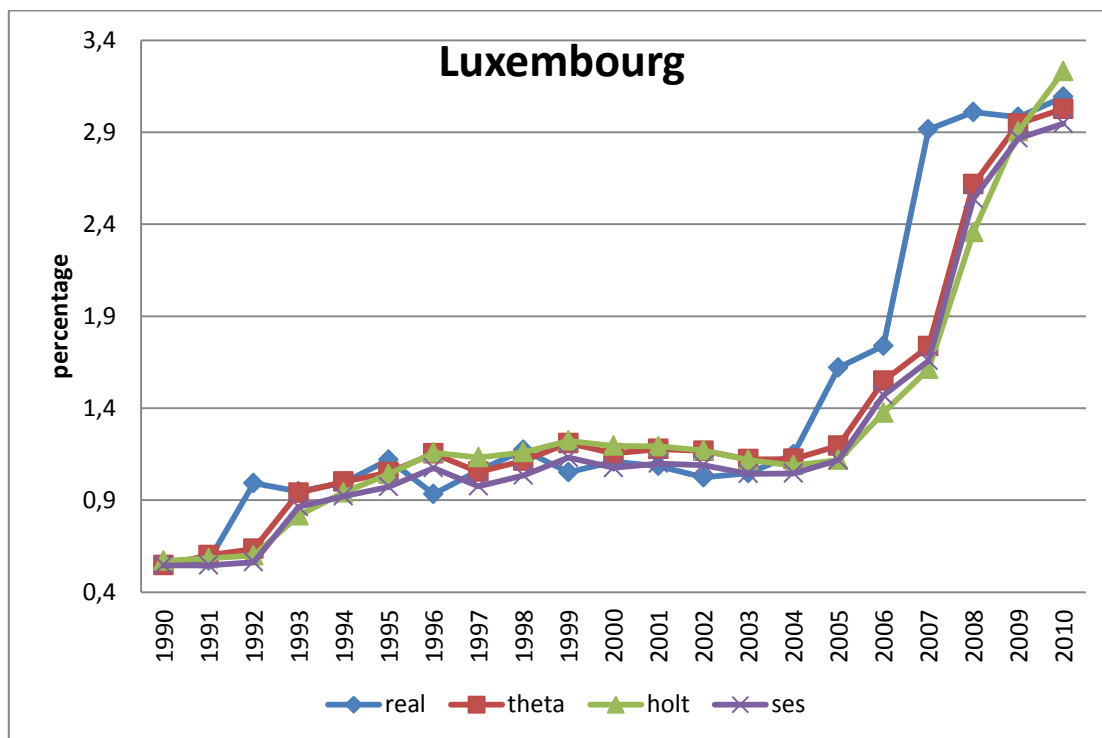
Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Λιθουανίας:

LITHUANIA	SES	DAMPED	HOLT	ΝΑΪΒΕ	LRL	ΘΗΤΑ
MAE	1,03	0,96	1,05	1,07	1,52	0,92
RMSE	1,53	1,32	1,38	1,56	1,81	1,30
MAPE	8,79	8,35	8,70	9,18	17,50	8,07
SMAPE	10,12	9,26	9,80	10,56	14,69	8,82

Πίνακας 7. 16 Δείκτες Σφάλματος-Λιθουανία

Η μέθοδος που προσαρμόστηκε καλύτερα στα δεδομένα της χρονοσειράς της Λιθουανίας, είναι η theta με  $ases=0,99$ . Αν συνεκτιμήσουμε το γεγονός ότι το 2010 το ποσοστό για τη Λιθουανία ήταν 22,42% και ότι ο στόχος της για το 2020 σύμφωνα με την Οδηγία είναι 23% ενώ η εκτίμηση του ΕΣΔΑΕ 24,2% η πολιτική που ακολουθεί η χώρα αυτή ως προς τις ΑΠΕ είναι πάρα πολύ καλή. Άλλωστε, η πρόβλεψη που έδωσε η theta για το 2020 είναι 27,01%.

## ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ



Γράφημα 7. 17 Λουξεμβούργο

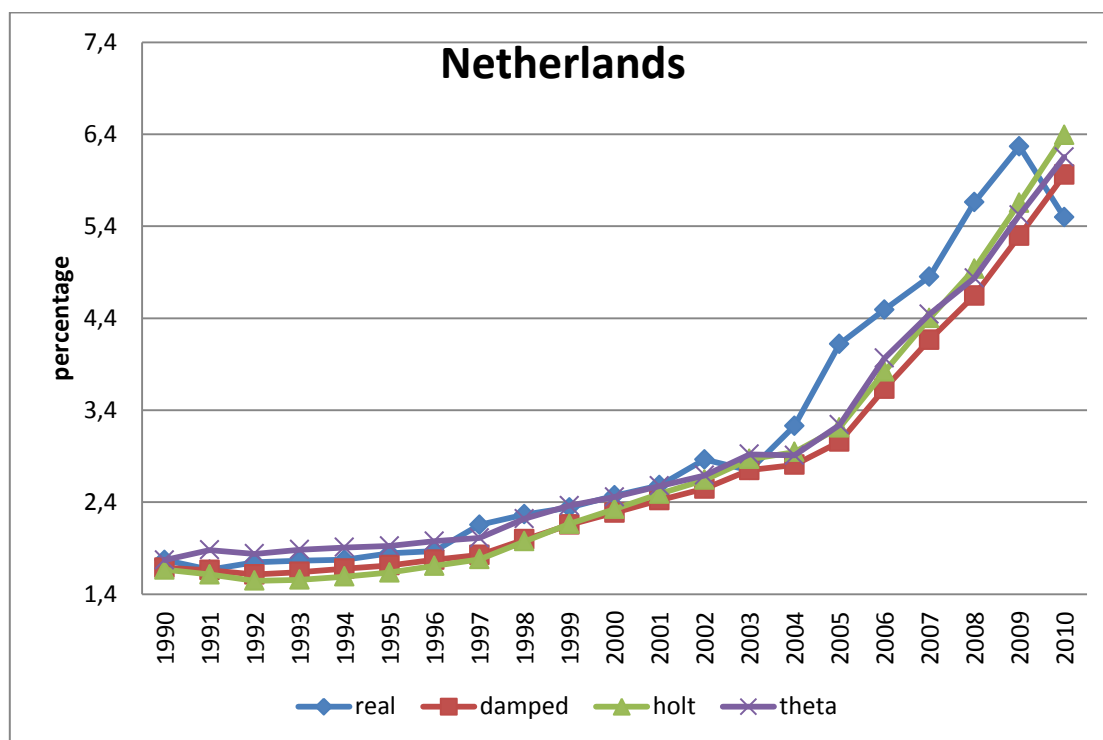
Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά του Λουξεμβούργου:

LUXEMBOURG	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,166	0,170	0,157	0,174	0,382	0,152
RMSE	0,304	0,285	0,289	0,311	0,444	0,286
MAPE	10,89	11,22	10,45	11,44	29,03	10,18
SMAPE	12,17	12,23	11,36	12,79	27,99	10,96

Πίνακας 7. 17 Δείκτες Σφάλματος-Λουξεμβούργο

Η καλύτερη μέθοδος για τη χρονοσειρά του Λουξεμβούργου είναι η theta με  $ases=0,99$ . Ενώ όπως έχουμε πει γενικά η theta εκφράζει μια καλή ενεργειακή πολιτική, στην περίπτωση του Λουξεμβούργου δεν ισχύει το ίδιο. Αυτό συμβαίνει γιατί το 2010 είχε ποσοστό 3,1% δηλαδή βρισκόταν πάρα πολύ χαμηλά σε σχέση με το στόχο του 11% για το 2020 ( η εκτίμηση του ΕΣΔΑΕ είναι 8,9%). Πράγματι η theta προβλέπει για το 2020 ποσοστό 3,64%.

## ΟΛΛΑΝΔΙΑ



Γράφημα 7. 18 Ολλανδία

Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Ολλανδίας:

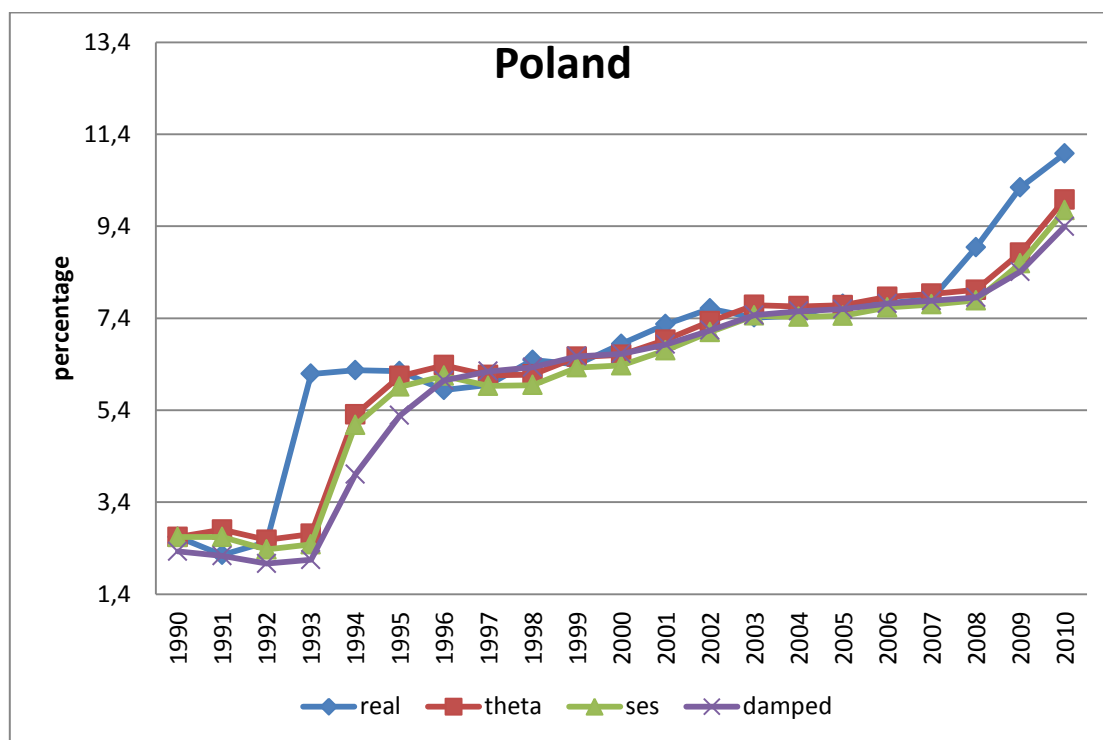
NETHERLANDS	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,27	0,22	0,23	0,29	0,48	0,24
RMSE	0,389	0,330	0,334	0,397	0,577	0,352
MAPE	7,32	6,12	6,48	7,65	17,79	6,44
SMAPE	7,65	6,20	6,52	7,99	18,45	6,54

Πίνακας 7. 18 Δείκτες Σφάλματος-Ολλανδία

Ούτε για την περίπτωση της Ολλανδίας μπορεί κανείς να είναι αισιόδοξος. Η μέθοδος που προσαρμόζεται καλύτερα στη χρονοσειρά της είναι η damped με συντελεστές  $a=0,02$ ,  $b=0,98$  και  $\varphi=0,92$ . Παρατηρούμε ότι ο βέλτιστος συντελεστής  $a$  είναι ιδιαίτερα μικρός. Η Ολλανδία το 2010 είχε ποσοστό 5,49% ενώ ο στόχος που ορίζει η Οδηγία είναι 14% και η εκτίμηση του ΕΣΔΑΕ 14,5%. Σύμφωνα με τη μέθοδο damped όμως το μερίδιο που θα έχει η ανανεώσιμη ενέργεια στη κατανάλωση ενέργειας της Ολλανδίας το 2020 θα είναι μόνο 2,96%.



## ΠΟΛΩΝΙΑ



Γράφημα 7. 19 Πολωνία

Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Πολωνίας:

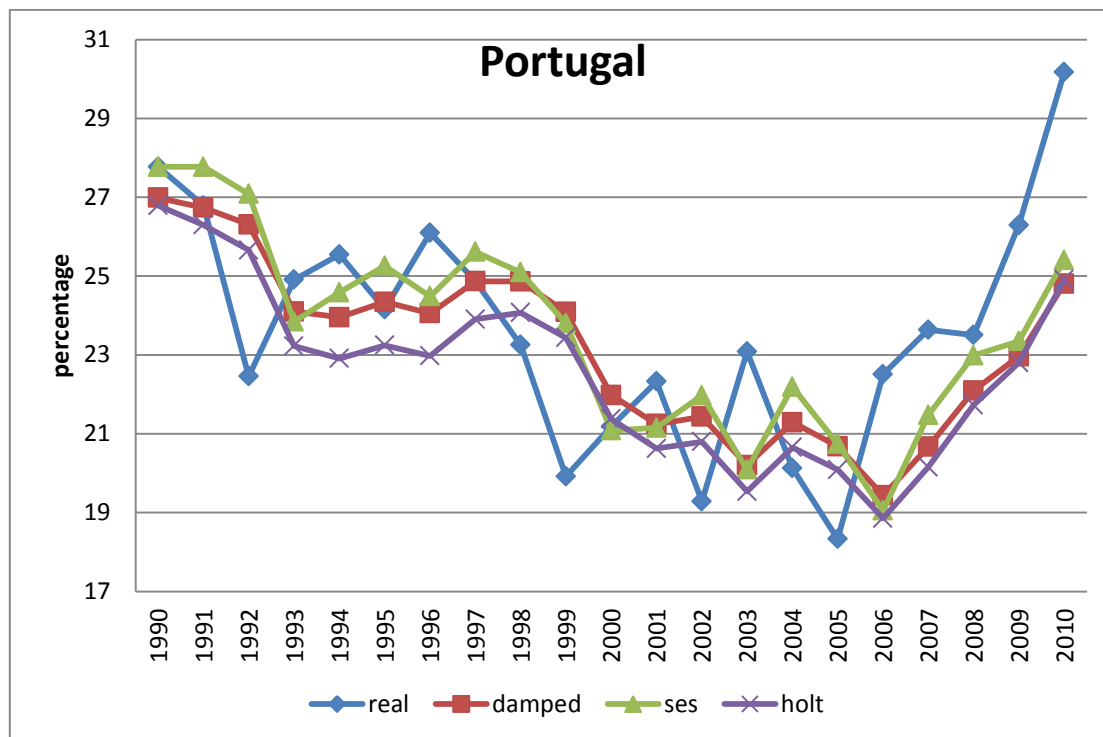
POLAND	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,506	0,521	0,518	0,528	0,741	0,468
RMSE	0,932	0,908	0,954	0,953	0,907	0,874
MAPE	7,87	8,49	8,74	8,23	15,48	7,48
SMAPE	9,14	9,68	10,33	9,56	14,13	8,47

Πίνακας 7. 19 Δείκτες Σφάλματος-Πολωνία

Για την Πολωνία καλύτερα αποτελέσματα εμφάνισε με διαφορά η μέθοδος theta με  $ases=0,99$ . Θα χαρακτηρίζαμε την πολιτική αυτή που εκφράζει η μέθοδος αυτή μάλλον ικανοποιητική για την περίπτωση της Πολωνίας. Αυτό συμβαίνει γιατί το 2010 το σχετικό ποσοστό της χώρας ήταν 10,98% ενώ ο στόχος που ορίζει η Οδηγία είναι 15% και η εκτίμηση του ΕΣΔΑΕ 15,5%. Η πρόβλεψη που δίνει η theta για το 2020 είναι 12,58% το οποίο είναι σχετικά κοντά στο στόχο και αν συνυπολογίσει κανείς ένα περιθώριο σφάλματος που προκύπτει από το γεγονός ότι

δεν αποτυπώνεται στις χρονοσειρές που έχουμε στη διάθεσή μας η εντατικοποίηση των προσπαθειών της κάθε χώρας στην κατεύθυνση των ΑΠΕ τα τελευταία 3 χρόνια για τα οποία δεν έχουμε δεδομένα στη διάθεσή μας.

## ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ



Γράφημα 7. 20 Πορτογαλία

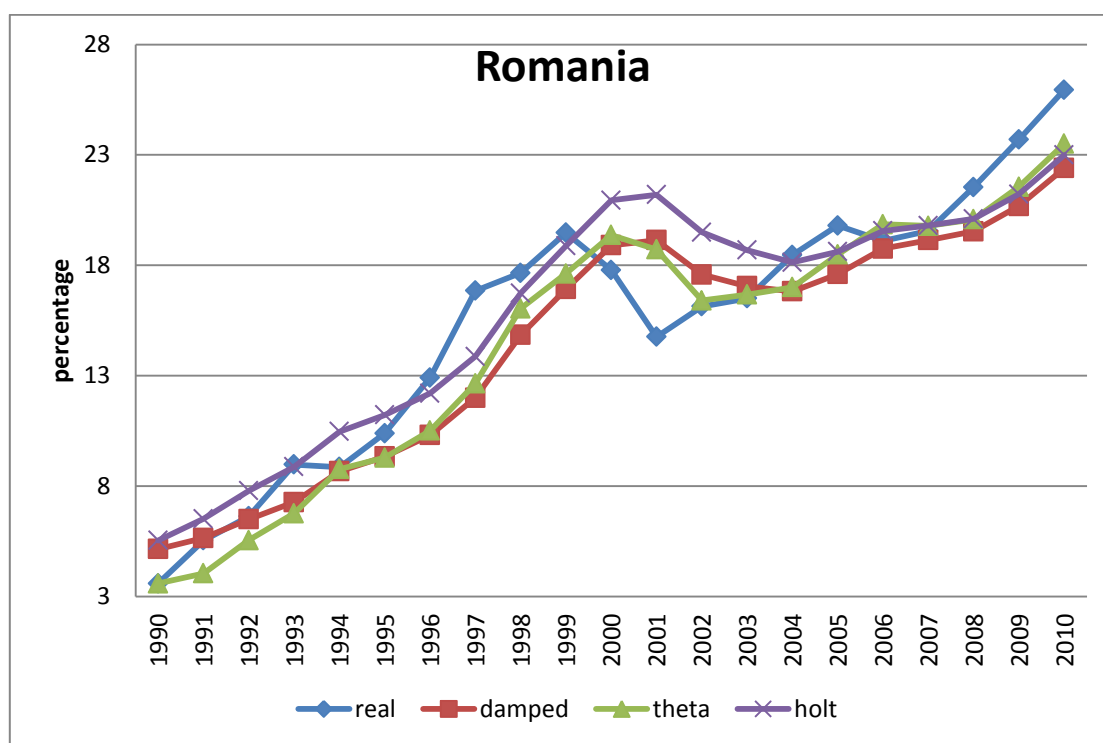
Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Πορτογαλίας:

PORTUGAL	SES	DAMPED	HOLT	ΝΑΪΒΕ	LRL	THETA
MAE	2,0278	1,9771	2,0285	2,2013	2,1907	2,0367
RMSE	2,416	2,355	2,389	2,522	2,836	2,419
MAPE	8,84	8,57	8,75	9,61	9,47	8,86
SMAPE	8,79	8,61	8,88	9,61	9,33	8,84

Πίνακας 7. 20 Δείκτες Σφάλματος-Πορτογαλία

Για την Πορτογαλία η μέθοδος που εμφανίζεται ως καλύτερη είναι η damped με συντελεστές  $a=0,48$ ,  $b=0,24$  και  $\varphi=0,82$ . Σε αυτή την περίπτωση όμως, επειδή το ποσοστό το 2010 ήταν 30,17%, δηλαδή πολύ κοντά στο στόχο του 31%, ακόμα και η μέθοδος αυτή μπορεί να δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Πράγματι, η πρόβλεψη για το 2020 είναι 35,99%.

## ΡΟΥΜΑΝΙΑ



Γράφημα 7. 21 Ρουμανία

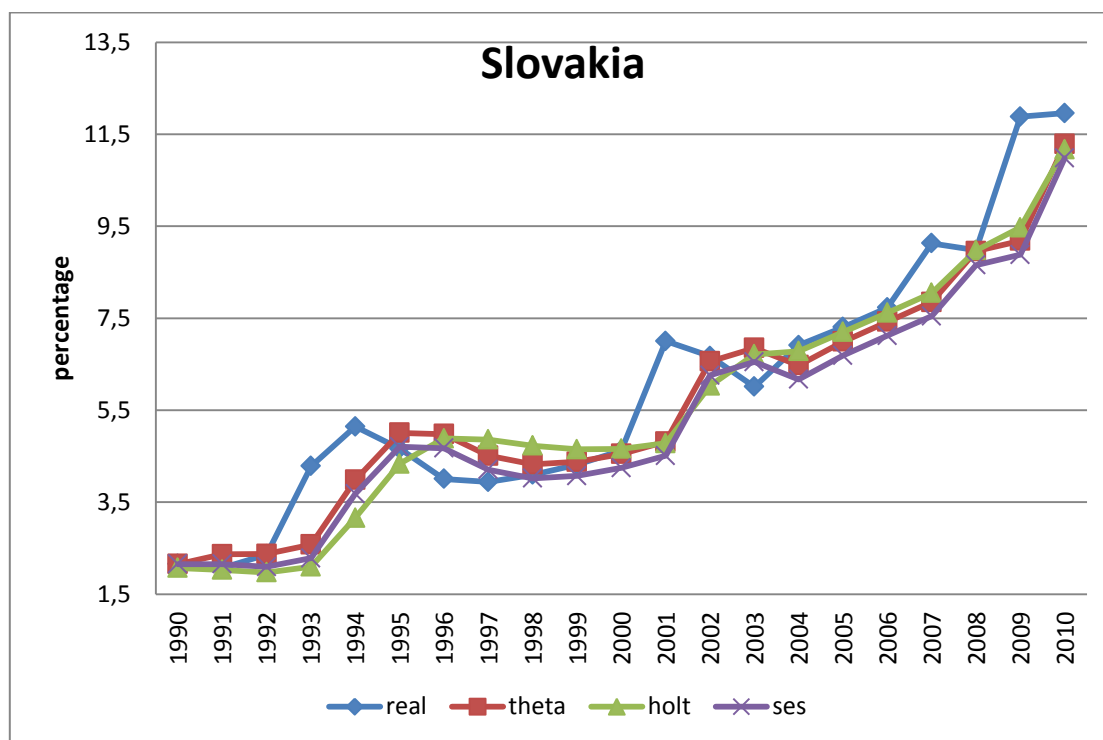
Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Ρουμανίας:

ROMANIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	1,597	1,229	1,232	1,670	1,719	1,344
RMSE	1,869	1,566	1,647	1,907	2,156	1,646
MAPE	11,55	9,88	10,21	12,09	14,60	9,64
SMAPE	12,51	9,25	9,34	13,09	13,69	10,10

Πίνακας 7. 21 Δείκτες Σφάλματος-Ρουμανία

Η περίπτωση της Ρουμανίας είναι αντίστοιχη με αυτή της Πορτογαλίας καθώς και εδώ καλύτερη μέθοδος είναι η damped με διαφορετικούς συντελεστές, βέβαια,  $a=0,98$ ,  $b=0$  και  $\varphi=0,94$ . Επειδή όμως το 2010 το ποσοστό της ήταν 25,94%, δηλαδή είχε ήδη ξεπεράσει το στόχο του 24% που όριζε η Οδηγία, η πολιτική της μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική. Η πρόβλεψη για το 2020 είναι 29,76%.

## ΣΛΟΒΑΚΙΑ



Γράφημα 7. 22 Σλοβακία

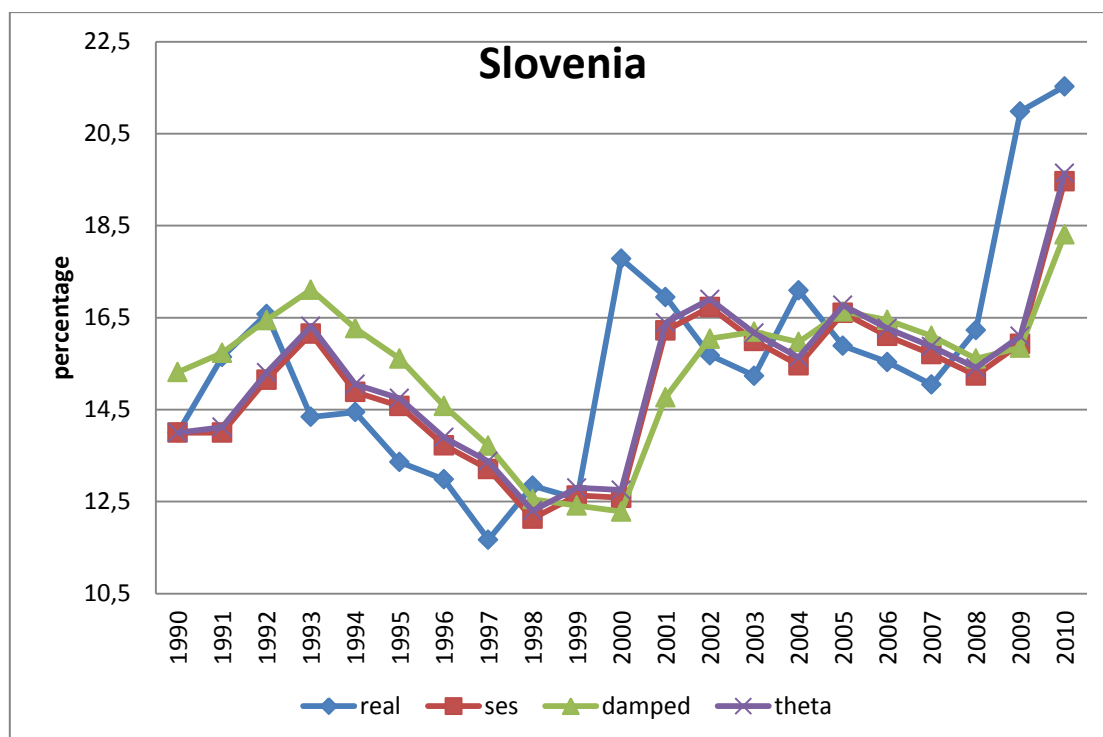
Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά με τα δεδομένα της Σλοβακίας:

SLOVAKIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,700	0,703	0,699	0,734	0,850	0,649
RMSE	1,050	1,002	0,997	1,075	1,020	0,971
MAPE	11,36	11,88	11,86	11,90	15,38	10,80
SMAPE	12,61	12,92	12,88	13,20	15,56	11,53

Πίνακας 7. 22 Δείκτες Σφάλματος-Σλοβακία

Στη χρονοσειρά της Σλοβακίας καλύτερα προσαρμόζεται η μέθοδος theta με  $ases=0,95$  και φαίνεται ότι η πολιτική που ακολουθεί η Σλοβακία έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Άλλωστε η πρόβλεψη της μεθόδου για το 2020 είναι 14,1%, δηλαδή μεγαλύτερη από το στόχο του 14%, μικρότερη όμως από την εκτίμηση του ΕΣΔΑΕ για ποσοστό 15,3% το 2020.

## ΣΛΟΒΕΝΙΑ



Γράφημα 7. 23 Σλοβενία

Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Σλοβενίας:

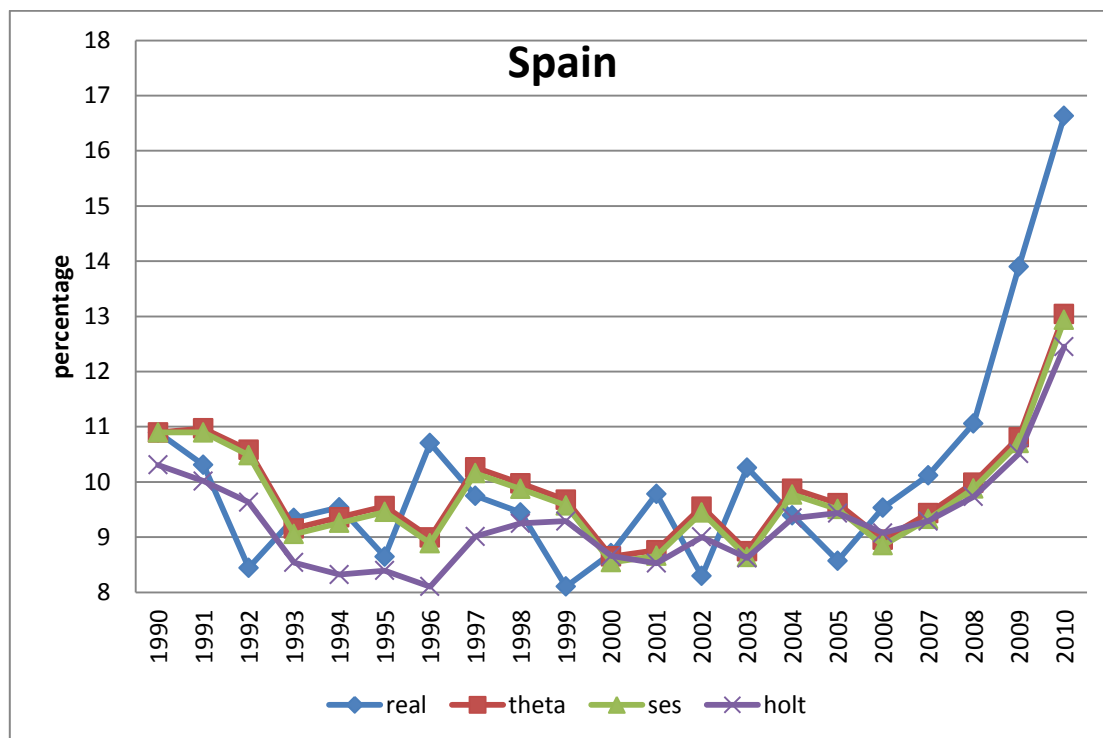
SLOVENIA	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	1,30	1,31	1,57	1,36	1,69	1,32
RMSE	1,86	1,85	2,02	1,90	1,97	1,84
MAPE	7,98	8,08	10,00	8,39	10,95	8,16
SMAPE	8,32	8,40	9,99	8,75	10,82	8,44

Πίνακας 7. 23 Δείκτες Σφάλματος-Σλοβενία

Η Σλοβενία είναι η μοναδική περίπτωση χώρας, στα δεδομένα της οποίας προσαρμόζεται καλύτερα το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με συντελεστή εξομάλυνσης  $a=0,99$ .

Για την ενεργειακή πολιτική της χώρας μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι δεν παρουσιάζει κάποια ανάπτυξη και ότι αν συνεχίσει με αυτούς τους ρυθμούς δεν πρόκειται να επιτύχει το στόχο του 25%. Πράγματι, η πρόβλεψη για το 2020 με τη μέθοδο ses είναι για ποσοστό 21,52%.

## ΙΣΠΑΝΙΑ



Γράφημα 7. 24 Ισπανία

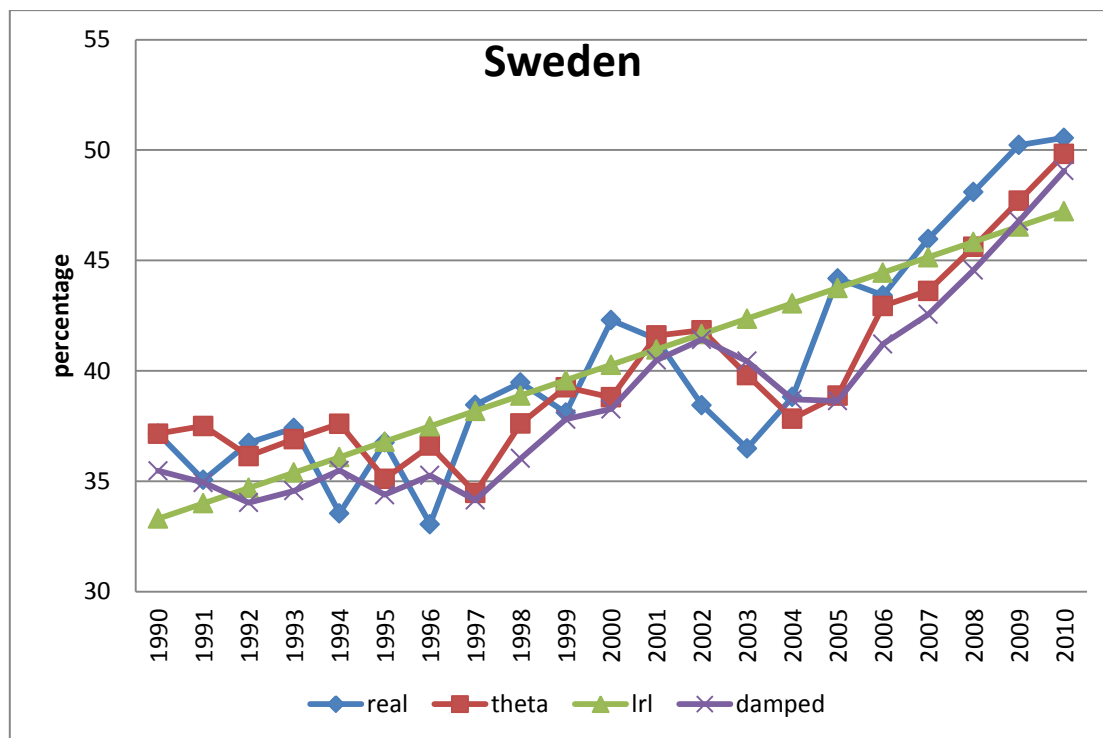
Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Ισπανίας:

SPAIN	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	1,14	1,22	1,18	1,20	1,28	1,13
RMSE	1,37	1,30	1,31	1,40	1,71	1,35
MAPE	11,11	12,28	11,72	11,68	12,18	11,09
SMAPE	11,27	12,40	11,96	11,85	12,17	11,17

Πίνακας 7. 24 Δείκτες Σφάλματος-Ισπανία

Η καλύτερη μέθοδος για τη χρονοσειρά της Ισπανίας είναι η theta με  $ases=0,99$ . Επειδή τη 2010 το ποσοστό για τη χώρα αυτή ήταν 16,63% ενώ ο στόχος ορίζει 20% για το 2020, με αυτή την πολιτική είναι δύσκολο να τον επιτύχει, Έτσι, η πρόβλεψη της μεθόδου για το 2020 είναι 17,33%.

## ΣΟΥΗΔΙΑ



Γράφημα 7. 25 Σουηδία

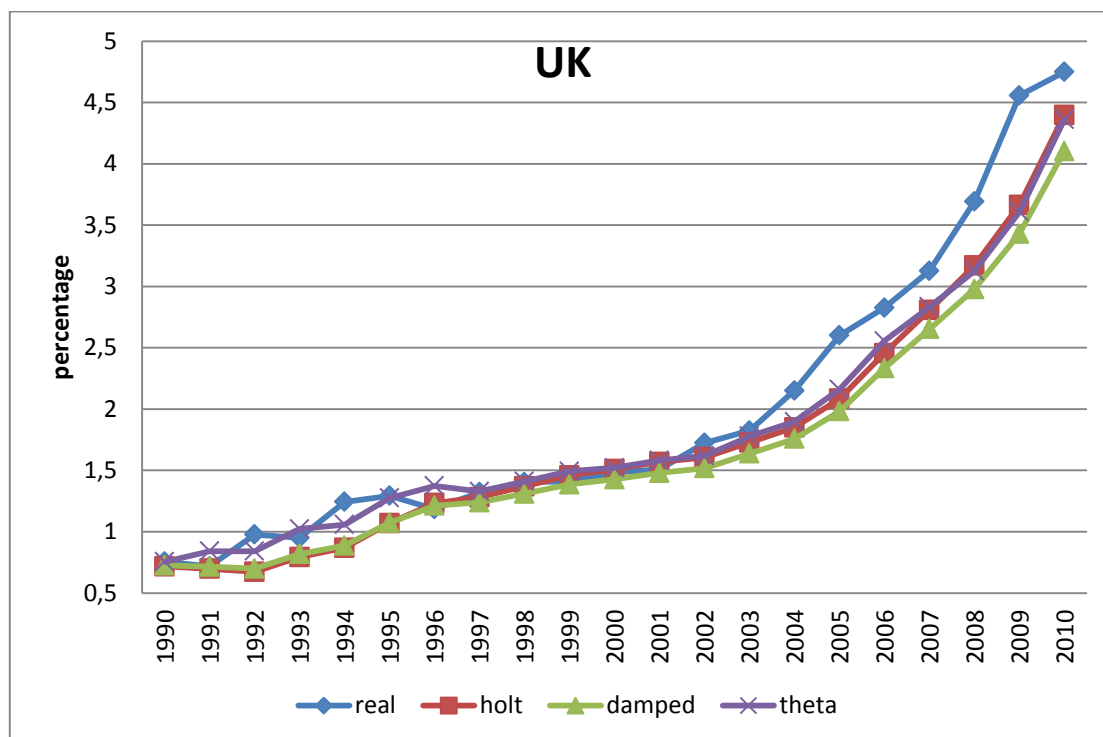
Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Σουηδίας:

SWEDEN	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	2,27	2,26	2,42	2,43	2,17	2,14
RMSE	2,71	2,69	2,86	2,83	2,69	2,60
MAPE	5,73	5,75	6,18	6,19	5,55	5,45
SMAPE	5,80	5,81	6,31	6,27	5,47	5,46

Πίνακας 7. 25 Δείκτες Σφάλματος-Σουηδία

Στη χρονοσειρά της Σουηδίας καλύτερα προσαρμόζεται η μέθοδος theta με  $ases=0,72$ . Η πολιτική που ποσοτικοποιείται με τη μέθοδο αυτή είναι ιδιαίτερα αποδοτική για την περίπτωση της Σουηδίας γιατί η κλίση που διατηρεί η μέθοδος στο μέλλον, μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα μεγάλη αλλά λειτουργεί για τη συγκεκριμένη χώρα η οποία το 2010 είχε ποσοστό 50,55%, δηλαδή είχε ήδη ξεπεράσει τον στόχο του 49%. Η πρόβλεψη της μεθόδου theta για το 2020 είναι 53,85%.

## ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ



Γράφημα 7. 26 Ηνωμένο Βασίλειο

Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά του Ηνωμένου Βασιλείου:

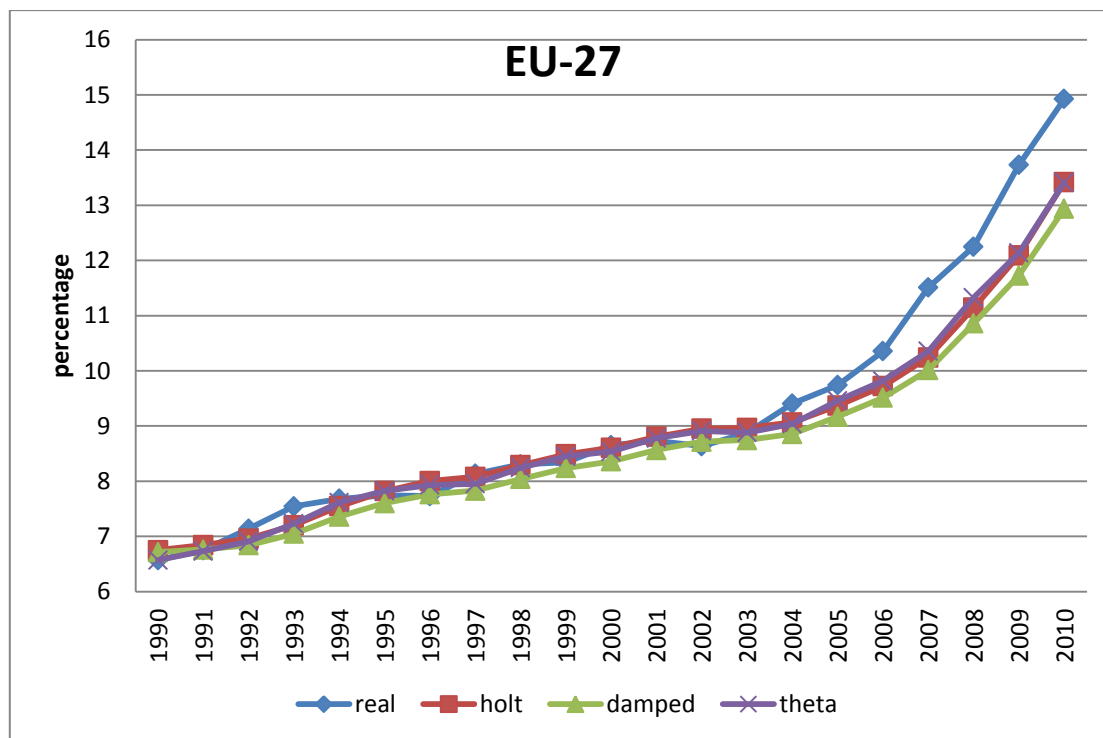
UK	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,208	0,137	0,136	0,217	0,407	0,168
RMSE	0,296	0,189	0,187	0,301	0,486	0,247
MAPE	9,62	7,68	7,64	10,05	24,47	8,34
SMAPE	10,37	7,88	7,84	10,83	26,25	8,56

Πίνακας 7. 26 Δείκτες Σφάλματος-Ηνωμένο Βασίλειο

Για τη χρονοσειρά αυτής της χώρας η μέθοδος που αποδίδει καλύτερα είναι η μέθοδος holt με συντελεστές  $a=0,36$  και  $b=0,52$ . Αυτό σημαίνει ότι η πολιτική που ακολουθεί η χώρα αυτή για την αξιοποίηση των ΑΠΕ είναι πολύ καλή. Δυστυχώς όμως, επειδή το ποσοστό για το Ηνωμένο Βασίλειο το 2010 ήταν 4,75% δηλαδή πολύ μικρότερο από το στόχο για αυτή τη χώρα ο οποίος είναι 15% το 2020, είναι μάλλον αμφίβολο αν θα καταφέρει η χώρα να καλύψει αυτή τη διαφορά. Η πρόβλεψη άλλωστε για το 2020 είναι 10,94%.



## ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ



Γράφημα 7. 27 ΕΕ27

Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα σφάλματα της κάθε μεθόδου για τη χρονοσειρά της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 27 χωρών:

EU-27	SES	DAMPED	HOLT	NAÏVE	LRL	THETA
MAE	0,41	0,23	0,22	0,43	0,73	0,32
RMSE	0,582	0,279	0,276	0,592	0,923	0,482
MAPE	3,93	2,51	2,49	4,10	7,61	2,95
SMAPE	4,06	2,53	2,51	4,23	7,61	3,02

Πίνακας 7. 27 Δείκτες Σφάλματος-Ε.Ε.

Η μέθοδος που προσαρμόστηκε καλύτερα στη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης είναι η holt με συντελεστές  $a=0,72$  και  $b=0,73$ . Το γεγονός αυτό έρχεται σε συμφωνία με την κατεύθυνση που έχει χαράξει η ευρωπαϊκή ένωση για το ζήτημα της ανανεώσιμης ενέργειας. Η πρόβλεψη που δίνει η μέθοδος για το 2020 είναι 28,22% δηλαδή μεγαλύτερο και από το στόχο του 20% και από την εκτίμηση για 20,7%.

## 7.1 Γενικά συμπεράσματα δευτέρου πειράματος

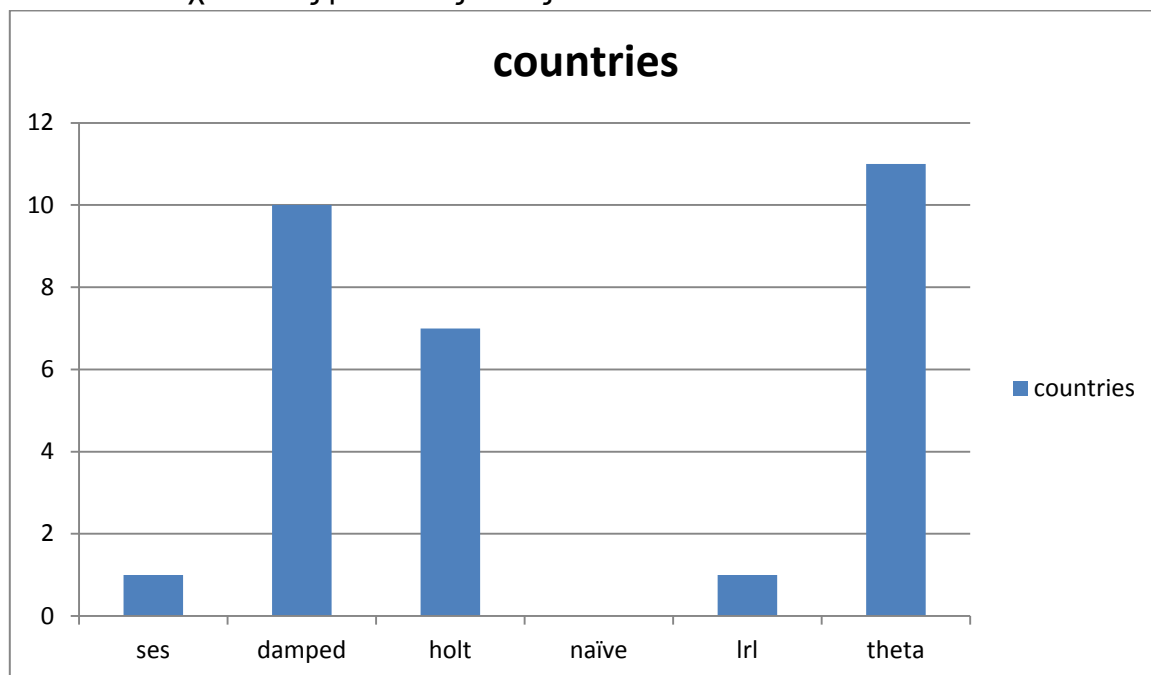
Στο πείραμα αυτό προσπαθήσαμε μέσω της εφαρμογής των μεθόδων χρονοσειρών να ποσοτικοποιήσουμε την πολιτική που ακολουθεί η κάθε χώρα στον τομέα της πράσινης ανάπτυξης. Ακόμα εφαρμόσαμε την καλύτερη μέθοδο για κάθε χώρα ώστε να πάρουμε προβλέψεις για το μερίδιο που θα μετέχουν οι ΑΠΕ στην κατανάλωση ενέργειας το 2020 και να δώσουμε έτσι τη δική μας εκδοχή για το αν θα καταφέρει κάθε χώρα να προσεγγίσει τους στόχους που έχουν τεθεί.

Παρατίθεται λοιπόν ένας πίνακας που απεικονίζει ποια μέθοδος προσαρμόστηκε καλύτερα στη χρονοσειρά της κάθε χώρας.

COUNTRY	METHOD
AUSTRIA	THETA ases=0,99
BELGIUM	HOLT a=0,18 b=0,59
BULGARIA	THETA ases=0,99 /DAMPED a=0,98 b=0 φ=0,98
CYPRUS	DAMPED a=0,98 b=0,98 φ=0,36
CZECH REPUBLIC	THETA ases=0,99 / HOLT a=0,86 b=0,25
DENMARK	HOLT a=0,83 b=0,37
ESTONIA	THETA ases=0,99
FINLAND	LRL
FRANCE	DAMPED a=0,54 b=0,78 φ=0,8
GERMANY	DAMPED a=0,42 b=0,38 φ=0,98 / HOLT a=0,45 b=0,34
GREECE	THETA ases=0,99
HUNGARY	HOLT a=0,40 b=0,71
IRELAND	DAMPED a=0,28 b=0,66 φ=0,92
ITALY	DAMPED a=0,76 b=0,52 φ=0,98
LATVIA	DAMPED a=0,98 b=0,98 φ=0,34
LITHUANIA	THETA ases=0,99
LUXEMBOURG	THETA ases=0,99
NETHERLANDS	DAMPED a=0,02 b=0,98 φ=0,92
POLAND	THETA ases=0,99
PORTUGAL	DAMPED a=0,48 b=0,24 φ=0,82
ROMANIA	DAMPED a=0,98 b=0 φ=0,94
SLOVAKIA	THETA ases=0,95
SLOVENIA	SES a=0,99
SPAIN	THETA ases=0,99
SWEDEN	THETA ases=0,72
UK	HOLT a=0,36 b=0,52
EU-27	HOLT a=0,72 b=0,73

Πίνακας 7. 28 Καλύτερη Μέθοδος Ανά Χώρα

Προηγουμένως εξηγήθηκε πως η μέθοδος που αποδίδει καλύτερα για μία χώρα αντικατοπτρίζει την πολιτική που ακολουθεί η χώρα αυτή στον τομέα των ΑΠΕ και εξηγήθηκε με βάση τα χαρακτηριστικά της κάθε μεθόδου, πως αυτή ερμηνεύεται ως ικανοποιητική πολιτική ή όχι. Έτσι παρουσιάζουμε ένα γράφημα που δείχνει για πόσες χώρες η κάθε μέθοδος ήταν η καλύτερη. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι χώρες στις οποίες δύο ήταν οι καλύτερες μέθοδοι, προσμετρήθηκαν και στις δύο στήλες που αντιστοιχούν στις μεθόδους αυτές.



Γράφημα 7. 28 Καλύτερη Μέθοδος

Παρατηρούμε ότι για τις περισσότερες χρονοσειρές καλύτερη ήταν η μέθοδος theta ακολουθούμενη με ελάχιστη διαφορά από τη μέθοδο damped. Στη συνέχεια συγκεντρώσαμε σε ένα πίνακα τις προβλέψεις μας για κάθε χώρα και τον στόχο για τη χώρα αυτή:

COUNTRY	FORECAST	TARGET
Austria	33,42%	34%
Belgium	18,01%	13%
Bulgaria	19,14%/ 20,74%	16%
Cyprus	5,38%	13%
Czech Republic	12,48%/18,43%	13%
Denmark	42,34%	30%
Estonia	34,07%	25%
Finland	39,11%	38%
France	16,14%	23%
Germany	27,20%	18%
Greece	11,61%	18%
Hungary	25,94%	13%

Ireland	10,50%	16%
Italy	15,85%/30,29%	17%
Latvia	35,94%	40%
Lithuania	27,07%	23%
Luxembourg	3,64%	11%
Malta	-	10%
Netherlands	2,96%	14%
Poland	12,58%	15%
Portugal	35,99%	31%
Romania	29,76%	24%
Slovakia	14,08%	14%
Slovenia	21,52%	25%
Spain	17,33%	20%
Sweden	53,85%	49%
UK	10,95%	15%
EU-27	28,22%	20%

Πίνακας 7. 29 Πρόβλεψη-Στόχος 2020

Οι χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης που θα προσεγγίσουν τους στόχους τους είναι οι εξής:

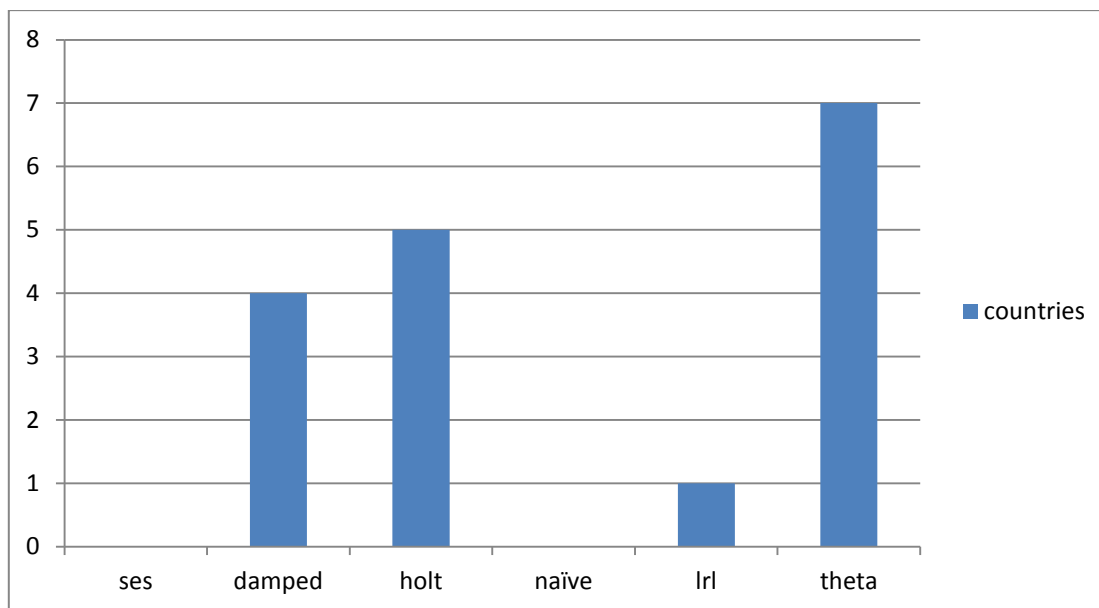
Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Τσεχία, Δανία, Εσθονία, Φιλανδία, Γερμανία, Ουγγαρία, Λιθουανία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σουηδία καθώς και η Ιταλία για μία από τις δύο προβλέψεις.

Σημειώνεται ότι η Αυστρία και η Τσεχία λόγω της μικρής απόκλισης των ποσοστών τους από αυτά των στόχων τους, θεωρείται ότι θα φτάσουν τους στόχους τους.

Αντίθετα οι χώρες που αν διατηρήσουν την ενεργειακή τους πολιτική ως έχει δεν θα καταφέρουν να εκπληρώσουν τους στόχους τους είναι οι ακόλουθες:

Κύπρος, Γαλλία, Ελλάδα, Ιρλανδία, Λετονία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Πολωνία, Σλοβενία, Ισπανία, Ηνωμένο Βασίλειο καθώς και η Ιταλία για μία από τις δύο προβλέψεις.

Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται για τις χώρες που πετυχαίνουν τους στόχους τους ποιες μέθοδοι ήταν καλύτερες :



Γράφημα 7. 29 Καλύτερες Μέθοδοι για Χώρες που πετυχαίνουν τους Στόχους

Φαίνεται λοιπόν ότι για την πλειοψηφία των χωρών που σύμφωνα με τις προβλέψεις μας αν συνεχίσουν την πολιτική που εφαρμόζουν θα προσεγγίσουν το στόχο του 2020, η πολιτική τους αυτή ποσοτικοποιείται με τη μέθοδο theta.

Αντίστοιχα το παρακάτω διάγραμμα αφορά τις χώρες οι οποίες αν συνεχίσουν να εφαρμόζουν την πολιτική που ακολουθούν δεν θα προσεγγίσουν τους στόχους του 2020.

Στην πλειοψηφία των χρονοσειρών των χωρών αυτών προσαρμόστηκε καλύτερα η μέθοδος damped .

Πρέπει να τονιστεί ότι η περίπτωση της Ιταλίας δεν έχει υπολογιστεί, ενώ αν για κάποια από τις χώρες δύο ήταν οι καλύτερες μέθοδοι, η χώρα αυτή έχει προσμετρηθεί και για τις δύο.

Σύμφωνα με την πρόβλεψη που έδωσε η μέθοδος holt για την ευρωπαϊκή ένωση όταν εφαρμόστηκε στη χρονοσειρά της ευρωπαϊκής ένωσης το ποσοστό των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα θα είναι 28,22% δηλαδή αισθητά πιο μεγάλο από το 20%.

Θεωρήθηκε χρήσιμο να εξεταστεί εάν και ο μέσος όρος των προβλέψεων που παρήχθησαν για κάθε χώρα ξεπερνάει το 20%. Για τις χώρες στις οποίες έχουμε δύο προβλέψεις, συνυπολογίσαμε στον υπολογισμό του μέσου όρου την πρόβλεψη που ήταν πιο κοντά στο στόχο της συγκεκριμένης χώρας ακόμη κι αν αυτή ήταν η πιο απαισιόδοξη από τις δύο.

Έτσι ο μέσος όρος για την ευρωπαϊκή ένωση προέκυψε ίσος με 22,41%

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Γενικά συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω επιστημονική έρευνα

### 8.1 Γενικά συμπεράσματα

Οι στόχοι που είχαμε θέσει εξαρχής ήταν κυρίως η αξιολόγηση τη εφαρμογής των τεχνικών προβλέψεων σε ενεργειακά δεδομένα, αλλά και η χρησιμοποίηση των μεθόδων ως δεικτών της πολιτικής που ακολουθούν οι χώρες μέλη της Ε.Ε. στο ζήτημα της αξιοποίησης των ΑΠΕ . Επιπλέον, θέλαμε να παράγουμε τις δικές μας προβλέψεις για το αν οι χώρες αυτές θα πετύχουν το στόχο που έχουν θέσει για τη διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας το 2020. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των πειραμάτων που υλοποιήσαμε προκύπτουν πολλά χρήσιμα συμπεράσματα, τα βασικότερα από τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Στην ανάλυση ανά χώρα στο πείραμα πρόβλεψης παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ η top down πολιτική αποδίδει καλύτερα για την πλειοψηφία των χωρών. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η μέθοδος holt εμφανίζει τα καλύτερα αποτελέσματα στην προσέγγιση (top down ή bottom up) που είναι αποδοτικότερη συνολικά για την εκάστοτε χώρα, ενώ η μέθοδος LRL εμφανίζει τα καλύτερα αποτελέσματα για τη μη αποδοτική προσέγγιση.
- Στην ανάλυση ανά ενέργεια στο ίδιο πείραμα η προσέγγιση με τα καλύτερα αποτελέσματα είναι ξεκάθαρα η top down καθώς εξασφαλίζει τα καλύτερα αποτελέσματα για όλες τις ΑΠΕ που εξετάζονται εκτός από την υδροηλεκτρική.
- Γενικά, στην πρόβλεψη παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας πιο ακριβείς προβλέψεις πετυχαίνει η μέθοδος Holt και δεύτερη η μέθοδος LRL . Αυτό φαίνεται και στον ακόλουθο πίνακα, ο οποίος παρουσιάζει το ποσοστό των χρονοσειρών για το οποίο ήταν καλύτερη η κάθε μέθοδος για κάθε δείκτη σφάλματος.

METHOD	RMSE	MAPE	SMAPE
SES	6,12%	4,76%	3,40%
DAMPED	8,16%	12,24%	11,56%
HOLT	51,70%	49,66%	48,30%
NAÏVE	6,12%	6,12%	6,80%
LRL	21,09%	22,45%	25,17%
THETA	6,80%	4,76%	4,76%

Πίνακας 7. 30 Ποσοστά Μεθόδων ανά δείκτη σφάλματος

- Σε ότι αφορά τις χώρες που ανήκουν στην Ευρωζώνη η top down στρατηγική αποδίδει καλύτερα, ενώ τα μικρότερα σφάλματα για την πλειοψηφία των χωρών και δεικτών σφάλματος τα έχει η μέθοδος holt. Τα ίδια ακριβώς ισχύουν και για τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης που ανήκουν στους G20 καθώς και για τα κράτη μέλη που έχουν τις μεγαλύτερες εκπομπές CO<sub>2</sub>.
- Από τα αποτελέσματα του πειράματος που αφορά στην πρόβλεψη για το στόχο του 2020 προκύπτει ότι η μέθοδος theta είναι αυτή που προσαρμόζεται καλύτερα στην πλειοψηφία των χωρών και συνακόλουθα εκφράζει την πολιτική που ακολουθούν οι χώρες αυτές στην κατεύθυνση της πράσινης ανάπτυξης.
- Σύμφωνα με τις προβλέψεις που προέκυψαν κάθε φορά εφαρμόζοντας τη μέθοδο που προσαρμόστηκε καλύτερα σε κάθε χώρα, 14 χώρες θα επιτύχουν τον στόχο που εξαρχής είχαν θέσει σε περίπτωση που δεν τροποποιηθεί η πολιτική επένδυσης σε ΑΠΕ.  
Αυτές θα είναι οι: Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Τσεχία, Δανία, Εσθονία, Φιλανδία, Γερμανία, Ουγγαρία, Λιθουανία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σουηδία. Για την Ιταλία δε δύναται να εξάγουμε κάποιο συμπέρασμα και η Μάλτα μόλις πρόσφατα ξεκίνησε την επένδυση σε ΑΠΕ.
- Τέλος, η Ευρωπαϊκή Ένωση σε σύνολο θα ξεπεράσει το στόχο του 20%.

## 8.2 Προεκτάσεις

Επιπλέον των συμπερασμάτων και λοιπών ευρημάτων που προκύπτουν από τη μελέτη αυτή, είναι γεγονός ότι το συγκεκριμένο πεδίο ενδείκνυται για περαιτέρω έρευνα προκειμένου να αποκτηθεί μια πιο ολοκληρωμένη και σφαιρική γνώση σε ό,τι αφορά την πρόβλεψη ενεργειακών δεδομένων.

Αρχικά θα παρουσίαζε ενδιαφέρον η εξέταση περισσότερων και πιο πολύπλοκων δεικτών σφάλματος για την εξέταση της ακρίβειας των μεθόδων που εφαρμόζονται στις χρονοσειρές, έτσι ώστε να είναι εφικτό να καθοριστεί ποια μέθοδος αποδίδει καλύτερα για κάθε έναν από τους δείκτες σφάλματος.

Θα μπορούσε ακόμα να αναζητηθεί μεγαλύτερο εύρος καταγεγραμμένων δεδομένων ετήσιας ή άλλης συχνότητας. Στη παρούσα εργασία ήταν διαθέσιμα ετήσια δεδομένα μέχρι το 2010. Έτσι δεν είχαμε στη διάθεσή μας την πληροφορία που περιέχεται στα δεδομένα του 2010-2012. Γενικά όσο μεγαλύτερη είναι η ιστορία που έχουμε, τόσο πιο ακριβείς είναι οι προβλέψεις με τις μεθόδους χρονοσειρών.

Επιπλέον, θα μπορούσαμε να προσθέσουμε στο πείραμα και τα βιοκαύσιμα ή ακόμα και την πυρηνική ενέργεια, την οποία αγνοήσαμε γιατί η Ευρώπη δεν την αναγνωρίζει ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για τους γνωστούς λόγους οι οποίοι αναφέρθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο. Θα μπορούσε κανείς να προχωρήσει την έρευνα ακόμα περισσότερο υλοποιώντας και άλλες μεθόδους χρονοσειρών πέρα από αυτές που υλοποιήθηκαν σε αυτό το πείραμα καθώς και άλλες μεθόδους

πρόβλεψης όπως π.χ. νευρωνικά δίκτυα και να τις συγκρίνει μεταξύ τους και με άλλα κοινωνικοοικονομικά ενεργειακά μοντέλα.

Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και η παραγωγή κριτικών προβλέψεων και ο συνδυασμός τους με τα αποτελέσματα κλασικών μεθόδων πρόβλεψης. Η κριτικές προβλέψεις μπορεί να βασίζονται σε ειλημμένες αποφάσεις των κρατών-μελών της Ε.Ε. σχετικά με την ακολουθούμενη πολιτική ως προς τις ΑΠΕ και να λαμβάνουν υπόψιν τους το γενικό οικονομικό κλίμα στην Ευρώπη, το οποίο το τελευταίο χρονικό διάστημα δεν ευνοεί την κατανάλωση ενέργειας λόγω της ύφεσης και κατά συνέπεια ούτε την πραγματοποίηση επενδύσεων στον τομέα των ΑΠΕ.

Επιπλέον το πεδίο του πειράματος θα μπορούσε να διευρυνθεί ώστε να συμπεριλάβει χώρες διαφορετικών ηπειρών ώστε να είναι σε θέση κανείς να εξαγάγει συμπεράσματα ως προς τη μεταξύ τους συσχέτιση.

Επίσης θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τα μοντέλα πρόβλεψης για να εξαγάγουμε συμπεράσματα σχετικά με τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στο κόστος της ενέργειας για κάποια χώρα και την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το ίδιο θα μπορούσε να γίνει προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδραση που έχει η εισαγωγή κάποιου νέου κινήτρου για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας σε κάποια χώρα στην συνολική παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας για τη χώρα αυτή.

Τέλος στη ίδια βάση της αξιολόγησης των συσχετίσεων της παραγωγής των ΑΠΕ με άλλους δείκτες θα μπορούσε να εξεταστούν και οι χρονοσειρές του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος για κάθε χώρα καθώς και αυτές των τιμών πετρελαίου. Τα περισσότερα ενεργειακά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για πρόβλεψη στην ενέργεια άλλωστε αναφέρουν όλες σχεδόν τις συσχετίσεις που προαναφέρθηκαν αλλά μέχρι στιγμής δεν έχει παρουσιαστεί κάποιο μοντέλο που να τις ποσοτικοποιήσει.

Τα παραπάνω σημεία αποτελούν καταγραφή ενός μέρους των ζητημάτων που θα μπορούσαν να ερευνηθούν.

Σχετικά με το δεύτερο πείραμα τώρα θα πρέπει να εκτελεστούν περισσότερα πειράματα για πιο σφαιρική γνώση και να πραγματοποιηθεί εμπειριστατωμένη έρευνα προκειμένου να μπορούν κάποια στιγμή να δοθούν απαντήσεις σχετικά με το τι έφταιξε και ένα μοντέλο που θεωρητικά περιμέναμε να έχει μία συγκεκριμένη συμπεριφορά δε λειτούργησε στη πράξη. Αυτό αφορά κυρίως τη θεμελίωση των συνθηκών και προϋποθέσεων που πρέπει να πληρούνται προκειμένου να χρησιμοποιούμε τις μεθόδους χρονοσειρών για να ποσοτικοποιήσουμε την πολιτική μιας χώρας απέναντι σε κάποιο συγκεκριμένο ζήτημα το οποίο δεν είναι απαραίτητο να είναι ενεργειακής φύσης.

Σε μικρότερη κλίμακα θα παρουσίαζε ενδιαφέρον να παραχθούν προβλέψεις και για τα άλλα δύο είκοσι του '20-20-20' που περιλαμβάνει το πακέτο <<ΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΚΛΙΜΑ>> ώστε να αποκτηθεί μία πιο ολοκληρωμένη πρόβλεψη στη κατεύθυνση της πράσινης ανάπτυξης για το 2020.



## Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Arnulf Jager-Waldau, Marta Szabo, Nicole Scarlat, Fabio Monforti Ferrario: "Renewable electricity in Europe" (2011)
2. Ali Sayigh: "Renewable Energy – The way forward"(1999)
3. Ευρωβαρόμετρο: Economic governance in EU. Standard Eurobarometer 74; 2010
4. Η Ανακοίνωση της Επιτροπής της 26<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 1997, COM (97)599 Τελικό «Ενέργεια για το μέλλον: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Λευκή Βίβλος για μια Κοινοτική Στρατηγική και Σχέδιο Δράσης.
5. Η Ανακοίνωση της Επιτροπής της 29ης Νοεμβρίου 2000 COM (2000) 769 τελικό: Πράσινη Βίβλος: «Προς μια ευρωπαϊκή στρατηγική για τη ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού»
6. Η ανακοίνωση της Επιτροπής, της 10ης Ιανουαρίου 2007, προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο με τίτλο «Χάρτης πορείας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τον 21ο αιώνα: συμβολή στην ενίσχυση της αειφορίας»
7. Τα Συμπεράσματα του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 8<sup>ης</sup> κα 19<sup>ης</sup> Μαρτίου 2007, 7224/07, 9 Μαρτίου 2007
8. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28/EK της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/EK και 2003/30/EK
9. Η οδηγία 2001/77/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Σεπτεμβρίου 2001, για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας
10. Η Οδηγία 2003/30/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 8ης Μαΐου 2003, σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές
11. Arnulf Jager-Waldau: " Photovoltaics and renewable energies in Europe" (2005)
12. Agentur für Erneuerbare Energien e.V : "Renewable Energy - Predictions and Reality" Comparison of forecasts and scenarios with the actual development of renewable energy sources, Germany – Europe – the world Report May 2009' Authors: Björn Pieprzyk, Paula Rojas Hilje for the Renewable Energies Agency, Berlin
13. PÖYRY MANAGEMENT CONSULTING: "Evaluation of National Renewable Energy Actions Plans", A report to EURELECTRIC, February 2011
14. Energy research Centre of the Netherlands (ECN) "Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States Covering all 27 EU Member States with updates for 20 Member States -L.W.M. Beurskens, M. Hekkenberg, P. Vethman, (28-11-2011)

15. European Renewable Energy Council (EREC): "Mapping Renewable Energy Pathways towards 2020 – EU Roadmap, March 2011
  16. Η οδηγία 2003/54/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 26ης Ιουνίου 2003, σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.
  17. EREC: "RENEWABLE ENERGY POLICY REVIEW – HUNGARY – March 2009
  18. EREC: "RENEWABLE ENERGY POLICY REVIEW – NEDERLANDS – March 2009
  - 19.ΒΙΒΛΙΟ: «ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ», Β .Ασημακόπουλος, Φ. Πετρόπουλος (2011)
  - 20.Spyros Makridakis, Steven C. Wheelwright, Rob J. Hyndman, "Forecasting Methods and Applications" , Third Edition, John Wiley& Sons Inc.,United States of America, 1998
  - 21.Β.Ασημακόπουλος, μέθοδοι προβλέψεων, Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2007, σελ. 2.26
  - 22.Byron J. Dangerfield and John S. Morris, "Top-down or Bottom-up: Aggregate versus Disaggregate extrapolations", International Journal of Forecasting 8 (1992) 233-241 North Holland
- Eurostat, Energy Statistics 1990-2010<<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν τις χρονοσειρές που αποτέλεσαν τα δεδομένα του πειράματος πρόβλεψης παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

COUNTRY	ENERGY	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Austria	total	58033,7	59836,4	62848,5	66023,5	64430,2	68023,9	67314,4	68663,5	69221,8	77700
Austria	solar thermal	174,45	220,97	267,49	290,75	337,27	418,68	488,46	558,24	628,02	674,54
Austria	biomass	26307,06	28132,97	27691,03	28970,33	28330,68	30482,23	32540,74	31912,72	31296,33	35971,59
Austria	geothermal	46,52	46,52	46,52	46,52	46,52	58,15	69,78	69,78	93,04	302,38
Austria	hydro	31.509	31.443	34.848	36.706	35.708	37.067	34.216	36.105	37.163	40.699
Austria	wind	0	0	0	0	0	1	5	20	45	51
Austria	solar PV	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2
Belgium	total	5594,03	5663,81	5617,29	3954,2	3779,75	5152,09	4919,49	4989,27	5721,96	5791,74
Belgium	solar thermal	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63
Belgium	biomass	5291,65	5384,69	5233,5	3651,82	3384,33	4756,67	4617,11	4628,74	5268,39	5384,69
Belgium	geothermal	23,26	34,89	23,26	23,26	34,89	34,89	34,89	34,89	34,89	34,89
Belgium	hydro	266	229	341	254	346	338	239	305	389	341
Belgium	wind	7	8	9	8	9	9	8	8	11	13
Belgium	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bulgaria	total	3907,68	4082,13	3989,09	3791,38	3465,74	4861,34	5826,63	5663,81	7896,77	7733,95
Bulgaria	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bulgaria	biomass	2023,62	1639,83	1930,58	1849,17	1988,73	2546,97	2907,5	2919,13	4803,19	4989,27
Bulgaria	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bulgaria	hydro	1.878	2.441	2.063	1.942	1.468	2.314	2.919	2.754	3.097	2.753
Bulgaria	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bulgaria	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprus	total	69,78	69,78	58,15	58,15	139,56	488,46	500,09	488,46	500,09	511,72
Cyprus	solar thermal	0	0	0	0	0	360,53	372,16	383,79	395,42	407,05
Cyprus	biomass	69,78	69,78	58,15	58,15	139,56	127,93	127,93	104,67	104,67	104,67
Cyprus	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprus	hydro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprus	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprus	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Czech Rep	total	10560,04	8548,05	13828,07	14002,52	15316,71	13630,36	13816,44	14758,47	15433,01	16386,67
Czech Rep	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Czech Rep	biomass	9408,67	7454,83	12420,84	12630,18	13862,96	11630	11850,97	13060,49	14037,41	14700,32
Czech Rep	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Czech Rep	hydro	1.161	1.089	1.402	1.369	1.460	2.002	1.969	1.699	1.396	1.681
Czech Rep	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Czech Rep	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Denmark	total	12560,4	13700,14	14351,42	14944,55	14804,99	15339,97	16107,55	17317,07	18061,39	18828,97
Denmark	solar thermal	23,26	34,89	34,89	46,52	46,52	58,15	69,78	81,41	81,41	93,04
Denmark	biomass	11874,23	12874,41	13351,24	13804,81	13560,58	14049,04	14770,1	15258,56	15095,74	15653,98
Denmark	geothermal	23,26	23,26	23,26	23,26	23,26	23,26	23,26	23,26	34,89	34,89
Denmark	hydro	28	25	28	28	33	30	19	19	27	31
Denmark	wind	610	740	915	1.034	1.137	1.177	1.227	1.934	2.820	3.029
Denmark	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Estonia	total	2186,44	2174,81	2512,08	2384,15	3686,71	4105,39	7152,45	7396,68	5954,56	6117,38
Estonia	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estonia	biomass	2186,44	2174,81	2512,08	2384,15	3686,71	4105,39	7152,45	7396,68	5942,93	6105,75
Estonia	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estonia	hydro	0	0	1	1	3	2	2	3	4	4
Estonia	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estonia	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Finland	total	61115,65	59080,4	61836,71	65372,23	67465,63	71129,08	71664,06	78444,35	84282,61	84387,28
Finland	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finland	biomass	50253,23	45868,72	46717,71	51881,43	55661,18	58184,89	59789,83	66174,7	69198,5	71547,76
Finland	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finland	hydro	10.859	13.197	15.107	13.476	11.787	12.925	11.860	12.242	15.051	12.780
Finland	wind	0	0	2	4	7	11	11	17	23	49
Finland	solar PV	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
France	total	177008,6	199408	207165,2	198279,9	200338,4	197965,9	200384,9	187754,7	186231,2	192220,6
France	solar thermal	220,97	232,6	232,6	232,6	232,6	232,6	220,97	209,34	209,34	197,71
France	biomass	121126,5	139699,6	135931,4	131151,5	119265,7	122708,1	132023,8	121696,3	121847,5	117393,2
France	geothermal	1279,3	1279,3	1453,75	1418,86	1453,75	1535,16	1500,27	1477,01	1465,38	1442,12
France	hydro	53.804	57.603	68.961	64.913	78.818	72.925	66.091	63.789	62.100	72.558
France	wind	0	0	0	2	5	5	7	11	20	37
France	solar PV	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2
Germany	total	61871,6	59033,88	62476,36	63790,55	67256,29	70884,85	73013,14	84061,64	90655,85	93842,47
Germany	solar thermal	127,93	162,82	220,97	279,12	348,9	441,94	546,61	697,8	860,62	1035,07
Germany	biomass	44170,74	43682,28	44473,12	44856,91	45438,41	45519,82	47043,35	61615,74	66570,12	66163,07
Germany	geothermal	81,41	81,41	104,67	104,67	104,67	1430,49	1383,97	1337,45	1383,97	1430,49
Germany	hydro	17.426	14.891	17.397	17.878	19.930	21.780	21.957	17.357	17.216	19.647
Germany	wind	71	215	291	674	1.428	1.712	2.078	3.034	4.593	5.528
Germany	solar PV	1	1	4	3	7	7	12	18	35	30
Greece	total	12851,15	14304,9	13514,06	13700,14	14002,52	14991,07	15979,62	15584,2	15456,27	16502,97
Greece	solar thermal	651,28	732,69	814,1	872,25	918,77	953,66	1000,18	1035,07	1081,59	1128,11
Greece	biomass	10385,59	10432,11	10455,37	10467	10397,22	10443,74	10560,04	10594,93	10560,04	10606,56
Greece	geothermal	34,89	34,89	34,89	34,89	46,52	34,89	34,89	23,26	34,89	23,26
Greece	hydro	1.769	3.099	2.203	2.282	2.599	3.529	4.348	3.882	3.717	4.592
Greece	wind	2	2	8	47	37	34	38	36	70	162
Greece	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hungary	total	9187,7	9269,11	9245,85	9466,82	9536,6	10106,47	9978,54	9699,42	9676,16	9804,09
Hungary	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hungary	biomass	8001,44	8071,22	8094,48	8303,82	8373,6	8943,47	8769,02	8489,9	8524,79	8629,46
Hungary	geothermal	1000,18	1000,18	1000,18	1000,18	1000,18	1000,18	1000,18	1000,18	1000,18	1000,18
Hungary	hydro	178	194	158	166	161	163	207	216	155	181
Hungary	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hungary	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ireland	total	1953,84	1953,84	1884,06	1872,43	2023,62	1802,65	1965,47	2105,03	2686,53	2581,86
Ireland	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ireland	biomass	1256,04	1197,89	1069,96	1081,59	1081,59	1069,96	1221,15	1372,34	1604,94	1546,79
Ireland	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ireland	hydro	697	746	817	765	920	713	722	678	916	846
Ireland	wind	0	0	5	15	19	16	14	50	169	187
Ireland	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Italy	total	74211,03	85759,62	90481,4	91121,05	93668,02	87085,44	94447,23	96936,05	100960	109333,6
Italy	solar thermal	58,15	58,15	69,78	81,41	81,41	81,41	81,41	81,41	116,3	116,3
Italy	biomass	7966,55	9304	11095,02	10455,37	12269,65	12362,69	12176,61	13583,84	14770,1	16921,65
Italy	geothermal	34552,73	34157,31	37099,7	39146,58	36646,13	36832,21	40100,24	41530,73	44612,68	46508,37
Italy	hydro	31.626	42.239	42.200	41.425	44.658	37.782	42.037	41.603	41.220	45.365
Italy	wind	2	3	2	4	7	9	33	118	231	403
Italy	solar PV	4	5	9	11	11	13	14	15	16	17
Latvia	total	12351,06	12234,76	11432,29	12793	14165,34	15747,02	15619,09	17793,9	20422,28	18270,73

Latvia	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Latvia	biomass	7850,25	8955,1	8908,58	9920,39	10862,42	12804,63	13758,29	14839,88	16107,55	15514,42
Latvia	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Latvia	hydro	4.496	3.275	2.521	2.876	3.305	2.937	1.860	2.953	4.316	2.757
Latvia	wind	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2
Latvia	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lithuania	total	3733,23	3651,82	3628,56	5384,69	5547,51	5826,63	6222,05	6303,46	7117,56	7629,28
Lithuania	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lithuania	biomass	3314,55	3314,55	3314,55	4989,27	5093,94	5454,47	5896,41	6001,08	6698,88	7222,23
Lithuania	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lithuania	hydro	414	338	311	393	452	373	326	296	417	415
Lithuania	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lithuania	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luxembourg	total	209,34	232,6	407,05	395,42	407,05	407,05	348,9	395,42	430,31	407,05
Luxembourg	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luxembourg	biomass	139,56	139,56	337,27	325,64	325,64	314,01	290,75	302,38	302,38	302,38
Luxembourg	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luxembourg	hydro	70	84	70	67	86	88	60	83	115	85
Luxembourg	wind	0	0	0	0	0	0	0	3	11	18
Luxembourg	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	biomass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	hydro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Netherlands	total	8548,05	8710,87	9013,25	9431,93	9478,45	10257,66	11188,06	12258,02	13583,84	14072,3
Netherlands	solar thermal	23,26	23,26	34,89	34,89	46,52	58,15	58,15	81,41	93,04	104,67
Netherlands	biomass	8385,23	8489,9	8710,87	9129,55	9094,66	9792,46	10606,56	11618,37	12734,85	13223,31
Netherlands	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Netherlands	hydro	85	104	120	92	100	88	80	92	112	90
Netherlands	wind	56	88	147	174	238	317	437	475	640	645
Netherlands	solar PV	0	0	1	1	1	1	2	2	4	5
Poland	total	18375,4	15770,28	17398,48	45659,38	44740,61	45636,12	45159,29	45042,99	45159,29	43693,91
Poland	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poland	biomass	16956,54	14339,79	15898,21	44170,74	43007,74	43752,06	43217,08	43077,52	42844,92	41530,73
Poland	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poland	hydro	1.417	1.425	1.507	1.488	1.733	1.887	1.931	1.961	2.309	2.155
Poland	wind	0	0	0	0	0	1	0	2	4	4
Poland	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Portugal	total	38123,14	38192,92	33168,76	37169,48	39844,38	38599,97	44112,59	43589,24	43414,79	38867,46
Portugal	solar thermal	127,93	151,19	151,19	162,82	162,82	174,45	186,08	186,08	197,71	209,34
Portugal	biomass	28807,51	28947,07	28319,05	28423,72	28656,32	29621,61	28656,32	29737,91	29551,83	30435,71
Portugal	geothermal	34,89	46,52	46,52	34,89	348,9	441,94	500,09	523,35	593,13	814,1
Portugal	hydro	9.157	9.043	4.646	8.538	10.658	8.343	14.761	13.105	12.983	7.286
Portugal	wind	1	1	4	11	17	16	21	38	89	123
Portugal	solar PV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Romania	total	18410,29	22911,1	21015,41	26248,91	26458,25	32529,11	44740,61	56579,95	53963,2	51172
Romania	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Romania	biomass	7001,26	8315,45	9304	13479,17	13409,39	15840,06	28993,59	39076,8	35087,71	32796,6
Romania	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93,04
Romania	hydro	11.411	14.588	11.700	12.768	13.046	16.693	15.755	17.509	18.879	18.290
Romania	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Romania	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovakia	total	3814,64	3058,69	3302,92	5466,1	6338,35	5768,48	5117,2	5024,16	5128,83	5326,54
Slovakia	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovakia	biomass	1930,58	1651,46	1372,34	2000,36	1988,73	883,88	883,88	953,66	860,62	848,99
Slovakia	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovakia	hydro	1.880	1.408	1.937	3.467	4.355	4.880	4.227	4.064	4.267	4.474
Slovakia	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovakia	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovenia	total	5710,33	6373,24	6175,53	5756,85	6117,38	5966,19	6396,5	5815	6163,9	6408,13
Slovenia	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovenia	biomass	2756,31	2756,31	2756,31	2721,42	2721,42	2721,42	2721,42	2721,42	2721,42	2674,9
Slovenia	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovenia	hydro	2.950	3.608	3.423	3.035	3.399	3.252	3.673	3.092	3.449	3.741
Slovenia	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovenia	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spain	total	72071,11	71129,08	59173,44	64755,84	69245,02	64081,3	81247,18	77292,98	78886,29	70140,53
Spain	solar thermal	0	0	0	0	279,12	290,75	290,75	267,49	290,75	325,64
Spain	biomass	46601,41	43786,95	40100,24	40204,91	40553,81	40344,47	40728,26	41449,32	43170,56	44135,85
Spain	geothermal	46,52	46,52	46,52	46,52	46,52	46,52	46,52	46,52	46,52	58,15
Spain	hydro	25.414	27.282	18.920	24.377	28.180	23.112	39.802	34.778	34.005	22.863
Spain	wind	14	15	103	116	175	270	364	742	1.352	2.744
Spain	solar PV	6	7	8	9	10	15	12	13	15	17
Sweden	total	134093,9	127860,2	141455,7	146061,2	133244,9	149282,7	137920,2	157284,1	162878,2	155365,2
Sweden	solar thermal	34,89	46,52	46,52	46,52	46,52	58,15	46,52	46,52	58,15	58,15
Sweden	biomass	61545,96	64569,76	67046,95	71303,53	74013,32	81026,21	85980,59	87969,32	87504,12	83259,17
Sweden	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sweden	hydro	63.236	74.332	74.651	59.100	68.102	51.740	69.056	75.000	71.691	78.584
Sweden	wind	6	13	31	48	72	99	144	203	317	358
Sweden	solar PV	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
UK	total	11967,27	11804,45	15840,06	15677,24	20550,21	21352,68	20666,51	22608,72	24202,03	24806,79
UK	solar thermal	116,3	116,3	116,3	116,3	116,3	116,3	116,3	116,3	104,67	116,3
UK	biomass	6617,47	7047,78	10234,4	11036,87	14979,44	15991,25	16654,16	17654,34	18084,65	18491,7
UK	geothermal	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63
UK	hydro	5.431	4.302	5.094	4.838	3.393	4.169	5.118	5.336	5.086	4.056
UK	wind	9	11	40	218	342	391	488	667	877	850
UK	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
eu	total	818519,4	844768,3	871808,1	923526,7	936063,8	960998,5	1001797	1043839	1074065	1077880
eu	solar thermal	1593,31	1791,02	2000,36	2174,81	2651,64	3244,77	3500,63	3768,12	4128,65	4477,55
eu	biomass	492228,1	508312,4	517302,4	559251,8	562159,3	585477,5	623937,9	654187,5	665282,5	666131,5
eu	geothermal	37134,59	36750,8	39890,9	41902,89	39762,97	41437,69	44694,09	46078,06	49299,57	51741,87
eu	hydro	286205	296211	310444	317259	327399	326163	324194	331810	343421	340661
eu	wind	778	1096	1557	2355	3493	4068	4876	7360	11274	14203
eu	solar PV	13	15	24	27	33	41	45	55	78	80

COUNTRY	ENERGY	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Austria	total	76851	77990,8	75478,7	71291,9	76932,5	82968,4	82375,3	90783,8	96377,8	97773,4	100018
Austria	solar thermal	721,06	779,21	802,47	918,77	988,55	1058,33	1151,37	1232,78	1337,45	1430,49	1907,32
Austria	biomass	33936,34	36320,49	33959,6	36436,79	37902,17	43542,72	43193,82	50020,63	54253,95	53032,8	57149,82
Austria	geothermal	290,75	325,64	337,27	337,27	325,64	348,9	407,05	372,16	383,79	395,42	407,05
Austria	hydro	41.836	40.455	40.227	33.215	36.762	36.677	35.838	37.103	38.353	40.906	38.406
Austria	wind	67	105	140	372	934	1.331	1.752	2.037	2.011	1.968	2.064
Austria	solar PV	3	5	9	15	18	21	22	24	30	49	89
Belgium	total	6210,42	7012,89	6698,88	8234,04	8838,8	10176,25	10839,16	12909,3	16828,61	19317,43	23132,07
Belgium	solar thermal	11,63	11,63	23,26	23,26	34,89	34,89	34,89	58,15	69,78	127,93	139,56
Belgium	biomass	5675,44	6477,91	6233,68	7838,62	8315,45	9594,75	10036,69	11932,38	15630,72	17654,34	20782,81
Belgium	geothermal	34,89	46,52	34,89	34,89	34,89	34,89	46,52	34,89	34,89	46,52	46,52
Belgium	hydro	460	441	360	247	317	288	359	389	410	328	312
Belgium	wind	16	37	57	88	142	227	366	491	637	996	1.292
Belgium	solar PV	0	0	0	0	1	1	2	6	41	166	560
Bulgaria	total	9071,4	8094,48	9676,16	11071,76	11734,67	13072,12	13641,99	11571,85	11595,11	13130,27	17154,25
Bulgaria	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116,3
Bulgaria	biomass	6396,5	6361,61	7478,09	8036,33	8571,31	8350,34	9001,62	8268,93	8268,93	9048,14	10908,94
Bulgaria	geothermal	0	0	0	0	0	383,79	383,79	383,79	383,79	383,79	383,79
Bulgaria	hydro	2.673	1.737	2.194	3.029	3.168	4.337	4.238	2.874	2.824	3.470	5.057
Bulgaria	wind	0	0	0	0	1	5	20	47	122	237	681
Bulgaria	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15
Cyprus	total	511,72	511,72	523,35	558,24	558,24	558,24	581,5	767,58	860,62	860,62	895,51
Cyprus	solar thermal	407,05	395,42	407,05	418,68	465,2	476,83	500,09	628,02	651,28	674,54	709,43
Cyprus	biomass	104,67	116,3	116,3	139,56	104,67	69,78	69,78	139,56	197,71	174,45	139,56
Cyprus	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,63
Cyprus	hydro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprus	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Cyprus	solar PV	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
Czech Rep	total	15572,57	17421,74	18573,11	19259,28	21876,03	22945,99	25144,06	27504,95	28098,08	30168,22	33727
Czech Rep	solar thermal	0	0	0	0	23,26	23,26	34,89	46,52	58,15	69,78	104,67
Czech Rep	biomass	13816,44	15363,23	16072,66	17875,31	19817,52	20515,32	22504,05	25248,73	25760,45	27283,98	29889,1
Czech Rep	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Czech Rep	hydro	1.758	2.054	2.492	1.383	2.019	2.380	2.550	2.089	2.024	2.429	2.789
Czech Rep	wind	0	0	2	4	10	21	49	125	245	288	335
Czech Rep	solar PV	0	0	0	0	0	0	1	2	13	89	616
Denmark	total	20538,58	21980,7	23469,34	26481,51	28702,84	29470,42	29714,65	33110,61	32703,56	32529,11	36320,49
Denmark	solar thermal	93,04	93,04	104,67	104,67	104,67	116,3	116,3	127,93	139,56	162,82	186,08
Denmark	biomass	16142,44	17503,15	18410,29	20747,92	21934,18	22620,35	23306,52	25620,89	25469,7	25492,96	28191,12
Denmark	geothermal	34,89	34,89	46,52	46,52	46,52	93,04	162,82	162,82	139,56	139,56	116,3
Denmark	hydro	30	28	32	21	27	23	23	28	26	19	21
Denmark	wind	4.241	4.306	4.877	5.561	6.583	6.614	6.108	7.171	6.928	6.721	7.809
Denmark	solar PV	1	1	1	2	2	2	2	2	3	4	6
Estonia	total	5954,56	6419,76	6605,84	7757,21	7920,03	8047,96	7501,35	8664,35	8780,65	10059,95	11490,44
Estonia	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estonia	biomass	5954,56	6408,13	6594,21	7733,95	7885,14	7978,18	7408,31	8548,05	8629,46	9827,35	11176,43
Estonia	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estonia	hydro	5	7	6	13	22	22	14	21	28	32	27
Estonia	wind	0	0	1	6	8	54	76	91	133	195	277
Estonia	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finland	total	90109,24	87283,15	90958,23	91656,03	101483,4	94912,43	101925,3	101355,5	106402,9	91958,41	105018,9

Finland	solar thermal	0	0	0	0	0	0	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63
Finland	biomass	75374,03	74001,69	80107,44	81956,61	86282,97	80944,8	90272,06	86980,77	89016,02	78990,96	91795,59
Finland	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finland	hydro	14.660	13.205	10.776	9.591	15.070	13.784	11.494	14.177	17.112	12.686	12.922
Finland	wind	78	70	64	93	120	170	156	188	261	277	294
Finland	solar PV	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	5
France	total	184614,6	194023,3	175740,9	181858,3	184928,6	181788,5	182556,1	190441,3	215724,9	220795,6	241822,6
France	solar thermal	197,71	186,08	186,08	197,71	209,34	244,23	314,01	407,05	511,72	593,13	686,17
France	biomass	115171,9	117021,1	112659,8	120056,5	122208	126778,6	122033,6	126383,2	144177,1	153388,1	167006,8
France	geothermal	1465,38	1488,64	1488,64	1500,27	1511,9	1511,9	1325,82	953,66	1023,44	1035,07	1058,33
France	hydro	67.137	74.634	60.598	59.159	59.875	51.747	56.161	58.104	63.774	57.203	62.013
France	wind	77	131	266	388	594	962	2.182	4.060	5.689	7.911	9.969
France	solar PV	5	6	7	8	8	11	12	18	42	171	564
Germany	total	105763,2	113357,6	126743,7	150829,5	183521,4	203548,3	252115,1	325221,3	325267,8	323046,5	380836
Germany	solar thermal	1279,3	1628,2	1953,84	2186,44	2488,82	2826,09	3268,03	3663,45	4128,65	4733,41	5198,61
Germany	biomass	71908,29	76978,97	84131,42	108542,8	132221,5	150899,3	193872,1	255394,8	252336,1	249021,6	299577,2
Germany	geothermal	1430,49	1442,12	1488,64	1639,83	1674,72	1721,24	2105,03	2465,56	2860,98	5407,95	6152,27
Germany	hydro	21.732	22.733	23.124	19.264	21.077	19.581	19.931	20.903	20.942	18.660	20.427
Germany	wind	9.352	10.456	15.856	18.859	25.509	27.229	30.710	39.713	40.574	38.639	37.793
Germany	solar PV	60	116	188	333	557	1.282	2.220	3.075	4.420	6.578	11.683
Greece	total	16316,89	15328,34	16200,59	17886,94	18235,84	19084,83	20666,51	19538,4	19282,54	21096,82	23085,55
Greece	solar thermal	1151,37	1163	1151,37	1151,37	1256,04	1174,63	1267,67	1860,8	2011,99	2116,66	2128,29
Greece	biomass	11001,98	11281,1	11583,48	10943,83	11083,39	11513,7	11699,78	13107,01	11513,7	10746,12	10315,81
Greece	geothermal	23,26	23,26	11,63	11,63	116,3	116,3	127,93	162,82	197,71	255,86	314,01
Greece	hydro	3.693	2.097	2.800	4.766	4.672	5.017	5.865	2.591	3.312	5.374	7.460
Greece	wind	451	756	651	1.021	1.121	1.266	1.699	1.818	2.242	2.543	2.714
Greece	solar PV	0	0	0	0	1	1	1	1	5	50	158
Hungary	total	9652,9	10094,84	10199,51	10536,78	11048,5	13828,07	14444,46	15549,31	18724,3	21527,13	22352,86
Hungary	solar thermal	0	11,63	23,26	23,26	23,26	23,26	23,26	34,89	46,52	58,15	58,15
Hungary	biomass	8478,27	8896,95	8989,99	9338,89	9815,72	12583,66	13188,42	14200,23	17142,62	19794,26	20422,28
Hungary	geothermal	1000,18	1000,18	1000,18	1000,18	1000,18	1011,81	1000,18	1000,18	1116,48	1116,48	1151,37
Hungary	hydro	178	186	194	171	205	202	186	210	213	228	188
Hungary	wind	0	1	1	4	6	10	43	110	205	331	534
Hungary	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Ireland	total	2733,05	2721,42	3035,43	2733,05	3279,66	4233,32	4872,97	5396,32	6361,61	7350,16	7210,6
Ireland	solar thermal	0	0	0	0	0	0	11,63	11,63	34,89	46,52	69,78
Ireland	biomass	1639,83	1791,02	1732,87	1674,72	1988,73	2477,19	2512,08	2756,31	2942,39	3442,48	3733,23
Ireland	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ireland	hydro	846	596	912	598	630	631	724	667	969	902	599
Ireland	wind	244	334	388	454	655	1.112	1.622	1.958	2.410	2.955	2.815
Ireland	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Italy	total	111624,7	114206,6	109147,6	117218,8	133082,1	127569,5	134407,9	130267,6	149840,9	171496	189894,6
Italy	solar thermal	127,93	139,56	162,82	186,08	209,34	314,01	407,05	604,76	779,21	988,55	1558,42
Italy	biomass	17177,51	18456,81	18898,75	22945,99	31808,05	33087,35	36250,71	34599,25	44705,72	58254,67	70815,07
Italy	geothermal	49532,17	47589,96	49148,38	55940,3	56847,44	55719,33	57754,58	58173,26	57684,8	55893,78	55382,06
Italy	hydro	44.205	46.811	39.520	36.670	42.338	36.067	36.994	32.816	41.623	49.138	51.116
Italy	wind	563	1.179	1.404	1.458	1.847	2.344	2.971	4.034	4.861	6.543	9.126
Italy	solar PV	18	19	21	24	29	31	35	39	193	676	1.906
Latvia	total	16200,59	17514,78	18317,25	20096,64	21364,31	21562,02	21399,2	20864,22	20724,66	24295,07	24434,63
Latvia	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Latvia	biomass	13374,5	14688,69	15840,06	17782,27	18200,95	18189,32	18654,52	18084,65	17549,67	20794,44	20864,22



Latvia	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Latvia	hydro	2.819	2.833	2.464	2.266	3.109	3.326	2.698	2.733	3.109	3.457	3.520
Latvia	wind	4	3	11	48	49	47	46	53	59	50	49
Latvia	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lithuania	total	7931,66	8210,78	8989,99	9234,22	9885,5	10490,26	11118,28	11211,32	12258,02	13607,1	13781,55
Lithuania	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lithuania	biomass	7594,39	7885,14	8524,79	8873,69	9420,3	10001,8	10687,97	10664,71	11711,41	12967,45	12955,82
Lithuania	geothermal	0	0	104,67	34,89	34,89	34,89	23,26	23,26	11,63	58,15	58,15
Lithuania	hydro	340	326	354	325	421	451	397	421	402	424	540
Lithuania	wind	0	0	0	0	1	2	14	106	131	158	224
Lithuania	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luxembourg	total	453,57	465,2	441,94	476,83	569,87	837,36	872,25	965,29	1023,44	930,4	1069,96
Luxembourg	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	11,63	11,63	11,63
Luxembourg	biomass	302,38	325,64	314,01	372,16	418,68	662,91	686,17	755,95	802,47	732,69	872,25
Luxembourg	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luxembourg	hydro	124	118	99	79	104	94	111	117	132	106	108
Luxembourg	wind	27	24	24	26	39	52	58	64	61	63	55
Luxembourg	solar PV	0	0	0	1	9	18	21	21	20	20	21
Malta	total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	biomass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	hydro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Netherlands	total	15665,61	16968,17	18817,34	18898,75	20678,14	21620,17	23620,53	24783,53	28365,57	32319,77	33680,48
Netherlands	solar thermal	127,93	139,56	162,82	186,08	197,71	209,34	220,97	232,6	232,6	255,86	279,12
Netherlands	biomass	14560,76	15874,95	17584,56	17305,44	18480,07	19224,39	20526,95	20980,52	23701,94	27295,61	29156,41
Netherlands	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	23,26	34,89	93,04
Netherlands	hydro	142	117	110	72	95	88	106	107	102	98	105
Netherlands	wind	829	825	946	1.318	1.867	2.067	2.733	3.438	4.260	4.581	3.993
Netherlands	solar PV	8	13	17	31	33	34	35	36	38	46	60
Poland	total	44287,04	47345,73	48159,83	48264,5	50253,23	52904,87	55428,58	56405,5	62825,26	70140,53	79653,87
Poland	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	11,63	23,26	23,26
Poland	biomass	42147,12	44973,21	45740,79	46380,44	47938,86	50439,31	52974,65	53404,96	59673,53	66488,71	74885,57
Poland	geothermal	34,89	34,89	69,78	81,41	93,04	127,93	151,19	116,3	151,19	162,82	151,19
Poland	hydro	2.106	2.325	2.279	1.671	2.082	2.201	2.042	2.352	2.152	2.375	2.920
Poland	wind	5	14	61	124	142	135	256	522	837	1.077	1.664
Poland	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Portugal	total	43717,17	46636,3	41309,76	49322,83	44182,37	40414,25	49078,6	52521,08	50625,39	55835,63	63243,94
Portugal	solar thermal	209,34	220,97	232,6	232,6	244,23	255,86	279,12	302,38	348,9	441,94	674,54
Portugal	biomass	31203,29	31052,1	31947,61	31959,24	32354,66	32878,01	33854,93	35820,4	35529,65	37309,04	34820,22
Portugal	geothermal	814,1	1058,33	976,92	907,14	907,14	767,58	1023,44	2244,59	2151,55	2070,14	2209,7
Portugal	hydro	11.323	14.034	7.800	15.723	9.869	4.731	11.002	10.092	6.798	8.284	16.147
Portugal	wind	168	256	362	496	816	1.773	2.925	4.037	5.757	7.577	9.182
Portugal	solar PV	1	1	2	3	3	3	5	24	38	160	211
Romania	total	46985,2	39762,97	43589,24	46543,26	53428,22	57963,92	56184,53	54870,34	62057,68	61348,25	66023,51
Romania	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Romania	biomass	32133,69	24771,9	27342,13	33075,72	36750,8	37553,27	37623,05	38669,75	44566,16	45531,45	45926,87
Romania	geothermal	81,41	58,15	197,71	209,34	151,19	209,34	209,34	232,6	290,75	279,12	267,49
Romania	hydro	14.778	14.923	16.046	13.259	16.513	20.207	18.356	15.966	17.195	15.534	19.523

Romania	wind	0	0	0	0	0	0	0	3	5	9	306
Romania	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovakia	total	5768,48	8978,36	8652,72	7571,13	8664,35	10013,43	10036,69	11199,69	12013,79	14223,49	16258,74
Slovakia	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovakia	biomass	1163	3954,2	3279,66	4000,72	4465,92	5280,02	5524,25	6617,47	7861,88	9745,94	10897,31
Slovakia	geothermal	0	104,67	104,67	93,04	93,04	93,04	104,67	116,3	104,67	104,67	93,04
Slovakia	hydro	4.615	4.927	5.268	3.480	4.100	4.638	4.399	4.451	4.039	4.368	5.255
Slovakia	wind	0	0	0	2	6	6	6	8	7	6	6
Slovakia	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovenia	total	9164,44	9024,88	8315,45	8303,82	9559,86	9001,62	8931,84	8443,38	9711,05	11420,66	12106,83
Slovenia	solar thermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46,52	58,15
Slovenia	biomass	5326,54	5233,5	5012,53	5349,8	5466,1	5535,88	5338,17	5175,35	5698,7	6582,58	7198,97
Slovenia	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69,78	325,64
Slovenia	hydro	3.834	3.796	3.313	2.957	4.094	3.461	3.591	3.266	4.018	4.713	4.512
Slovenia	wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovenia	solar PV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	13
Spain	total	80572,64	95005,47	81875,2	107519,4	103111,6	97145,39	106507,5	116253,5	120184,4	141397,5	170460,9
Spain	solar thermal	360,53	418,68	465,2	523,35	616,39	709,43	848,99	1093,22	1535,16	2302,74	5442,84
Spain	biomass	45833,83	46717,71	49055,34	53765,49	54998,27	57254,49	56254,31	59754,94	59475,82	68523,96	71966,44
Spain	geothermal	58,15	58,15	58,15	58,15	58,15	81,41	93,04	104,67	127,93	162,82	186,08
Spain	hydro	29.570	41.027	22.920	41.054	31.676	17.872	25.890	27.233	23.532	26.331	42.278
Spain	wind	4.727	6.759	9.342	12.075	15.700	21.176	23.297	27.568	32.946	38.117	44.165
Spain	solar PV	18	24	30	41	56	41	119	501	2.562	5.961	6.413
Sweden	total	171437,8	165494,9	152620,5	144084,1	152899,6	172426,4	167332,4	177869,2	181660,6	183975	202455
Sweden	solar thermal	58,15	46,52	46,52	58,15	58,15	69,78	69,78	104,67	104,67	116,3	116,3
Sweden	biomass	92330,57	85899,18	85608,43	89806,86	91865,37	98610,77	104553,7	110171	110485	115520,8	132430,8
Sweden	geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sweden	hydro	79.060	66.360	53.540	60.123	72.803	61.723	66.159	69.069	65.852	66.398	66398
Sweden	wind	457	482	608	679	850	936	987	1.430	1.996	2.485	3.502
Sweden	solar PV	1	2	2	2	2	2	2	3	4	7	9
UK	total	26330,32	26935,08	29842,58	30726,46	34017,75	41239,98	45077,88	50602,13	53602,67	59661,9	61953,01
UK	solar thermal	127,93	151,19	186,08	232,6	290,75	337,27	418,68	523,35	651,28	802,47	1011,81
UK	biomass	20154,79	21748,1	23597,27	25969,79	26935,08	33064,09	35820,4	39693,19	40670,11	44252,15	47113,13
UK	geothermal	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63
UK	hydro	4.787	3.227	4.843	4.922	4.593	5.090	5.168	5.262	3.604	5262	3604
UK	wind	947	965	1.256	1.285	1.935	2.904	4.225	5.274	7.097	9.304	10.183
UK	solar PV	1	2	3	3	4	8	11	14	17	20	33
eu	total	1124040	1158778	1133983	1208427	1300734	1347812	1436386	1559083	1651890	1730265	1938105
eu	solar thermal	4884,6	5407,95	5919,67	6443,02	7210,6	7920,03	9001,62	10932,2	12688,33	15037,59	20503,69
eu	biomass	688868,2	700102,7	720804,1	788909,4	847233,9	899638,7	967871,9	1062994	1117783	1171897	1310992
eu	geothermal	54800,56	53300,29	55091,31	61918,12	62895,04	62267,02	64918,66	66558,49	66674,79	67616,82	68396,03
eu	hydro	352534	372526	315035	305780	323211	305550	309285	309959	327326	328179	366247
eu	wind	22253	26703	36317	44361	58935	70443	82301	104346	119474	133031	149063
eu	solar PV	118	191	282	464	726	1459	2493	3772	7434	14014	22367

Παρουσιάζονται πολύ αποσπασματικά κάποια κομμάτια από τον κώδικα του πειράματος πρόβλεψη ετήσιας παραγωγής ΑΠΕ ανά χώρα και ενέργεια που αφορούν κυρίως στον τρόπο υλοποίησης των μεθόδων. Στο πείραμα μακροπρόθεσμης πρόβλεψης διεξόδου ΑΠΕ υλοποιήθηκαν κάποιες παραλλαγές τους.

Στο πρώτο απόσπασμα του κώδικα φαίνεται ότι για κάθε χρονοσειρά η μεταβλητή `nodes` μετράει τις αρχικές μηδενικές τιμές, ώστε η εφαρμογή των μεθόδων να ξεκινά όπως πρέπει από το έτος όπου έχουμε για πρώτη φορά παραγωγή Ενέργειας από τη συγκεκριμένη ΑΠΕ που εκφράζει η κάθε χρονοσειρά.