



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Μοντέλο Ενοποίησης των Προ-Ημερήσιων Αγορών  
Ηλεκτρικής Ενέργειας και εφαρμογή στις χώρες της  
Ελλάδας, της Fyrom, της Βουλγαρίας και της Ιταλίας**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ιωάννης Β. Μπούμης**

**Επιβλέπων : Παντελής Κάπρος**  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιανουάριος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Μοντέλο Ενοποίησης των Προ-Ημερήσιων Αγορών  
Ηλεκτρικής Ενέργειας και εφαρμογή στις χώρες της  
Ελλάδας, της Fygom, της Βουλγαρίας και της Ιταλίας**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ιωάννης Β. Μπούμης**

**Επιβλέπων : Παντελής Κάπρος**  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 13<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2016.

.....  
Παντελής Κάπρος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Στάυρος Παπαθανασίου  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Γεώργιος Κορρές  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιανουάριος 2016

.....  
Ιωάννης Β. Μπούμης  
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ιωάννης Β. Μπούμης , 2016  
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

Η ενοποίηση των προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας των χωρών της Ευρώπης σε μία ενιαία αγορά, απαιτεί την ενσωμάτωση, πολλών αγορών που παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί η μελέτη αποτελεσμάτων και η εξαγωγή συμπερασμάτων, μέσω της ανάπτυξης ενός μοντέλου ενοποίησης των προ-ημερήσιων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και της εφαρμογής του σε χώρες της Ευρώπης. Επιλέχθηκαν για το σκοπό αυτό, τέσσερις χώρες, η Ελλάδα, η Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (Fyrom), η Βουλγαρία και η Ιταλία, των οποίων οι προ-ημερήσιες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας ενοποιήθηκαν, μέσω του μηχανισμού Σύζευξης των Αγορών (Market Coupling). Για την υλοποίηση του Δικτύου Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, χρησιμοποιήθηκε ένα υβριδικό μοντέλο, που συνδυάζει τη Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα των Γραμμών και τους Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε, χρησιμοποιώντας το περιβάλλον GAMS, αποτελεί ένα μοντέλο Μεικτού Ακεραίου Προγραμματισμού. Περιλαμβάνει περιορισμούς αποδοχής των προσφορών ενέργειας που κατατίθενται από τις Μονάδες Παραγωγής και των Δηλώσεων Φορτίου από τους Προμηθευτές Φορτίου, περιορισμούς του Δικτύου Μεταφοράς, αλλά και τεχνικούς περιορισμούς των Μονάδων Παραγωγής. Οι Μονάδες Παραγωγής, αλλά και οι Εταιρείες Παραγωγής που χρησιμοποιήθηκαν, ταυτίζονται με τις πραγματικές Μονάδες και Εταιρείες των χωρών που ενσωματώθηκαν στο μοντέλο και οι οποίες δραστηριοποιούνται το 2015. Οι προσφορές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν, είναι οι βηματικές ωριαίες προσφορές, μπλοκ προσφορές όλων των ειδών, δηλαδή κανονικές μπλοκ προσφορές, μπλοκ προσφορές με προφίλ, μπλοκ προσφορές σε αποκλειστική ομάδα, συνδεδεμένες μπλοκ προσφορές, ευέλικτες ωριαίες προσφορές και προσφορές κλίσης φορτίου. Τα είδη αυτά των προσφορών, δίνουν την ευκαιρία στους παραγωγούς ενέργειας, να προσομοιώσουν και να ενσωματώσουν στις προσφορές τους, τους πολύπλοκους τεχνικούς περιορισμούς των Μονάδων Παραγωγής τους. Το παρόν μοντέλο, έχει χρονικό ορίζοντα επίλυσης μία ημέρα, δηλαδή 24 ώρες και συνεπώς, ωριαία ανάλυση. Για τις ανάγκες επίλυσης και αξιολόγησης της συμπεριφοράς του, επιλέχθηκαν 5 ημέρες του έτους-σενάρια με διαφορετικές και αυξανόμενες βαθμίδες φορτίου, ως ανελαστική ζήτηση. Στο μοντέλο δίνεται επιλογή για την υποβολή προσφορών από τις Μονάδες Παραγωγής ή τις Εταιρείες Παραγωγής, δηλαδή προσφορών χαρτοφυλακίου, ανάλογα με την τιμή μίας παραμέτρου. Ακόμα, περιλαμβάνονται επιλογές για την ύπαρξη ή μη ελαστικής ζήτησης, την δυνατότητα υποβολής προσφορών από τις Μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και συνεπώς της ανταγωνιστικής συμμετοχής τους στη διαδικασία εκκαθάρισης της αγοράς, την δυνατότητα ύπαρξης περικοπών και την δυνατότητα υποχρεωτικής έγχυσης ποσοτήτων από Υδροηλεκτρικές Μονάδες Παραγωγής στο σύστημα, ταυτόχρονα με τις προσφορές ενέργειας, που υποβάλλονται από τις Υδροηλεκτρικές Μονάδες. Επίσης, για την εύρεση της τιμής εκκαθάρισης της κάθε χώρας και για κάθε ώρα της ημέρας κατανομής, επιλύεται το Απαλλαγμένο Πρόβλημα Γραμμικού Προγραμματισμού, το οποίο προκύπτει από το Αρχικό Ακέραιο Πρόβλημα, αντικαθιστώντας τις ακέραιες μεταβλητές με συνεχείς μεταβλητές.

Λέξεις Κλειδιά: Ενοποίηση Προ-Ημερήσιων Αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας, Μοντέλο Βασιζόμενο στη Ροή Ενέργειας, Μεικτός Ακέραιος Προγραμματισμός, Δίκτυο Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τιμή Εκκαθάρισης Αγοράς, Μονάδες Παραγωγής, Προσφορές Χαρτοφυλακίου, Προσφορά Ενέργειας, Καθαρή Θέση, Συνολικό Κοινωνικό Πλεόνασμα, Κόστος Παραγωγής, Συμφόρηση, Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος, Έμμεσες Δημοπρασίες

## Abstract

The integration of the day-ahead energy markets of European countries in a single market, requires the integration of many markets with different characteristics. The subject of this thesis, is the study of results and the outcome of conclusions, by developing a model of integration of day-ahead energy markets and its application in European countries. For that purpose, four countries were selected, Greece, Former Yugoslav Republic of Macedonia (FYROM), Bulgaria and Italy, whose day-ahead electricity markets were consolidated, through the Coupling Mechanism of Markets (Market Coupling). For the implementation of the Energy Transmission System, a hybrid model was used, combining the Available Transmission Capacity of the transmission lines (ATC model) and the Power Transfer Distribution Factors (Flow-Based Model). The model developed in this thesis, is formulated as Mixed Integer Programming (MIP) Mathematical Model and is solved in GAMS environment. It contains constraints for the acceptance of market orders submitted by Production Units and the Load Declarations of the Load Suppliers, constraints for the Energy Transmission System and constraints referring to the technical restrictions of the Production Units. The Production Units, but also the Production Companies used, are identical to the actual Production Units and Production Companies, that are operating in 2015 in the countries that were incorporated to the model. The market orders that are used in this thesis, consist of Hourly Step Orders, Block Orders of all types, namely, Regular Block Orders, Profile Block Orders, Exclusive Group Block Orders, Linked Block Orders, Flexible Hourly Orders and Load Gradient Orders. These types of market orders, provide an opportunity for energy producers to simulate and integrate in their submitted market orders, the complex technical restrictions of their Production Units. The model has a daily solving time horizon, namely 24 hours and therefore, an hourly time resolution. For the purpose of solving and evaluation of its behavior, five scenarios were created, thus five days of the year were selected, with different and increasing load levels, as inelastic demand. In the model, there is an option (switch) given, regarding the submission of market orders by the Production Units or the Production Companies, namely portfolio bidding, depending on the value of a parameter in the model. Furthermore, the model includes other options (switches), referring to the existence or not of elastic demand, the ability of Renewable Energy Sources Production Units to submit market orders such as the Conventional Production Units and so their competitive participation in the clearing process of the market, the possibility of load cuts and the possibility of Mandatory Injection Quantities of the Hydroelectric Power Plants in the system, alongside with the market orders (bidding) that the Hydroelectric Power Plants are able to submit. In addition, the market clearing prices (MCPs) of each country and each hour of the dispatch day are attained by solving the corresponding Relaxed Problem which is derived by replacing the integer variables of the initial Integer Problem, with continuous variables.

Keywords: Day-Ahead Market Coupling, Flow-Based Model, Mixed Integer Programming, Energy Transmission System, Market Clearing Price, MCP, Production Units, Portfolio Bidding, Market Order, Net Position, Total Social Surplus, Production Cost, Congestion, Power Transfer Distribution Factors, PTDF, Implicit Auctions

## Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος, τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Παντελή Κάπρο, καθώς μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον ερευνητικό θέμα και το έναυσμα να πραγματευτώ και να διευρύνω των ορίζοντα των γνώσεών μου στον τομέα της μαθηματικής μοντελοποίησης. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και ιδιαίτερα, την υποψήφια διδάκτορα κα. Μαρία Κανναβού, για την πολύτιμη και αδιάλειπτη βοήθεια που μου παρείχε κατά τη διαδικασία εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Υποδειγμάτων Ενέργειας-Οικονομίας-Περιβάλλοντος του ΕΜΠ για τη βοήθεια και τη στήριξη που μου παρείχαν.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου και ιδιαίτερα, τους γονείς μου, την αδερφή μου, την γιαγιά μου, αλλά και τον παππού μου, που δεν βρίσκεται πλέον κοντά μας, για την στήριξη και την ουσιαστική βοήθεια που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη Χριστίνα, για την υπομονή και την επιμονή της, αλλά και την υποστήριξή της μέχρι το τέλος των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	16
1 Διασυνδεδετικό σύστημα στα Ευρωπαϊκά σύνορα - Μηχανισμοί διαχείρισης των ροών στις διασυνδέσεις.....	18
1.1 Άμεσες Δημοπρασίες.....	18
1.2 Έμμεσες Δημοπρασίες.....	18
1.2.1 Περίπτωση επαρκούς μεταφορικής ικανότητας της διασυνδεδετικής γραμμής .....	19
1.2.2 Περίπτωση μη επαρκούς μεταφορικής ικανότητας της διασυνδεδετικής γραμμής ..	20
1.2.3 Μηχανισμοί Ενοποίησης (Σύζευξης) των Αγορών σε Προ-Ημερήσιο επίπεδο ....	21
1.2.3.1 Σύζευξη Αγορών (Market Coupling).....	21
1.2.3.2 Διάσπαση Αγορών (Market Splitting).....	22
1.2.3.3 Πλεονεκτήματα της Σύζευξης των Αγορών .....	22
1.4 Μηχανισμοί υπολογισμού της μεταφορικής ικανότητας στις διασυνδέσεις .....	23
1.4.1 Μοντέλο βασισμένο στην Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα των διασυνδέσεων (Available Transfer Capacity - ATC).....	23
1.4.2 Μοντέλο βασισμένο στις ροές στους κόμβους του συστήματος (Flow-Based Model) .....	23
2 Προσφορές ενέργειας στα Ευρωπαϊκά Χρηματιστήρια Ενέργειας .....	25
2.1 Υποβολή προσφορών σε Αγορά με λειτουργία Χρηματιστηρίου Ενέργειας.....	25
2.1.1 Απλές ωριαίες προσφορές .....	25
2.1.2 Σύνθετες προσφορές.....	26
2.1.2.1 Σύνθετες προσφορές με Συνθήκη Κλίσης Φορτίου.....	26
2.1.2.2 Σύνθετες προσφορές με Συνθήκη Ελαχίστου Εισοδήματος.....	27
2.1.3 Μπλοκ Προσφορές.....	28
2.1.3.1 Κανονικές μπλοκ προσφορές .....	28
2.1.3.2 Μπλοκ προσφορές με προφίλ.....	29
2.1.3.3 Συνδεδεμένες μπλοκ προσφορές .....	30
2.1.3.4 Μπλοκ προσφορές σε αποκλειστική ομάδα .....	30
2.1.3.5 Ευέλικτες ωριαίες προσφορές .....	30
2.1.3.6 Μπλοκ προσφορές με καθοριζόμενη αρχή και τέλος από τον υποβάλλοντα την προσφορά .....	31
2.1.3.7 Περίπτωση Παραδόξως Αποδεκτών Μπλοκ Προσφορών .....	31
2.2 Χώρες χρησιμοποίησης των διαφόρων ειδών προσφορών ενέργειας .....	31
3 Πορεία προς την ενοποίηση των Ευρωπαϊκών Αγορών Ενέργειας.....	32
3.1 Ιστορική Αναδρομή.....	32
3.2 Νομοθετικό Πλαίσιο - Κανονισμοί και Οδηγίες για την απελευθέρωση και ενοποίηση των Ευρωπαϊκών Αγορών Ενέργειας .....	33
3.2.1 Πρώτο ενεργειακό πακέτο.....	33
3.2.2 Δεύτερο ενεργειακό πακέτο .....	34
3.2.3 Πρόταση Αποκεντρωμένης Σύζευξης Αγορών των Ευρωπαϊκών Χρηματιστηρίων .....	34
3.2.4 11 <sup>η</sup> Συνεδρίαση του Φόρουμ της Φλωρεντίας.....	34
3.2.5 ERGEG – Άμεσες και Έμμεσες Δημοπρασίες.....	34
3.2.6 Απόφαση για Περιφερειακές Πρωτοβουλίες.....	35
3.2.7 Τρίτο ενεργειακό πακέτο.....	36
3.2.8 Μοντέλο Στόχος (Target Model).....	36
4 Οργάνωση του Συστήματος Ενέργειας στην Ελλάδα .....	37

4.1 Παρούσες συνθήκες στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	37
4.2 Ανάπτυξη της Αγοράς της Επόμενης Ημέρας στην Ελλάδα.....	38
4.3 Αναδιοργάνωση και μετασχηματισμός της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα .....	38
5 Μαθηματικό Μοντέλο.....	40
5.1 Αντικειμενική Συνάρτηση - Παραδοχές.....	40
5.2 Χρονικός ορίζοντας του Μοντέλου της Προ-Ημερήσιας Αγοράς Ενέργειας .....	42
5.3 Μαθηματική Μοντελοποίηση – Επεξήγηση Περιορισμών Μοντέλου.....	42
5.3.1 Σετ .....	42
5.3.2 Παράμετροι Μοντέλου .....	43
5.3.3 Μεταβλητές Απόφασης .....	46
5.3.4 Περιορισμοί – Εξισώσεις Μοντέλου Προ-Ημερήσιας Αγοράς (Day-Ahead Market).....	48
5.3.5 Επεξήγηση Περιορισμών του Μοντέλου Προ-Ημερήσιας Αγοράς .....	51
6 Μεικτός Ακέραιος Προγραμματισμός.....	55
6.1 Απαλλαγμένο (Γραμμικό) Πρόβλημα .....	55
6.2 GAMS (General Algebraic Modeling System) .....	56
7 Αριθμητική εφαρμογή του μοντέλου σύζευξης των προ-ημερήσιων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας(day ahead-market coupling).....	57
7.1 Καμπύλη ζήτησης και σενάρια ζήτησης .....	57
7.1.1 Σενάρια Ανελαστικής Ζήτησης .....	57
7.1.1.1 Πρώτο Σενάριο Ζήτησης – 2 <sup>η</sup> ημέρα του έτους 2015 (02/01/2015).....	58
7.1.1.2 Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης – 3 <sup>η</sup> ημέρα του έτους 2015 (03/01/2015) .....	59
7.1.1.3 Τρίτο Σενάριο Ζήτησης – 30 <sup>η</sup> ημέρα του έτους 2015 (29/10/2015).....	60
7.1.1.4 Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης – 39 <sup>η</sup> ημέρα του έτους 2015 (08/02/2015) .....	61
7.1.1.5 Πέμπτο Σενάριο Ζήτησης – 20 <sup>η</sup> ημέρα του έτους 2015 (20/07/2015) .....	62
7.2 Μονάδες Παραγωγής Ενέργειας – Εταιρείες Παραγωγής Ενέργειας .....	63
7.2.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Σταθμών Παραγωγής .....	65
7.2.2 Υδροηλεκτρική Παραγωγή.....	66
7.2.3 Παραγωγή Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας .....	67
7.2.4 Παραγωγή Ενέργειας από Φωτοβολταϊκά.....	67
7.2.4.1 Παραγωγή Φωτοβολταϊκών – Πρώτο Σενάριο Ζήτησης(2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015) .....	68
7.2.4.2 Παραγωγή Φωτοβολταϊκών – Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης(3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015) .....	68
7.2.4.3 Παραγωγή Φωτοβολταϊκών – Τρίτο Σενάριο Ζήτησης(29 <sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015) .....	69
7.2.4.4 Παραγωγή Φωτοβολταϊκών – Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης(8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015).....	70
7.2.4.5 Παραγωγή Φωτοβολταϊκών – Πέμπτο Σενάριο Ζήτησης(20 <sup>η</sup> Ιουλίου 2015) 70	
7.2.5 Παραγωγή Ενέργειας από Αιολικά.....	71
7.2.5.1 Παραγωγή Αιολικών – Πρώτο Σενάριο Ζήτησης(2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015) .....	71
7.2.5.2 Παραγωγή Αιολικών – Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης(3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015).....	72
7.2.5.3 Παραγωγή Αιολικών – Τρίτο Σενάριο Ζήτησης(29 <sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015) .....	72
7.2.5.4 Παραγωγή Αιολικών – Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης(8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015) ..	73
7.2.5.5 Παραγωγή Αιολικών – Πέμπτο Σενάριο Ζήτησης(20 <sup>η</sup> Ιουλίου 2015) .....	73
7.2.6 Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα.....	74
7.2.7 Παραγωγή Ενέργειας από Μικρά Υδροηλεκτρικά (Run of River) .....	75



7.2.8 Συμπεριφορά συμμετεχόντων στην αγορά – Λόγοι χρησιμοποίησης των διαφόρων ειδών προσφορών .....	76
7.3 Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding) – Εταιρείες Παραγωγής Ενέργειας.	78
7.4 Ελαστική Ζήτηση Ενέργειας – Εταιρείες Προμήθειας Φορτίου .....	79
7.5 Συνοπτική παρουσίαση επιλογών (switches) που προσφέρονται στο μοντέλο σύζευξης προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας .....	80
7.6 Διασυνωριακό Δίκτυο – Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	81
7.6.1 Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος (Power Transfer Distribution Factors-PTDFs) .....	82
7.6.2 Εφαρμογή περιορισμού του συνόλου των NTC συναλλαγών ενέργειας μεταξύ της Ελλάδας και των βόρειων σε αυτή χωρών .....	83
7.7 Όγκος δεδομένων εισόδου και αριθμητικά στοιχεία για την επίλυση του μοντέλου σύζευξης των προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας.....	84
7.8 Παραδοχές για την επίλυση του μοντέλου ενοποίησης των προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας.....	85
8 Αποτελέσματα αριθμητικής εφαρμογής του μοντέλου ενοποίησης των προ-ημερήσιων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας .....	87
8.1 Πρώτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής .....	88
8.2 Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής.....	91
8.3 Τρίτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής .....	94
8.4 Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής.....	97
8.5 Πέμπτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής.....	99
8.6 Συνολική σύγκριση των 5 Φορτίων Ζήτησης για Προσφορές από Μονάδες Παραγωγής .....	101
8.7 Πρώτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding).....	107
8.8 Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding) .....	110
8.9 Τρίτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding).....	111
8.10 Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding).....	113
8.11 Πέμπτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding).....	115
8.12 Συνολική σύγκριση των 5 Φορτίων Ζήτησης για Προσφορές ενέργειας Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding) .....	117
8.13 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων για προσφορά ενέργειας ανά Μονάδα Παραγωγής και προσφορά ενέργειας από Εταιρείες Παραγωγής (Portfolio) .....	120
8.14 Επίλυση σεναρίων ζήτησης χωρίς την επιβολή μέγιστων συνολικών NTC συναλλαγών ενέργειας μεταξύ των χωρών του μοντέλου ενοποίησης .....	122
8.14.1 Πρώτο Σενάριο Ζήτησης με Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και υψηλό NTC.....	123
8.14.2 Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης με Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και υψηλό NTC.....	127
8.14.3 Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης με Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και υψηλό NTC.....	132
8.14.4 Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης με Προσφορές Χαρτοφυλακίου Μονάδων (Portfolio Bidding) και υψηλό NTC .....	137
8.14.5 Ανάλυση ευαισθησίας και σύγκριση αποτελεσμάτων για πραγματικές τιμές NTC και υψηλό NTC για τις συναλλαγές ενέργειας.....	142
8.15 Τελικά Συμπεράσματα για την ενοποίηση των αγορών (Market Coupling).....	145
8.16 Δυνατότητες Επέκτασης.....	147
Βιβλιογραφία.....	148

## Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Καμπύλη Ζήτησης την 2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015.....	58
Διάγραμμα 2: Καμπύλη Ζήτησης την 3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015.....	59
Διάγραμμα 3: Καμπύλη Ζήτησης την 29 <sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015.....	60
Διάγραμμα 4: Καμπύλη Ζήτησης την 8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015.....	61
Διάγραμμα 5: Καμπύλη Ζήτησης την 20 <sup>η</sup> Ιουλίου 2015.....	62
Διάγραμμα 6: Παραγωγή Φωτοβολταϊκών την 2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015.....	68
Διάγραμμα 7: Παραγωγή Φωτοβολταϊκών την 3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015.....	69
Διάγραμμα 8: Παραγωγή Φωτοβολταϊκών την 29 <sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015.....	69
Διάγραμμα 9: Παραγωγή Φωτοβολταϊκών την 8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015.....	70
Διάγραμμα 10: Παραγωγή Φωτοβολταϊκών την 20 <sup>η</sup> Ιουλίου 2015.....	71
Διάγραμμα 11: Παραγωγή Αιολικών την 2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015.....	71
Διάγραμμα 12: Παραγωγή Αιολικών την 3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015.....	72
Διάγραμμα 13: Παραγωγή Αιολικών την 29 <sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015.....	72
Διάγραμμα 14: Παραγωγή Αιολικών την 8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015.....	73
Διάγραμμα 15: Παραγωγή Αιολικών την 20 <sup>η</sup> Ιουλίου 2015.....	74
Διάγραμμα 16: Σταθερή Ημερήσια Παραγωγή από Βιομάζα.....	75
Διάγραμμα 17: Σταθερή Ημερήσια Παραγωγή από Μικρά Υδροηλεκτρικά.....	76
Διάγραμμα 18: Συγκριτική παράθεση της ζήτησης της Ελλάδας για τα 5 σενάρια ζήτησης	102
Διάγραμμα 19: Τιμές εκκαθάρισης της Ελλάδας για τα 5 σενάρια ζήτησης και προσφορές ενέργειας από τις Μονάδες Παραγωγής.....	102
Διάγραμμα 20: Συγκριτική παράθεση της ζήτησης της Ιταλίας για τα 5 σενάρια ζήτησης..	103
Διάγραμμα 21: Τιμές εκκαθάρισης της Ιταλίας για τα 5 σενάρια ζήτησης και προσφορές ενέργειας από τις Μονάδες Παραγωγής.....	103
Διάγραμμα 22: Συγκριτική παράθεση της ζήτησης της Fygom για τα 5 σενάρια ζήτησης...	104
Διάγραμμα 23: Τιμές εκκαθάρισης της Fygom για τα 5 σενάρια ζήτησης και προσφορές ενέργειας από τις Μονάδες Παραγωγής.....	104
Διάγραμμα 24: Συγκριτική παράθεση της ζήτησης της Βουλγαρίας για τα 5 σενάρια ζήτησης .....	105
Διάγραμμα 25: Τιμές εκκαθάρισης της Βουλγαρίας για τα 5 σενάρια ζήτησης και προσφορές ενέργειας από τις Μονάδες Παραγωγής.....	105
Διάγραμμα 26: Τιμές εκκαθάρισης της Ελλάδας για τα 5 σενάρια ζήτησης με προσφορές χαρτοφυλακίου (portfolio bidding).....	118
Διάγραμμα 27: Τιμές εκκαθάρισης της Ιταλίας για τα 5 σενάρια ζήτησης με προσφορές χαρτοφυλακίου (portfolio bidding).....	118
Διάγραμμα 28: Τιμές εκκαθάρισης της Fygom για τα 5 σενάρια ζήτησης με προσφορές χαρτοφυλακίου (portfolio bidding).....	119
Διάγραμμα 29: Τιμές εκκαθάρισης της Βουλγαρίας για τα 5 σενάρια ζήτησης με προσφορές χαρτοφυλακίου (portfolio bidding).....	119
Διάγραμμα 30: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Ελλάδα, το 1 <sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών.....	124
Διάγραμμα 31: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Βουλγαρία, το 1 <sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών.....	124





## Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1: Αιχμή Φορτίου για την 2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 .....	58
Πίνακας 2: Αιχμή Φορτίου για την 3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 .....	59
Πίνακας 3: Αιχμή Φορτίου για την 29 <sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015 .....	60
Πίνακας 4: Αιχμή Φορτίου για την 8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 .....	61
Πίνακας 5: Αιχμή Φορτίου για την 20 <sup>η</sup> Ιουλίου 2015 .....	62
Πίνακας 6: Μονάδες Παραγωγής Ενέργειας στην Ελλάδα .....	64
Πίνακας 7: Τεχνικά Χαρακτηριστικά των Μονάδων Παραγωγής της Ελλάδας .....	65
Πίνακας 8: Υδροηλεκτρικές Μονάδες Παραγωγής.....	66
Πίνακας 9: Φωτοβολταϊκές Μονάδες σε Ελλάδα, Fyrom, Βουλγαρία και Ιταλία .....	68
Πίνακας 10: Μονάδες με Αιολικά σε Ελλάδα, Fyrom, Βουλγαρία και Ιταλία .....	71
Πίνακας 11: Μονάδες Παραγωγής Βιομάζας.....	74
Πίνακας 12: Μονάδες Μικρών Υδροηλεκτρικών .....	75
Πίνακας 13: Εταιρείες Παραγωγής Ενέργειας στην Ελλάδα .....	79
Πίνακας 14: Γραμμές διασύνδεσης Ελλάδας-Fyrom-Βουλγαρίας-Ιταλίας το 2015 .....	81
Πίνακας 15: Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος(Power Transfer Distribution Factors).....	83
Πίνακας 16 : Όριο συνολικών NTC συναλλαγών ενέργειας μεταξύ της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom.....	84
Πίνακας 17: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015.....	89
Πίνακας 18: Ροές στις διασυνδέσεις την 2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 .....	89
Πίνακας 19: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015.....	92
Πίνακας 20: Ροές στις διασυνδέσεις την 3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 .....	93
Πίνακας 21: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 29 <sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015.....	95
Πίνακας 22: Ροές στις διασυνδέσεις την 29 <sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015.....	96
Πίνακας 23: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 .....	97
Πίνακας 24: Ροές στις διασυνδέσεις την 8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 .....	98
Πίνακας 25: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 20 <sup>η</sup> Ιουλίου 2015.....	100
Πίνακας 26: Ροές στις διασυνδέσεις την 20 <sup>η</sup> Ιουλίου 2015 .....	100
Πίνακας 27: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου .....	108
Πίνακας 28: Ροές στις διασυνδέσεις την 2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου .....	108
Πίνακας 29: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου .....	110
Πίνακας 30: Ροές στις διασυνδέσεις την 3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου .....	111
Πίνακας 31: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 29 <sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου .....	112
Πίνακας 32: Ροές στις διασυνδέσεις την 29 <sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου .....	113
Πίνακας 33: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου .....	114
Πίνακας 34: Ροές στις διασυνδέσεις την 8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου .....	115
Πίνακας 35: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 20 <sup>η</sup> Ιουλίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου .....	116

Πίνακας 36: Ροές στις διασυνδέσεις την 20 <sup>η</sup> Ιουλίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου .	117
Πίνακας 37: Συγκριτικός πίνακας με την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και προσφορές χαρτοφυλακίου και στις 5 βαθμίδες ζήτησης.....	121
Πίνακας 38: Ροές στις διασυνδέσεις την 2 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών.....	124
Πίνακας 39: Ροές στις διασυνδέσεις την 3 <sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών.....	128
Πίνακας 40: Ροές στις διασυνδέσεις την 8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 με προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών.....	133
Πίνακας 41: Ροές στις διασυνδέσεις την 8 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 με προσφορές Χαρτοφυλακίου και απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών.....	138
Πίνακας 42: Συγκριτικός πίνακας με την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και θεώρηση με πραγματικό και υψηλό NTC.....	143
Πίνακας 43: Συγκριτικός πίνακας με την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για προσφορές χαρτοφυλακίου και θεώρηση με πραγματικό και υψηλό NTC .....	143

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Περίπτωση επαρκούς μεταφορικής ικανότητας της γραμμής μεταφοράς .....	20
Εικόνα 2: Περίπτωση μη επαρκούς μεταφορικής ικανότητας της γραμμής μεταφοράς .....	20
Εικόνα 3: Βηματική συγκεντρωτική καμπύλη ωριαίων προσφορών .....	25
Εικόνα 4: Γραμμική τμηματικά συγκεντρωτική καμπύλη ωριαίων προσφορών .....	26
Εικόνα 5: Σύνθετη προσφορά κλίσης φορτίου(load gradient order).....	27
Εικόνα 6: Μπλοκ προσφορά με προφίλ(profile block order).....	29
Εικόνα 7: Μπλοκ προσφορές σε αποκλειστική ομάδα (exclusive group block orders), που υλοποιούν διαφορετικές ώρες εκκίνησης και διαφορετική διάρκεια λειτουργίας μιας Μονάδας Παραγωγής.....	30
Εικόνα 8: Ευρωπαϊκές Περιφέρειες, σύμφωνα με το πρόγραμμα των Περιφερειακών Πρωτοβουλιών (Regional Initiatives- Πηγή: www.cre.fr).....	35
Εικόνα 9: Ποσοστό της ισχύος ανά παραγωγό, προς το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα.....	37
Εικόνα 10: Κοινωνικό Πλεόνασμα ως άθροισμα του πλεονάσματος παραγωγού και καταναλωτή.....	41
Εικόνα 11: Κοινωνικό Πλεόνασμα ως διαφορά του κοινωνικού οφέλους και του κόστους παραγωγής.....	41
Εικόνα 12: Κοινωνικό Πλεόνασμα εφαρμόζοντας ανελαστική ζήτηση .....	41
Εικόνα 13: Διαχρονική Μεταβολή της Εγκατεστημένης Ισχύος των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα από το 2008 μέχρι και τα μέσα του 2015 (Πηγή:www.naftemporiki.gr).....	67

## Εισαγωγή

Από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα δημιουργήθηκε η ανάγκη της κεντρικής παραγωγής και εμπορίας της ηλεκτρικής ενέργειας, ως ένα αγαθό κοινωνικής ωφελείας. Στα πλαίσια αυτά δημιουργήθηκε στην Ελλάδα η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.), η οποία μέχρι το 1999 είχε το αποκλειστικό δικαίωμα να παράγει και να εμπορεύεται την ηλεκτρική ενέργεια. Μέσω της κεντρικής διαχείρισης, κατέστη δυνατή η κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής, καθώς και η κατασκευή δικτύων μεταφοράς και διανομής ικανών να μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια σχεδόν σε όλη την επικράτεια. Ωστόσο, κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1980, εκφράστηκε η ανάγκη της απελευθέρωσης των αγορών ενέργειας, στα πρότυπα της απελευθέρωσης και άλλων αγορών, όπως για παράδειγμα ο τομέας της αεροπλοΐας. Το κυριότερο επιχείρημα προς αυτή την κατεύθυνση, ήταν η πρακτική απουσία κινήτρου προς την κατεύθυνση της μείωσης του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της μονοπωλιακής προσφοράς του αγαθού αυτού από την κεντρικά και κρατικά ελεγχόμενη παραγωγή της. Ουσιαστικά, πρόκειται για την ταυτόχρονη υποχρέωση της επιχείρησης να προσφέρει την ηλεκτρική ενέργεια σε μία τιμή κοντά στο οριακό κόστος και ταυτόχρονα να επιδιώκει τη μείωση του κόστους παραγωγής. Μια τέτοια επιδίωξη, σύμφωνα με αυτά τα επιχειρήματα, μπορεί να επιτευχθεί, μόνο στα πλαίσια ενός ανταγωνιστικού συστήματος, που θα ωθεί τις ανταγωνιστικές επιχειρήσεις στην συνεχή προσπάθεια περιορισμού του κόστους παραγωγής.

Στην Ευρώπη, τις πρώτες απελευθερωμένες αγορές ενέργειας αποτέλεσαν το 1990, η Ουαλία και η Αγγλία και ακολούθησε η Νορβηγία το 1994, με αποτέλεσμα την πρώτη οργανωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Nordpool) που περιελάμβανε τις αγορές της Νορβηγίας, της Σουηδίας, της Δανίας και της Φινλανδίας. Στην Ελλάδα, η απελευθέρωση έλαβε χώρα το 1999 και ουσιαστικά ξεκίνησε να λειτουργεί το 2001. Μέσα σε αυτά τα νέα πλαίσια, ο Λειτουργός της αγοράς, ο Διαχειριστής του Συστήματος και η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας της κάθε χώρας, έχουν στόχο να δημιουργήσουν και να εξασφαλίσουν όλες εκείνες τις συνθήκες, που θα φροντίζουν την ομαλή και εύρυθμη λειτουργία των αγορών της κάθε χώρας.

Όσον αφορά τον τρόπο οργάνωσης των αγορών ενέργειας των χωρών της Ευρώπης, παρατηρούνται δύο είδη ανάπτυξης και λειτουργίας, που παρουσιάζουν και πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά. Οι Κοινοπραξίες Ισχύος με υποχρεωτική συμμετοχή και οι Αγορές Διμερών Συμβολαίων με εθελοντική ύπαρξη και λειτουργία Χρηματιστηρίου Ενέργειας για τις συναλλαγές.

Παράλληλα, από τα μέσα του 1970 εμφανίστηκε στην Ευρώπη, η ανάγκη για ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ των κρατών της ηπείρου και αυτό καθώς, υπήρχαν πλέον και λόγω των μεγάλων διαφορών στις τιμές της ενέργειας μεταξύ των χωρών, σημαντικά κίνητρα για την πραγματοποίηση διασυνοριακών συναλλαγών ενέργειας. Έτσι, αρχικά και πριν την απελευθέρωση των αγορών ενέργειας, η οποία όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, πραγματοποιήθηκε στις περισσότερες χώρες τη δεκαετία του 1990, οι διασυνοριακές μεταφορές ενέργειας έγιναν αντικείμενο διαπραγμάτευσης μεταξύ των κεντρικών φορέων της κάθε χώρας, που ήταν υπεύθυνοι αποκλειστικά για την παραγωγή και τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας και πραγματοποιήθηκαν τα πρώτα συμβόλαια για διασυνοριακές μεταφορές ενέργειας. Ωστόσο, οι διασυνδέσεις, οι οποίες δεν είχαν κατασκευαστεί για μεγάλες μεταφορές ενέργειας, αλλά κατασκευάστηκαν αρχικά για λόγους ασφαλείας του δικτύου μεταφοράς των χωρών, παρουσίαζαν αρκετά προβλήματα συμφόρησης.

Στα πλαίσια αυτά, επιβαλλόταν η ανάληψη πρωτοβουλιών για τη διαφοροποίηση και τη μετατροπή του πλαισίου, που αφορούσε τις διασυνοριακές συναλλαγές μεταξύ των κρατών



της Ευρώπης. Έτσι, λοιπόν, καθώς κέρδιζε έδαφος η προώθηση της ενοποίησης των αγορών ενέργειας της Ευρώπης, αποφασίστηκε από τους θεσμούς της Ευρώπης πως, οι δύο προτεινόμενοι τρόποι και μέθοδοι διασυνοριακών συναλλαγών ενέργειας και κατανομής της μεταφορικής ικανότητας των διασυνδέσεων, θα ήταν από το 1990 και μετά, οι Άμεσες Δημοπρασίες και οι Έμμεσες Δημοπρασίες.

Συνεπώς καθίσταται σαφές πως, η ενοποίηση των αγορών ενέργειας της Ευρώπης αποτελεί έναν σπουδαίο στόχο και παράλληλα μία πολύ μεγάλη πρόκληση, καθώς απαιτεί την ενσωμάτωση σε μία ενιαία αγορά, πολλών ξεχωριστών αγορών με ιδιαίτερα και διαφορετικά χαρακτηριστικά, καθώς και την αποδοτική αξιοποίηση των διασυνοριακών διασυνδέσεων προς αυτή την κατεύθυνση.

Μία τέτοια ενοποίηση θα σήμαινε πολύ καλύτερους οικονομικούς όρους για τους καταναλωτές, οι οποίοι θα μπορούσαν να χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια σε πολύ χαμηλότερες και ανταγωνιστικές τιμές. Επίσης, μια τέτοια εξέλιξη θα συνέβαλε και στην αισθητή μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καθώς θα επέτρεπε την πολύ μεγαλύτερη ενσωμάτωση στα ενεργειακά συστήματα των χωρών της Ευρώπης, των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

## 1 Διασυνδεδετικό σύστημα στα Ευρωπαϊκά σύνορα - Μηχανισμοί διαχείρισης των ροών στις διασυνδέσεις

### 1.1 Άμεσες Δημοπρασίες

Στις Άμεσες Δημοπρασίες, ο διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (ο ΑΔΜΗΕ για την Ελλάδα), υπολογίζει την Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα (Available Transfer Capacity-ATC) στις διασυνδέσεις της χώρας, στην οποία δραστηριοποιείται και για της οποίας το σύστημα είναι υπεύθυνος και τη δημοπρατεί στους συμμετέχοντες στην αγορά. Η δημοπράτηση γίνεται με κριτήριο την οικονομικότερη προσφορά που γίνεται στον διαχειριστή, μέχρι την εξάντληση της Διαθέσιμης Μεταφορικής Ικανότητας του συστήματος μεταφοράς της χώρας ελέγχου του. Έπειτα από την απόκτηση των δικαιωμάτων μεταφορικής ικανότητας, οι συμμετέχοντες έχουν τη δυνατότητα να υποβάλλουν προσφορές για μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας στις διασυνδέσεις μεταξύ δύο χωρών (περιοχών ελέγχου), ανάλογα με την κατεύθυνση προς την οποία είναι προσανατολισμένες οι γραμμές μεταφοράς μεταξύ των δύο περιοχών. Αξίζει να σημειωθεί πως, τα δικαιώματα μεταφορικής ικανότητας δημοπρατούνται σε διάφορους χρονικούς ορίζοντες και συνεπώς διαχωρίζονται σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια δικαιώματα μεταφορικής ικανότητας. Ωστόσο, είναι φανερό πως, η δημοπράτηση των δικαιωμάτων μεταφοράς, δεν σχετίζεται με κανένα τρόπο με την αγορά του αγαθού της ηλεκτρικής ενέργειας και συνεπώς, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολλές φορές την προβληματική κατανομή της διασυνδεδετικής ικανότητας και τη μη βέλτιστη διαχείρισή της.

### 1.2 Έμμεσες Δημοπρασίες

Με βάση, λοιπόν, το προφανές μειονέκτημα των Άμεσων Δημοπρασιών, που αφορά τη μη συσχέτιση της αγοραπωλησίας των δικαιωμάτων μεταφορικής ικανότητας με την αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας, πραγματοποιήθηκε η δημιουργία ενός νέου μοντέλου, του μοντέλου των Έμμεσων Δημοπρασιών, το οποίο και προκρίθηκε τελικά, ως το προτιμώμενο μοντέλο διαχείρισης των δικαιωμάτων μεταφορικής ικανότητας της ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, η αγοραπωλησία των δικαιωμάτων μεταφοράς ενέργειας πραγματοποιείται ταυτόχρονα με την αγοραπωλησία της ηλεκτρικής ενέργειας. Ουσιαστικά, ταυτόχρονα με την πραγματοποίηση των συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας, στα πλαίσια της προ-ημερήσιας αγοράς, οι συμμετέχοντες στην αγορά, παραγωγοί από την πλευρά της παραγωγής και εκπρόσωποι φορτίου από την πλευρά της κατανάλωσης, υποβάλλουν τις προσφορές και δηλώσεις φορτίου αντίστοιχα, ενώ οι διαχειριστές του συστήματος από την πλευρά τους, φροντίζουν για την ασφάλεια του συστήματος και την επάρκεια της διαθέσιμης μεταφορικής ικανότητας στις διασυνδέσεις του συστήματός τους. Συνεπώς, η δημοπράτηση των δικαιωμάτων μεταφοράς δεν γίνεται με άμεσο τρόπο και με τη σύναψη συμβολαίων μεταφοράς, αλλά έμμεσα.

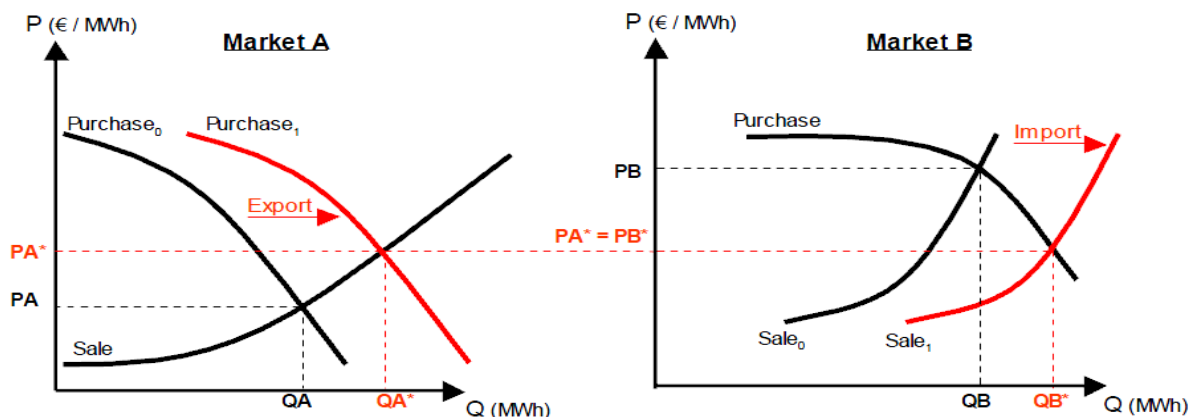
Αναλυτικότερα, στα πλαίσια μίας προ-ημερήσιας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, οι συμμετέχοντες υποβάλλουν τις προσφορές τους για αγορά και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα, οι διαχειριστές των συστημάτων οφείλουν να υπολογίζουν τη μεταφορική ικανότητα των διασυνδεδετικών γραμμών της περιοχής (χώρας) για την οποία είναι υπεύθυνοι και να τη γνωστοποιούν σε ένα Υπέρ-Λειτουργό της αγοράς. Ο Υπέρ-Λειτουργός με τη σειρά του, παραλαμβάνει τις προσφορές για αγοραπωλησία ηλεκτρικής ενέργειας από τους συμμετέχοντες στην αγορά και ταυτόχρονα τα στοιχεία για τη μεταφορική ικανότητα των

διασυνδεδετικών γραμμών, των επιμέρους περιοχών που συμμετέχουν στην αγορά. Στη συνέχεια, πραγματοποιεί την εκκαθάριση της αγοράς, όπου καθορίζεται ποιες προσφορές θα γίνουν αποδεκτές, αλλά και σύμφωνα με τη Ζωνική Τιμολόγηση προκύπτουν οι τιμές σε κάθε περιοχή υποβολής προσφορών (bidding area), που συμμετέχει στην αγορά. Συνεπώς, οι τιμές εκκαθάρισης της αγοράς, περιλαμβάνουν και το κόστος συμφόρησης που προκύπτει για τις διασυνδεδετικές γραμμές από την εκκαθάριση της προ-ημερήσιας αγοράς, πέρα από το κόστος της μεταφερόμενης ενέργειας. Έτσι, πραγματοποιείται, έστω και έμμεσα, μια δημοπράτηση των δικαιωμάτων μεταφοράς ενέργειας στους συμμετέχοντες στην αγορά και ως αποτέλεσμα της αποδοχής των προσφορών που κατατέθηκαν. Με αυτό τον τρόπο, συντελείται η σύζευξη δύο ή περισσότερων περιοχών σε μία ενιαία αγορά και μεγιστοποιείται το κοινωνικό πλεόνασμα, που αποτελείται από, το πλεόνασμα των παραγωγών, το πλεόνασμα των καταναλωτών και το κόστος συμφόρησης. Το κόστος συμφόρησης, αντικατοπτρίζεται στην διαφορά των τιμών εκκαθάρισης, ανάμεσα σε γειτονικές περιοχές-ζώνες της συζευγμένης αγοράς. Αν η μεταφορική ικανότητα της γραμμής διασύνδεσης μεταξύ των δύο περιοχών είναι επαρκής και μπορεί να καλύψει τις ανάγκες συναλλαγής ηλεκτρικής ενέργειας, που προκύπτουν από την εκκαθάριση της αγοράς, τότε το κόστος συμφόρησης είναι μηδενικό και οι τιμές των δύο αγορών ταυτίζονται. Αν η μεταφορική ικανότητα της διασυνδεδετικής γραμμής δεν επαρκεί, προκύπτει διαφορά τιμών εκκαθάρισης για τις δύο περιοχές και το κόστος συμφόρησης δεν είναι μηδενικό. Κατά αυτό τον τρόπο, εξασφαλίζεται πως, η ροή της ενέργειας θα συντελείται από τις περιοχές με χαμηλή τιμή, στις περιοχές με υψηλή τιμή ενέργειας.

Συνεπώς, αν υπάρχει ένα σύστημα δύο περιοχών ελέγχου (χωρών) που συμμετέχουν στην αγορά, στα πλαίσια της σύζευξης της αγοράς, αν η πρώτη αγορά έχει χαμηλότερη τιμή ενέργειας, αυτή θα εξάγει στην δεύτερη αγορά, που έχει υψηλότερη τιμή ενέργειας.

### 1.2.1 Περίπτωση επαρκούς μεταφορικής ικανότητας της διασυνδεδετικής γραμμής

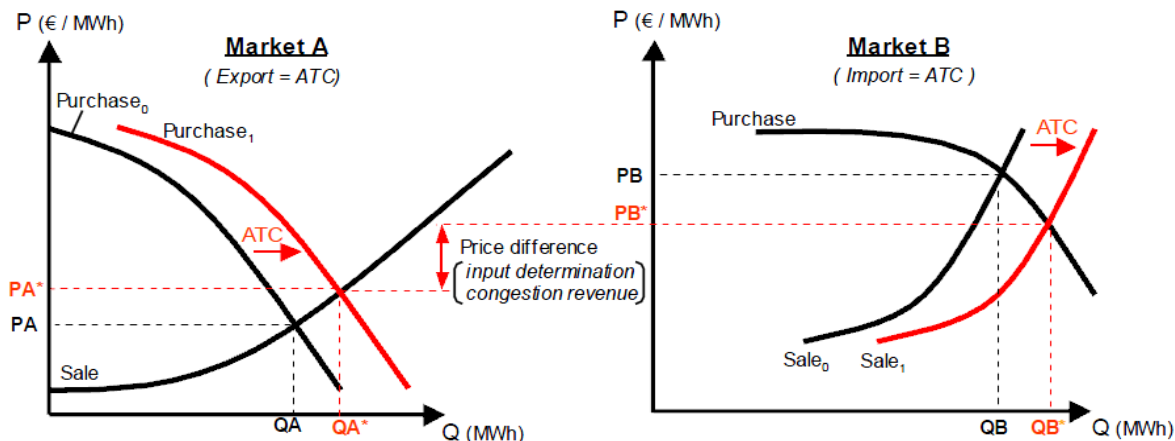
Αν, λοιπόν, η μεταφορική ικανότητα της διασυνδεδετικής γραμμής μεταξύ των δύο περιοχών, είναι επαρκής για τη μεταφορά της ενέργειας που πρέπει να συναλλαχθεί μεταξύ τους και η οποία προέκυψε από την εκκαθάριση της αγοράς, τότε η τιμή της πρώτης αγοράς αυξάνεται και η τιμή της δεύτερης αγοράς μειώνεται και έτσι, τελικά οι δύο τιμές εξισώνονται. Παρακάτω, παρατίθεται και η σχετική εικόνα για την περίπτωση, που είναι επαρκής η μεταφορική ικανότητα της γραμμής. Αξίζει να σημειωθεί πως, η εξίσωση των τιμών, προκύπτει με μετατόπιση της καμπύλης ζήτησης της πρώτης αγοράς (περιοχής) στα δεξιά, καθώς αυτή καλείται να εξάγει ενέργεια και τη μετατόπιση της καμπύλης προσφοράς της δεύτερης αγοράς, επίσης προς τα δεξιά, καθώς αυτή καλείται να εισάγει ενέργεια. Έτσι, στην πρώτη αγορά το σημείο τομής των δύο καμπυλών, που καθορίζει και την τιμή εκκαθάρισης της πρώτης αγοράς, αυξάνεται, ενώ στην δεύτερη αγορά, το σημείο τομής των δύο καμπυλών, που καθορίζει την τιμή εκκαθάρισης της δεύτερης αγοράς μειώνεται και συνεπώς, μέσω αυτού του μηχανισμού επέρχεται η ταύτιση των τιμών εκκαθάρισης των δύο αγορών.



Εικόνα 1: Περίπτωση επαρκούς μεταφορικής ικανότητας της γραμμής μεταφοράς

### 1.2.2 Περίπτωση μη επαρκούς μεταφορικής ικανότητας της διασυνδετικής γραμμής

Αντίθετα, αν η μεταφορική ικανότητα της διασύνδεσης μεταξύ των δύο συζευγμένων περιοχών-αγορών δεν επαρκεί για την επίτευξη των συναλλαγών ενέργειας που προβλέπονται μεταξύ τους, τότε η αγορά με την χαμηλότερη τιμή εξάγει στην αγορά με την υψηλότερη τιμή, ποσότητα ίση με τη Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα (Available Transfer Capacity-ATC) της διασυνδετικής γραμμής των δύο περιοχών. Σε αυτή την περίπτωση, παρατηρείται αύξηση της τιμής της αγοράς που εξάγει και ταυτόχρονη μείωση της τιμής της αγοράς που εισάγει ηλεκτρική ενέργεια, ωστόσο η μεταφορική ικανότητα της μεταξύ τους γραμμής διασύνδεσης, δεν είναι αρκετή για την εξίσωση των τιμών ισορροπίας των δύο αγορών-περιοχών. Συνεπώς, προκύπτει μία διαφορά τιμών μεταξύ των δύο επιμέρους αγορών. Η ποσότητα που συναλλάσσεται, αγοράζεται από την πρώτη αγορά στην τιμή  $PA^*$  και πωλείται στην δεύτερη αγορά στην τιμή  $PB^*$ . Η διαφορά αυτή, πολλαπλασιασμένη με την μεταφερόμενη μεταξύ τους ποσότητα, που ισοδυναμεί με την Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα της γραμμής διασύνδεσης, αποτελεί το Έσοδο Συμφόρησης της γραμμής (Congestion Rent). Είναι φανερό πως, το έσοδο συμφόρησης στην περίπτωση της επαρκούς μεταφορικής ικανότητας έχει μηδενική τιμή, καθώς δεν προκύπτει διαφοροποίηση τιμών στην περίπτωση αυτή. Παρακάτω, παρατίθεται σχετική εικόνα για την περίπτωση της μη επαρκούς μεταφορικής ικανότητας και συνεπώς, της μη ταύτισης των τιμών εκκαθάρισης.



Εικόνα 2: Περίπτωση μη επαρκούς μεταφορικής ικανότητας της γραμμής μεταφοράς

Αξίζει να σημειωθεί πως, σύμφωνα με Οδηγία και Κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το Έσοδο Συμφόρησης επιβάλλεται να αξιοποιείται από τους Διαχειριστές των Συστημάτων Μεταφοράς σε επιδιορθώσεις, αλλά και σε επενδύσεις στα συστήματα μεταφοράς ενέργειας και όχι για άλλους σκοπούς.

### 1.2.3 Μηχανισμοί Ενοποίησης (Σύζευξης) των Αγορών σε Προ-Ημερήσιο επίπεδο

Όπως προαναφέρθηκε, οι Έμμεσες Δημοπρασίες αποτελούν ένα τρόπο για σύζευξη των επιμέρους αγορών ενέργειας και τη δημιουργία μιας ενιαίας αγοράς. Έχουν υιοθετηθεί μέχρι στιγμής, δύο κύρια είδη μοντέλων ενοποίησης αγορών.

#### 1.2.3.1 Σύζευξη Αγορών (Market Coupling)

Το πρώτο αναφέρεται ως, Σύζευξη των Επιμέρους Αγορών (Market Coupling), όπου σε αυτή την περίπτωση, υπάρχουν πολλά Χρηματιστήρια Ενέργειας καθένα από τα οποία, ενοποιεί την αγορά στην οποία δραστηριοποιείται, με τις αγορές που δραστηριοποιούνται τα υπόλοιπα Χρηματιστήρια Ενέργειας. Κατά αυτό τον τρόπο, προκύπτει πως, ένα Χρηματιστήριο Ενέργειας υπάρχει σε κάθε περιοχή-αγορά και η Σύζευξη όλων αυτών των αγορών δημιουργεί την συνολική ενοποιημένη προ-ημερήσια αγορά. Το μοντέλο αυτό, υιοθετείται στην Κεντρική και Δυτική Ευρώπη, αλλά και στη Βόρεια Ευρώπη, με ένα παράδειγμα, τη Σύζευξη των αγορών της Κέντρο-Δυτικής Ευρώπης, αλλά και την Τριμερή Σύζευξη των χωρών του Βελγίου, της Ολλανδίας και της Γαλλίας. Στα πλαίσια αυτά, εντάσσονται και οι αλγόριθμοι COSMOS και EUPHEMIA, οι οποίοι πραγματοποιούν Σύζευξη Τιμών μεταξύ χωρών της Κέντρο-Δυτικής, της Βόρειο-Δυτικής και της Νότιο-Δυτικής Ευρώπης.

Συμπερασματικά, στη Σύζευξη των Αγορών, οι Έμμεσες Δημοπρασίες, οργανώνονται από πολλά Χρηματιστήρια Ενέργειας, τα οποία ενώνουν τις αγορές που εκπροσωπεί το καθένα, σε μία ενοποιημένη αγορά. Για αυτό το λόγο, χρησιμοποιείται και ο όρος Σύζευξη των Αγορών. Τα Χρηματιστήρια καταθέτουν τα δεδομένα των προσφορών ενέργειας που έχουν δεχτεί στις αγορές (χώρες) που δραστηριοποιούνται στον Υπέρ-Λειτουργό της Αγοράς. Παράλληλα, οι Διαχειριστές των Συστημάτων Μεταφοράς καταθέτουν τα στοιχεία για τη μεταφορική ικανότητα των διασυνδέσεων των χωρών, στις οποίες δραστηριοποιούνται. Ο Υπέρ-Λειτουργός διενεργεί την εκκαθάριση της συζευγμένης αγοράς και προκύπτουν οι τιμές εκκαθάρισης για κάθε αγορά και οι ροές στις διασυνδέσεις μεταξύ των χωρών. Οι ροές στις διασυνδέσεις χρησιμοποιούνται στη συνέχεια, από τις επιμέρους αγορές, ενώ αν υιοθετηθούν από τα Χρηματιστήρια των επιμέρους αγορών και οι τιμές εκκαθάρισης, που προέκυψαν από την κεντρική εκκαθάριση της συνολικής αγοράς, προκύπτει το μοντέλο της Σύζευξης Τιμών (Price Coupling). Αν θεωρηθούν μόνο οι ποσότητες και οι τιμές υπολογιστούν από τις επιμέρους αγορές ξεχωριστά στην συνέχεια, πρόκειται για το μοντέλο της Σύζευξης Ποσοτήτων (Volume Coupling). Η διαφοροποίηση των δύο μοντέλων έγκειται, στην υιοθέτηση ή μη, από τις επιμέρους αγορές, των τιμών εκκαθάρισης που προκύπτουν από την επίλυση της αγοράς από τον Υπέρ-Λειτουργό της Αγοράς. Ωστόσο, ανεξάρτητα από τη θεώρηση των δύο μοντέλων, στη συνέχεια πραγματοποιείται από τα Χρηματιστήρια η κατάρτιση του προγράμματος συναλλαγών στην προ-ημερήσια αγορά, σύμφωνα με τις προσφορές που έγιναν δεκτές από τον κεντρικό αλγόριθμο επίλυσης του Υπέρ-Λειτουργού της Αγοράς.

### 1.2.3.2 Διάσπαση Αγορών (Market Splitting)

Αντίθετα, σύμφωνα με το δεύτερο μοντέλο σύζευξης, το οποίο και ονομάζεται μοντέλο Διάσπασης της Αγοράς (Market Splitting), υπάρχει ένα Χρηματιστήριο Ενέργειας, το οποίο ανάλογα με την συμμόρφωση που παρατηρείται στην περιοχή ελέγχου του, δημιουργεί στα πλαίσια μίας Ζωνικής Τιμολόγησης, διαφορετικές ζώνες τιμής σε επιμέρους περιοχές της συνολικής αγοράς, στην οποία δραστηριοποιείται. Οι ζώνες που δημιουργούνται μπορεί να ταυτίζονται ακριβώς με τα εθνικά σύνορα μεταξύ των χωρών, ωστόσο μπορεί και μία χώρα (επιμέρους αγορά) να αποτελείται από περισσότερες από μία ζώνες τιμής. Το μοντέλο αυτό παρατηρείται στις Σκανδιναβικές Χώρες, όπου το Χρηματιστήριο Nordpool Spot περιλαμβάνει τις, Φινλανδία, Δανία, Σουηδία και τη Νορβηγία. Αν, λοιπόν, παρατηρηθεί συμμόρφωση στις μεταξύ τους διασυνδέσεις, διαμορφώνονται σύμφωνα με τον μηχανισμό των Έμμεσων Δημοπρασιών, διαφορετικές τιμές στις επιμέρους περιοχές του συνολικού συστήματος και άρα το Χρηματιστήριο εφαρμόζει το μοντέλο της Διάσπασης της Αγοράς (Market Splitting), διασπώντας τη συνολική Σκανδιναβική Αγορά, σε ζώνες διαφορετικής τιμής. Επίσης, εφαρμόζεται στην Ιβηρική Χερσόνησο, όπου το Χρηματιστήριο OMIE πραγματοποιεί Διάσπαση των Αγορών Ενέργειας της Ισπανίας και της Πορτογαλίας.

### 1.2.3.3 Πλεονεκτήματα της Σύζευξης των Αγορών

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα, τα οποία προκύπτουν για τους συμμετέχοντες στην αγορά από τη διαδικασία της Σύζευξης των Αγορών. Τα κυριότερα συνοψίζονται παρακάτω:

- α) Η δημιουργία μεγαλύτερου ανταγωνισμού στις διασυνοριακές συναλλαγές. Ως εκ τούτου, προκύπτουν περισσότερες επιλογές για τους συμμετέχοντες στην αγορά και μεγαλύτερη πρόσβαση για όλους στις διασυνοριακές συναλλαγές.
- β) Η διαμόρφωση των τιμών εκκαθάρισης των αγορών, στα πλαίσια της αγοράς και όχι στα πλαίσια ενός κεντρικά και εθνικά οργανωμένου συστήματος. Έτσι, προκύπτει μεγαλύτερη διαφάνεια και προσφέρονται οι σωστές ενδείξεις στους συμμετέχοντες στην αγορά, οι οποίοι οργανώνουν τις επόμενες κινήσεις τους στη σωστή κατεύθυνση, όπως είναι η δημιουργία νέων Μονάδων από την πλευρά των παραγωγών, με στόχο την εγκαθίδρυση δίκαιων και ανταγωνιστικών τιμών.
- γ) Η διασφάλιση της ικανότητας του ενεργειακού εφοδιασμού του συστήματος μεταφοράς στην Ευρώπη, που εξασφαλίζεται από τις μεγάλες ποσότητες ενέργειας που διακινούνται στην αγορά από πολλές πλευρές, στα πλαίσια ενός ενοποιημένου συστήματος συζευγμένων αγορών, αυξάνοντας κατά αυτό τον τρόπο, τη διαθεσιμότητα των ενεργειακών πόρων.
- δ) Η δημιουργία υψηλότερου συνολικού κοινωνικού πλεονάσματος, που αφορά τόσο το πλεόνασμα των παραγωγών, όσο και το πλεόνασμα των καταναλωτών ενέργειας.
- ε) Η ενοποίηση των σταδίων της δημοπράτησης δικαιωμάτων μεταφορικής ικανότητας και της αγοράς του αγαθού της ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω των Έμμεσων Δημοπρασιών, η οποία και εξαιλεί τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα της αγοράς δικαιωμάτων μεταφορικής ικανότητας, χωρίς οι κάτοχοι δικαιωμάτων να γνωρίζουν την μελλοντική αξία τους.
- στ) Η καλύτερη και μεγαλύτερη αξιοποίηση των διασυνδέσεων του συστήματος μεταφοράς ενέργειας, καθώς μέσω της εκκαθάρισης της αγοράς και για την ικανοποίηση των ροών που προκύπτουν στις διασυνδέσεις, οι συμμετέχοντες δεν δύνανται να αρνηθούν την μεταφορά της ενέργειας διαμέσου των διασυνδέσεων, ή και να αποκλειστούν από αυτή.

## 1.4 Μηχανισμοί υπολογισμού της μεταφορικής ικανότητας στις διασυνδέσεις

### 1.4.1 Μοντέλο βασισμένο στην Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα των διασυνδέσεων (Available Transfer Capacity - ATC)

Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο υπολογισμού της μεταφορικής ικανότητας στις διασυνδέσεις, οι γειτονικές περιοχές ελέγχου (χώρες) της ενοποιημένης αγοράς, είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους με διασυνδετικές-διασυννοριακές γραμμές. Έτσι, λοιπόν, η ενέργεια μπορεί να ρέει, μέσω αυτών των γραμμών από την μία περιοχή στην άλλη, με όριο μεταφοράς την Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα (Available Transfer Capacity-ATC) της κάθε διασυνδετικής γραμμής μεταφοράς. Οι γραμμές μεταφοράς, λοιπόν, περιορίζονται από την Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα, η οποία μπορεί να αλλάζει τιμή κάθε χρονική περίοδο, αλλά και ανάλογα με την κατεύθυνση ροής της ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί πως, οι γραμμές διασύνδεσης μεταξύ των περιοχών είναι προσανατολισμένες και αυτό σημαίνει πως προβλέπεται η ενέργεια να ρέει από την μία περιοχή της διασύνδεσης, που ορίζεται ως η αρχή της, προς την άλλη πλευρά, που ορίζεται ως το τέλος της διασύνδεσης.

Αν, λοιπόν, θεωρηθεί μία διασύνδεση μεταξύ δύο περιοχών Α και Β και επίσης πως, η γραμμή είναι προσανατολισμένη από την περιοχή Α στην περιοχή Β, τότε η Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα για ροή ενέργειας από την περιοχή Α στην περιοχή Β θα έχει θετική τιμή. Αντίθετα, η Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα για ροή ενέργειας από την περιοχή Β προς την περιοχή Α θα έχει αρνητική τιμή. Συνεπώς, καθίσταται σαφές πως, η ροή ενέργειας προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτή, στην οποία είναι προσανατολισμένη η γραμμή, θεωρείται πως, παρουσιάζει αρνητικές τιμές. Επίσης, μία αλγεβρικά αρνητική τιμή της Διαθέσιμης Μεταφορικής Ικανότητας προς την κατεύθυνση που είναι προσανατολισμένη μια γραμμή μεταφοράς σημαίνει πως, η ενέργεια οδηγείται να ρέει προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτή του προσανατολισμού της γραμμής.

### 1.4.2 Μοντέλο βασισμένο στις ροές στους κόμβους του συστήματος (Flow-Based Model)

Το μοντέλο αυτό, αποτελεί μία διαφορετική προσέγγιση σε σχέση με το μοντέλο της Διαθέσιμης Μεταφορικής Ικανότητας, καθώς βασίζεται και επιτρέπει την ακριβέστερη μοντελοποίηση των φυσικών ροών, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις επιμέρους διασυνδέσεις εντός των περιοχών - αγορών, που συμμετέχουν σε μια ενοποιημένη αγορά. Το μοντέλο αυτό, στηρίζεται σε δύο μεγέθη για τον υπολογισμό των ροών:

α) Το Υπολειπόμενο Διαθέσιμο Περιθώριο (Remaining Available Margin), που καταδεικνύει πόσα MW ενέργειας είναι διαθέσιμα για μεταφορές ενέργειας.

β) Τους Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος (Power Transfer Distribution Factors), οι οποίοι αποτελούν την ευαισθησία των γραμμών μεταφοράς, μεταξύ των κόμβων του συστήματος, όταν μεταβάλλονται οι Καθαρές Θέσεις των περιοχών-αγορών που ενοποιούνται. Ουσιαστικά, πρόκειται για μια αναλογία, που καταδεικνύει πόσες MWh χρησιμοποιούνται από τις Καθαρές Θέσεις των χωρών-αγορών, που προκύπτουν από τις συναλλαγές κατά την εκκαθάριση της αγοράς. Κατά αυτό τον τρόπο, οι Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος, υπολογίζονται με μετατροπές των προγραμμάτων συναλλαγών ενέργειας των περιοχών-ζωνών. Έτσι, για κάθε μεταβολή κατά 1MW, των προγραμμάτων ανταλλαγών ενέργειας των επιμέρους χωρών, μετρούνται οι αλλαγές στη ροή ενέργειας σε συγκεκριμένες κρίσιμες γραμμές που συνδέουν επιμέρους κόμβους του

συνολικού συστήματος μεταφοράς και αυτές οι αλλαγές καταδεικνύουν, το ποσοστό αλλαγής των ροών ενέργειας που προκύπτει από την μεταβολή των προγραμμάτων ανταλλαγής ενέργειας- Καθαρών Θέσεων των χωρών. Το ποσοστό αυτό αποτελεί τους Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος (Power Transfer Distribution Factors). Ένα βασικό πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου, είναι ότι δεν βασίζεται σε αυστηρούς περιορισμούς στη μεταφορά ενέργειας διασυνοριακά μεταξύ των χωρών. Συνεπώς, συμβάλλει στην πιο αποδοτική χρησιμοποίηση του δικτύου μεταφοράς και επιτρέπει την πραγματοποίηση περισσότερων συναλλαγών ενέργειας.

Ωστόσο, ένα μειονέκτημα είναι πως, ενδέχεται να οδηγήσει σε μη-διαισθητικές καταστάσεις, καθώς μπορεί στα πλαίσια της μεγιστοποίησης του κοινωνικού πλεονάσματος, να παρατηρηθούν συναλλαγές με κατεύθυνση από αγορές με υψηλότερη τιμή ενέργειας, σε αγορές με χαμηλότερη τιμή ενέργειας, φαινόμενα που επιβάλλεται να εξαιρεθούν για να επιτευχθεί τελικά σωστή επίλυση της προ-ημερήσιας αγοράς ενέργειας.

Σύμφωνα, λοιπόν, με το Μοντέλο Στόχου που δημιούργησε ο ENTSO-E και από τον Κώδικα Δικτύου (CACM NC) προκύπτει πως, προκρίνεται από την Ευρώπη, η δημιουργία ενός κοινού δικτύου (common grid model) για όλη την Ευρώπη και η χρησιμοποίηση σε αυτό, του μοντέλου που βασίζεται στις ροές στους κόμβους του συστήματος (flow-based model), για τον υπολογισμό των ροών στις διασυνδέσεις του συστήματος.

Αξίζει να σημειωθεί πως, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε ένα υβριδικό μοντέλο για το Δίκτυο Μεταφοράς, όπου τα όρια μεταφοράς στις γραμμές μεταφοράς του συστήματος, θεωρήθηκε πως ταυτίζονται με την Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα (Available Transfer Capacity) και δεν χρησιμοποιήθηκε το Διαθέσιμο Υπολειπόμενο Περιθώριο (Remaining Available Margin). Κατά αυτό τον τρόπο, χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός του ATC μοντέλου και του Flow-Based μοντέλου υπολογισμού των ροών στις διασυνδέσεις.



## 2 Προσφορές ενέργειας στα Ευρωπαϊκά Χρηματιστήρια Ενέργειας

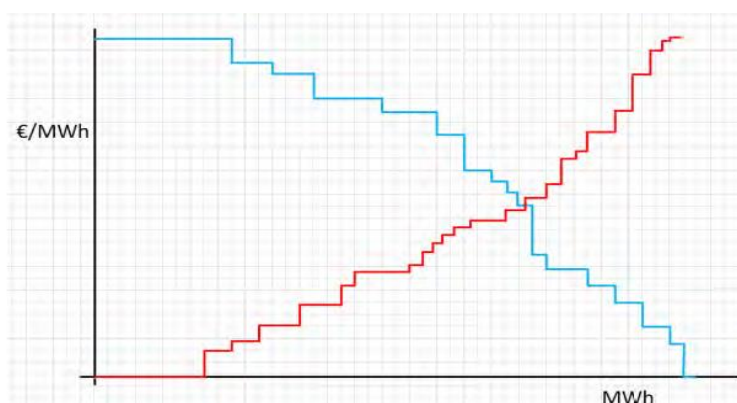
### 2.1 Υποβολή προσφορών σε Αγορά με λειτουργία Χρηματιστηρίου Ενέργειας

Υπάρχουν πολλά είδη προσφορών, τα οποία μπορεί να υποβάλλει κάποιος παραγωγός ή προμηθευτής (εκπρόσωπος φορτίου) σε μια αγορά με λειτουργία Χρηματιστηρίου Ενέργειας. Τα διάφορα είδη προσφορών περιλαμβάνουν εκτός από ωριαίες προσφορές και μπλοκ ή σύνθετες προσφορές, δίνοντας με αυτό τον τρόπο, κυρίως στους παραγωγούς, τη δυνατότητα να περιλαμβάνουν, έστω και έμμεσα, στις προσφορές που καταθέτουν τους τεχνικούς περιορισμούς των Μονάδων Παραγωγής τους. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα διάφορα είδη προσφορών που μπορούν να κατατεθούν σε ένα Χρηματιστήριο Ενέργειας.

#### 2.1.1 Απλές ωριαίες προσφορές

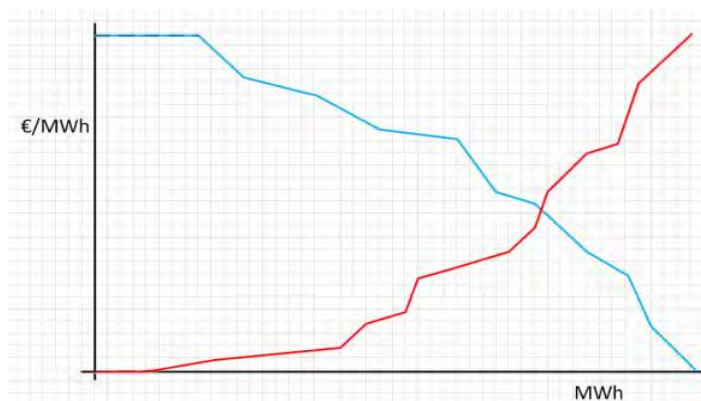
Όλοι οι συμμετέχοντες στην αγορά, μπορούν να υποβάλλουν το πιο απλό είδος προσφορών, δηλαδή μία ωριαία προσφορά, που αντιστοιχεί σε ένα ζεύγος τιμής-ποσότητας, όπου μία συγκεκριμένη τιμή ορίζεται για μία υποβληθείσα ποσότητα ενέργειας και μπορεί να κατατεθεί για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο (ώρα) της επόμενης ημέρας. Οι συμμετέχοντες με αυτό τον τρόπο, προσδιορίζουν ποια ποσότητα ενέργειας είναι διατεθειμένοι να πουλήσουν ή να αγοράσουν και σε τι τιμή επιθυμούν να το κάνουν. Ο Λειτουργός της Αγοράς συγκεντρώνει τις ωριαίες προσφορές από τους παραγωγούς και τις ωριαίες δηλώσεις φορτίου από τους εκπροσώπους φορτίου. Έτσι, ταξινομώντας τις προσφορές έγχυσης ενέργειας από τους παραγωγούς κατά αύξουσα σειρά, δημιουργείται η συγκεντρωτική καμπύλη προσφοράς για τη συγκεκριμένη ώρα και τη συγκεκριμένη περιοχή ελέγχου του Λειτουργού. Αντίστοιχα, ταξινομώντας τις δηλώσεις φορτίου κατά φθίνουσα σειρά, προκύπτει η συγκεντρωτική καμπύλη ζήτησης για τη συγκεκριμένη ώρα της επόμενης ημέρας και τη συγκεκριμένη περιοχή ελέγχου (π.χ. μία χώρα ή μία περιοχή χώρας). Υπάρχουν τρία είδη συγκεντρωτικών ωριαίων καμπυλών:

α) Βηματική συγκεντρωτική καμπύλη, όπου δύο συνεχόμενα σημεία της καμπύλης, θα έχουν, είτε ίδια τιμή, είτε ίδια ποσότητα ενέργειας.



Εικόνα 3: Βηματική συγκεντρωτική καμπύλη ωριαίων προσφορών

β) Γραμμική τμηματικά καμπύλη, όπου δύο διαδοχικά σημεία της καμπύλης, δεν μπορούν να έχουν την ίδια τιμή, εκτός αν πρόκειται για τα δύο αρχικά σημεία της καμπύλης.



Εικόνα 4: Γραμμική τμηματικά συγκεντρωτική καμπύλη ωριαίων προσφορών

γ) Υβριδική καμπύλη, η οποία αποτελείται ταυτόχρονα από γραμμικά αλλά και βηματικά τμήματα και αποτελεί συνδυασμό των δύο προαναφερθειςών καμπυλών.

Όσον αφορά τις προσφορές ενέργειας από τους παραγωγούς, αυτές θα γίνονται αποδεκτές όταν η τιμή, στην οποία προσφέρονται, είναι μικρότερη από την τιμή, στην οποία εκκαθαρίζεται η προ-ημερήσια αγορά για την συγκεκριμένη ώρα. Αντίθετα, όσον αφορά τις δηλώσεις φορτίου από τους εκπροσώπους φορτίου, αυτές θα γίνονται αποδεκτές όταν η τιμή, η οποία ζητείται, είναι μεγαλύτερη από την τιμή εκκαθάρισης της προ-ημερήσιας αγοράς. Όταν η τιμή στην οποία ζητείται ή προσφέρεται μία ωριαία προσφορά είναι η ίδια με την τιμή εκκαθάρισης, τότε η προσφορά αυτή μπορεί να γίνει πλήρως αποδεκτή ή να γίνει πλήρως απορριπτή ή να γίνει κατά ένα ποσοστό μόνο αποδεκτή.

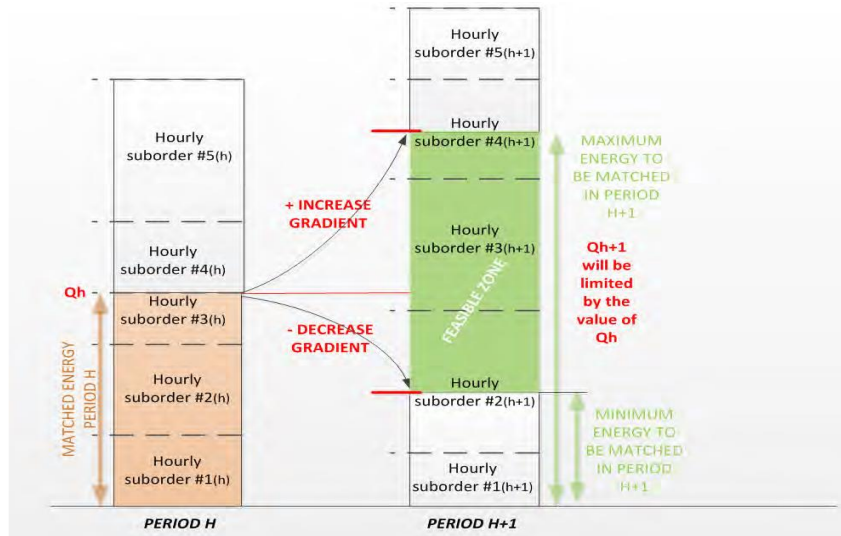
### 2.1.2 Σύνθετες προσφορές

Οι σύνθετες προσφορές, αποτελούνται από απλές ωριαίες βηματικές προσφορές, οι οποίες αποτελούν τις επιμέρους προσφορές της συνολικής σύνθετης προσφοράς. Μπορούν να υποβληθούν μόνο ως προσφορές έγχυσης ενέργειας από τους παραγωγούς και δεν συναντώνται από την πλευρά της ζήτησης.

Υπάρχουν δύο τύποι σύνθετων προσφορών, οι προσφορές Συνθήκης Ελαχίστου Εισοδήματος και οι προσφορές Κλίσης Φορτίου. Αξίζει να σημειωθεί πως, οι επιμέρους απλές ωριαίες προσφορές που συνθέτουν την συνολική προσφορά, γίνονται αποδεκτές, είτε όλες μαζί είτε καμία από αυτές, συνεπώς αντιμετωπίζονται ως σύνολο.

#### 2.1.2.1 Σύνθετες προσφορές με Συνθήκη Κλίσης Φορτίου

Οι σύνθετες προσφορές, για τις οποίες υλοποιείται ένας περιορισμός κλίσης φορτίου ή αλλιώς μέγιστης μεταβολής της ισχύος εξόδου, ονομάζονται προσφορές Κλίσης Φορτίου (Load Gradient Orders). Ο περιορισμός αυτός σημαίνει πως, η ποσότητα ενέργειας η οποία εκκαθαρίζεται από τις ωριαίες επιμέρους προσφορές της σύνθετης προσφοράς σε μία χρονική περίοδο (ώρα), περιορίζεται από την ποσότητα που είχε εκκαθαριστεί την προηγούμενη ώρα. Υπάρχει ουσιαστικά, μία μέγιστη αύξηση ή μείωση της ποσότητας ενέργειας που μπορεί να εκκαθαριστεί και αυτή η μεταβολή αντικατοπτρίζει το όριο μεταβολής της παραγόμενης ισχύος από ώρα σε ώρα, της κάθε Μονάδας Παραγωγής.



Εικόνα 5: Σύνθετη προσφορά κλίσης φορτίου (load gradient order)

### 2.1.2.2 Σύνθετες προσφορές με Συνθήκη Ελαχίστου Εισοδήματος

Οι σύνθετες προσφορές, που αποτελούνται από τις απλές επιμέρους ωριαίες προσφορές τους και υπόκεινται σε μία συνθήκη ελαχίστου εισοδήματος ονομάζονται Προσφορές Ελαχίστου Εισοδήματος (Minimum Income Condition Orders). Η συνθήκη ελαχίστου εισοδήματος ουσιαστικά ορίζει πως, το εισόδημα που θα προκύψει για τον παραγωγό από την εκτέλεση της προσφοράς, αν αυτή γίνει αποδεκτή και για όλες τις περιόδους στις οποίες αυτή εκτείνεται, πρέπει να υπερκαλύπτει τα έξοδα παραγωγής της Μονάδας Παραγωγής του. Το κόστος παραγωγής αποτελείται από ένα σταθερό όρο που μετράται σε ευρώ και αντικατοπτρίζει το κόστος επένδυσης της Μονάδας Παραγωγής και από ένα μεταβλητό όρο, που μετράται σε ευρώ ανά MWh και αντικατοπτρίζει το μεταβλητό κόστος ανά MWh της Μονάδας Παραγωγής.

Αν, λοιπόν, στην τελική λύση του αλγορίθμου η σύνθετη προσφορά γίνει αποδεκτή, τότε οι επιμέρους απλές ωριαίες προσφορές που ανήκουν στην σύνθετη προσφορά, αντιμετωπίζονται ως απλές ωριαίες προσφορές και συνεπώς, γίνονται αποδεκτές αν πληρούν τα κριτήρια αποδοχής των απλών ωριαίων προσφορών.

Αντίθετα, αν η σύνθετη προσφορά δεν γίνει αποδεκτή, τότε οι επιμέρους απλές προσφορές της, δεν γίνονται αποδεκτές, ακόμα και αν πληρούν τα κριτήρια αποδοχής των απλών ωριαίων προσφορών.

Ωστόσο, η συνθήκη εκκαθάρισης των Σύνθετων Προσφορών Ελαχίστου Εισοδήματος (Minimum Income Condition Orders) περιλαμβάνει σε μία εξίσωση, εκτός από μεταβλητές του πρωτεύοντος προβλήματος (primal problem), όπως η μεταβλητή εκκαθάρισης της προσφοράς και μεταβλητές του δυικού προβλήματος (dual problem), δηλαδή την τιμή εκκαθάρισης της αγοράς. Κατά συνέπεια, η χρησιμοποίηση Σύνθετων Προσφορών Ελαχίστου Εισοδήματος, θα απαιτούσε διαφορετική προσέγγιση και συνεπώς, δεν χρησιμοποιήθηκαν αυτού του είδους οι προσφορές στο μοντέλο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Παρακάτω, παρατίθεται η συνθήκη εκκαθάρισης των Προσφορών Ελαχίστου Εισοδήματος:

$$FC + VC * \left( \sum_h \sum_{i \in E_h} (Q_i * accept_i) \right) \leq \sum_h (MCP_h * \left( \sum_{i \in E_h} (Q_i * accept_i) \right))$$

Όπου:

FC : Σταθερό Κόστος σε Ευρώ, που καταδεικνύει το Σταθερό Κόστος όλης της ενέργειας που συναλλάχθηκε από την προσφορά

VC : Μεταβλητό Κόστος σε Ευρώ ανά αποδεκτή MWh ενέργειας, που καταδεικνύει το Μεταβλητό Κόστος όλης της ενέργειας που συναλλάχθηκε από την προσφορά

i : ωριαία υπό-προσφορά της Προσφοράς Ελαχίστου Εισοδήματος

h : ώρα

accept<sub>i</sub> : ποσοστό αποδοχής της ωριαίας υπό-προσφοράς i

Q<sub>i</sub> : ποσότητα που προσφέρεται από την ωριαία υπό-προσφορά i

MCP<sub>h</sub> : τιμή εκκαθάρισης της αγοράς την ώρα h

### 2.1.3 Μπλοκ Προσφορές

Οι μπλοκ προσφορές μπορούν να υποβάλλονται, είτε από τους παραγωγούς και από την πλευρά της προσφοράς, είτε από τους εκπροσώπους φορτίου και από την πλευρά της ζήτησης. Μία μπλοκ προσφορά, παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

α) Μία σταθερή τιμή σε ευρώ.

β) Εκτείνεται σε πολλές περιόδους (ώρες).

γ) Μία ποσότητα για κάθε περίοδο (ώρα), η οποία μπορεί να είναι διαφορετική σε κάθε περίοδο.

δ) Ένα ελάχιστο ποσοστό αποδοχής της, κάτω από το οποίο δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή η μπλοκ προσφορά.

#### 2.1.3.1 Κανονικές μπλοκ προσφορές

Οι κανονικές μπλοκ προσφορές αποτελούν το πιο απλό είδος μπλοκ προσφορών. Ορίζονται για συνεχόμενες χρονικές περιόδους και η ποσότητα ενέργειας είναι η ίδια σε κάθε χρονική περίοδο. Επίσης, το ελάχιστο ποσοστό αποδοχής τους είναι ίσο με τη μονάδα, δηλαδή το 100% της μπλοκ προσφοράς. Αυτό σημαίνει πως, η προσφορά μπορεί, είτε να γίνει αποδεκτή ολόκληρη και στο σύνολό της, είτε να μην γίνει καθόλου αποδεκτή και συνεπώς, δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή μερικώς. Για την αποδοχή της απλής μπλοκ προσφοράς για ζήτηση ενέργειας ισχύουν οι εξής κανόνες:

α) Αν η μέση τιμή εκκαθάρισης της αγοράς που προκύπτει για όλες τις συνεχόμενες περιόδους, για τις οποίες η μπλοκ προσφορά διαρκεί, είναι μικρότερη από την τιμή, στην οποία ζητείται η ενέργεια από την μπλοκ προσφορά, τότε η προσφορά γίνεται πλήρως αποδεκτή.

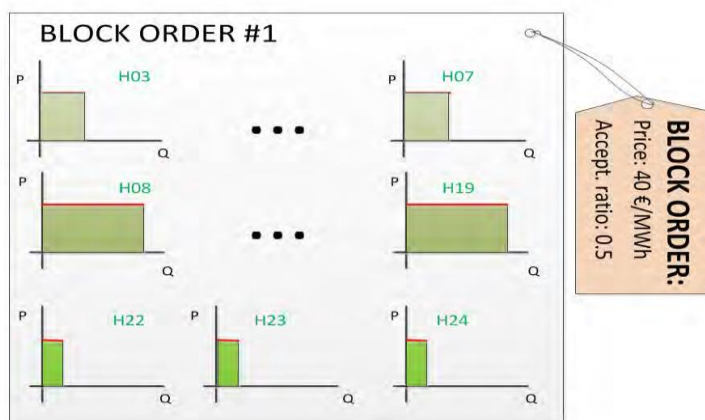
β) Αν η μέση τιμή εκκαθάρισης της αγοράς, για τις ώρες τις οποίες η μπλοκ προσφορά διαρκεί, είναι μεγαλύτερη από την τιμή, στην οποία ζητείται η ενέργεια από την μπλοκ προσφορά, η προσφορά γίνεται πλήρως απορριπτέα.

γ) Αν η μπλοκ προσφορά ζητείται σε μία τιμή, η οποία ταυτίζεται με την μέση τιμή εκκαθάρισης της αγοράς για τις ώρες που η προσφορά εκτείνεται, τότε η προσφορά μπορεί να γίνει, είτε πλήρως αποδεκτή, είτε πλήρως απορριπτέα.

Τα αντίθετα ισχύουν στην περίπτωση της μπλοκ προσφοράς για έγχυση ισχύος από παραγωγό.

### 2.1.3.2 Μπλοκ προσφορές με προφίλ

Πρόκειται για μπλοκ προσφορές όπου, ορίζονται από μία ενιαία τιμή για όλη την μπλοκ προσφορά και από μία ποσότητα ενέργειας για κάθε χρονική περίοδο, για την οποία η μπλοκ προσφορά διαρκεί. Ωστόσο, σε αντίθεση με τις απλές μπλοκ προσφορές, σε αυτό το είδος, η ποσότητα ενέργειας μπορεί να διαφέρει από τη μία χρονική περίοδο στην άλλη, ενώ παράλληλα οι ώρες, στις οποίες η μπλοκ προσφορά εκτείνεται, ενδέχεται να μην είναι συνεχόμενες. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα να υπάρχει ελάχιστο ποσοστό αποδοχής της μπλοκ προσφοράς μικρότερο από την μονάδα και αυτό σημαίνει πως, η προσφορά μπορεί να γίνει αποδεκτή συνολικά κατά ένα ποσοστό, που θα πρέπει οπωσδήποτε να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το ελάχιστο ποσοστό αποδοχής. Αυτές οι διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις απλές μπλοκ προσφορές, δίνουν την δυνατότητα στους παραγωγούς να προσομοιώσουν καλύτερα τη λειτουργία των Μονάδων Παραγωγής τους και να επιτύχουν με αυτό τον τρόπο υψηλότερα κέρδη. Στην παρακάτω εικόνα, παρατίθεται ένα παράδειγμα μπλοκ προσφοράς με προφίλ, όπου οι ποσότητες δεν είναι ίδιες σε όλες τις χρονικές περιόδους στις οποίες εκτείνεται η μπλοκ προσφορά, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και ελάχιστο ποσοστό αποδοχής, διαφορετικό από τη μονάδα.



Εικόνα 6: Μπλοκ προσφορά με προφίλ(profile block order)

Για την αποδοχή μίας μπλοκ προσφοράς με προφίλ, η οποία υποβάλλεται από εκπρόσωπο φορτίου για ζήτηση ενέργειας ισχύουν τα εξής:

α) Αν η σταθμισμένη, βάσει των ποσοτήτων που ζητούνται από την μπλοκ προσφορά, μέση τιμή εκκαθάρισης της αγοράς για τις ώρες που εκτείνεται η μπλοκ προσφορά, προκύψει μικρότερη από την τιμή στην οποία ζητείται η ενέργεια από την προσφορά, τότε η προσφορά γίνεται πλήρως αποδεκτή.

β) Αν η σταθμισμένη, βάσει των ποσοτήτων που ζητούνται από την μπλοκ προσφορά, μέση τιμή εκκαθάρισης της αγοράς για τις ώρες που εκτείνεται η μπλοκ προσφορά, προκύψει μεγαλύτερη από την τιμή στην οποία ζητείται η ενέργεια από την προσφορά, τότε η προσφορά γίνεται πλήρως απορριπτέα.

γ) Αν η σταθμισμένη μέση τιμή εκκαθάρισης προκύψει ίδια με την τιμή στην οποία υποβάλλεται η προσφορά, τότε αυτή μπορεί να γίνει, είτε πλήρως αποδεκτή, είτε πλήρως απορριπτέα, είτε μερικώς αποδεκτή, σε ένα ποσοστό οπωσδήποτε μεγαλύτερο ή ίσο από το ελάχιστο ποσοστό αποδοχής, που έχει οριστεί κατά την υποβολή της.

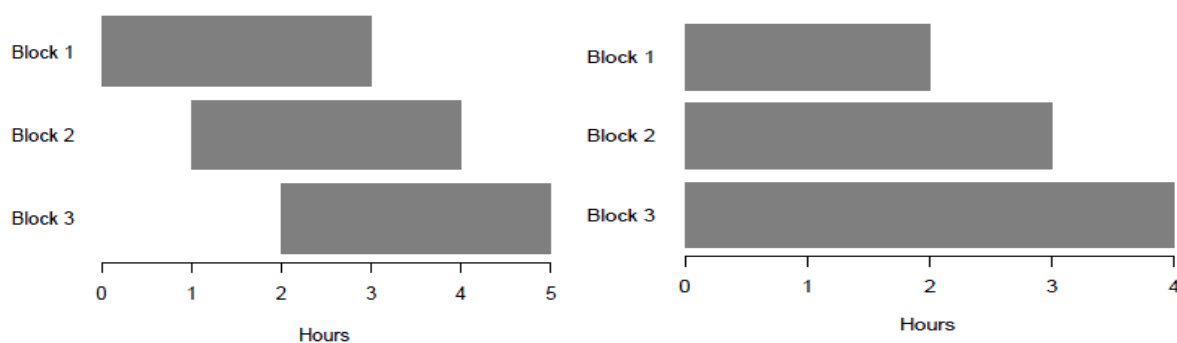
Τα αντίθετα ισχύουν για μία μπλοκ προσφορά με προφίλ, η οποία υποβάλλεται από παραγωγό, δηλαδή από την πλευρά της προσφοράς και όχι της ζήτησης.

### 2.1.3.3 Συνδεδεμένες μπλοκ προσφορές

Οι μπλοκ προσφορές μπορεί να είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει πως, η εκκαθάριση μιας μπλοκ προσφοράς, μπορεί να εξαρτάται από την εκκαθάριση μίας άλλης μπλοκ προσφοράς. Η προσφορά, της οποίας η εκκαθάριση εξαρτάται από κάποια άλλη, ονομάζεται ‘προσφορά παιδί’. Η προσφορά, από την οποία εξαρτάται το ‘παιδί’ λέγεται ‘προσφορά γονέας’ ή ‘γονική προσφορά’. Συνεπώς, όσον αφορά τους κανόνες αποδοχής της συνδεδεμένης μπλοκ προσφοράς, αυτή μπορεί να γίνει αποδεκτή μόνο αν γίνει αποδεκτή και η προσφορά-γονέας της. Επίσης, η ‘προσφορά παιδί’ μπορεί να γίνει αποδεκτή, ακόμα και αν δεν γίνει αποδεκτός ο ‘γονέας’ της, αν και εφόσον το συνολικό πλεόνασμα που προκύπτει και από τις δύο προσφορές έχει θετικό πρόσημο. Για την αποδοχή ή μη της συνδεδεμένης μπλοκ προσφοράς, ισχύει το κριτήριο της εκκαθάρισης των απλών μπλοκ προσφορών και των προσφορών με προφίλ, δηλαδή το κριτήριο της μέσης τιμής εκκαθάρισης, σταθμισμένης ή μη.

### 2.1.3.4 Μπλοκ προσφορές σε αποκλειστική ομάδα

Μία αποκλειστική ομάδα μπλοκ προσφορών, αποτελεί ένα σύνολο μπλοκ προσφορών, για τις οποίες ισχύει ότι, το συνολικό ποσοστό αποδοχής τους δεν μπορεί να ξεπερνά την μονάδα. Αυτό σημαίνει πως, αν πρόκειται για απλές μπλοκ προσφορές με ελάχιστο ποσοστό αποδοχής ίσο με την μονάδα, το πολύ μία από τις προσφορές της αποκλειστικής ομάδας μπορεί να γίνει αποδεκτή. Αξίζει να σημειωθεί πως, από όλα τα σενάρια αποδοχής των προσφορών της αποκλειστικής ομάδας, διαλέγεται αυτό, το οποίο μεγιστοποιεί το κοινωνικό πλεόνασμα. Οι αποκλειστικές ομάδες μπλοκ προσφορών χρησιμεύουν στους παραγωγούς, ούτως ώστε να προσομοιάσουν διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας των Μονάδων Παραγωγής τους, όπως διαφορετικές ώρες εκκίνησης της Μονάδας Παραγωγής τους και διαφορετική χρονική διάρκεια παραγωγής της Μονάδας Παραγωγής. Η παρακάτω εικόνα, αποδίδει σχηματικά τις παραπάνω δυνατότητες.



Εικόνα 7: Μπλοκ προσφορές σε αποκλειστική ομάδα (*exclusive group block orders*), που υλοποιούν διαφορετικές ώρες εκκίνησης και διαφορετική διάρκεια λειτουργίας μιας Μονάδας Παραγωγής

### 2.1.3.5 Ευέλικτες ωριαίες προσφορές

Οι ευέλικτες ωριαίες προσφορές αποτελούν μια κατηγορία μπλοκ προσφορών, οι οποίες υποβάλλονται σε μία τιμή και σε μία ποσότητα και έχουν ελάχιστο ποσοστό αποδοχής ίσο με

τη μονάδα, συνεπώς μπορούν να γίνουν αποδεκτές μόνο ολόκληρες και όχι μερικώς. Επίσης, έχουν διάρκεια μία ώρα και η ώρα της επόμενης ημέρας, στην οποία γίνονται αποδεκτές, δεν καθορίζεται από τον παραγωγό ή τον εκπρόσωπο φορτίου που υποβάλλει την ευέλικτη προσφορά, αλλά από το κριτήριο βελτιστοποίησης του αλγορίθμου επίλυσης της προημερήσιας αγοράς. Ισχύουν και σε αυτό το είδος προσφορών, τα κριτήρια αποδοχής των μπλοκ προσφορών που έχουν προαναφερθεί.

#### 2.1.3.6 Μπλοκ προσφορές με καθοριζόμενη αρχή και τέλος από τον υποβάλλοντα την προσφορά

Αυτού του είδους οι προσφορές, αποτελούν ουσιαστικά, είτε απλές μπλοκ προσφορές, είτε μπλοκ προσφορές με προφίλ, για τις οποίες όμως, ο παραγωγός ή ο εκπρόσωπος φορτίου που τις υποβάλλει για παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, αντίστοιχα, έχει τη δυνατότητα να καθορίσει την ώρα εκκίνησης και την ώρα λήξης, στις οποίες εκτείνεται η μπλοκ προσφορά. Κατά αυτό τον τρόπο, ο παραγωγός μπορεί να ρυθμίσει ακριβώς την ώρα εκκίνησης και την ώρα σβέσης της Μονάδας Παραγωγής του. Όσον αφορά τους κανόνες αποδοχής τους, ισχύουν όσα προαναφέρθηκαν για τις μπλοκ προσφορές στις προηγούμενες παραγράφους. Αυτό το είδος μπλοκ προσφορών, χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό στην παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς θεωρήθηκε πως οι παραγωγοί μπορούν να υποβάλλουν προγράμματα παραγωγής, ανάλογα με τις προθέσεις τους και τη διαθεσιμότητα των Μονάδων Παραγωγής τους.

#### 2.1.3.7 Περίπτωση Παραδόξως Αποδεκτών Μπλοκ Προσφορών

Ένα στοιχείο, το οποίο πρέπει να τονιστεί είναι, η πιθανότητα αποδοχής μίας μπλοκ προσφοράς από τον αλγόριθμο, η οποία οδηγεί στην μεγιστοποίηση του συνολικού κοινωνικού πλεονάσματος, ωστόσο, προκαλεί ζημία σε αυτόν που την υπέβαλλε, καθώς δεν πληροί τις συνθήκες αποδοχής της, όπως αυτές αναλύθηκαν παραπάνω. Στην περίπτωση αυτή, η μπλοκ προσφορά ορίζεται ως Παραδόξως Αποδεκτή Μπλοκ Προσφορά (Paradoxically Accepted Block-PAB). Μία τέτοια περίπτωση αντιμετωπίζεται ρυθμιστικά σε κρατικό επίπεδο, είτε με την πρόβλεψη της κάλυψης της ζημίας του παραγωγού που προέκυψε από την εκκαθάριση της αγοράς, είτε επιβάλλεται η επαναληπτική επίλυση του αλγορίθμου, με στόχο την εξάλειψη των PABs και κατ' επέκταση της ζημίας στους συμμετέχοντες στην αγορά ενέργειας, κατά τη διαδικασία της εκκαθάρισης της αγοράς.

## 2.2 Χώρες χρησιμοποίησης των διαφόρων ειδών προσφορών ενέργειας

Οι μπλοκ προσφορές εμφανίζονται στις σκανδιναβικές χώρες και υποβάλλονται στο αντίστοιχο Χρηματιστήριο Ενέργειας, το Nordpool Spot, ενώ χρησιμοποιούνται και στην κέντρο-δυτική Ευρώπη και συνεπώς, μπορούν να υποβληθούν στα Χρηματιστήρια, APX, Belpex και Erexspot, που λειτουργούν στην κέντρο-δυτική Ευρώπη. Επίσης, οι σύνθετες προσφορές (προσφορές κλίσης φορτίου και προσφορές ελαχίστου εισοδήματος) χρησιμοποιούνται και υποβάλλονται στο OMIE, το οποίο αποτελεί το Χρηματιστήριο, που δραστηριοποιείται στην Ιβηρική Χερσόνησο και περιλαμβάνει τις χώρες της Ισπανίας και της Πορτογαλίας.

### **3 Πορεία προς την ενοποίηση των Ευρωπαϊκών Αγορών Ενέργειας**

#### **3.1 Ιστορική Αναδρομή**

Μία πρώτη προσπάθεια ενοποίησης αγορών ενέργειας, πραγματοποιήθηκε το 1996 από τα Χρηματιστήρια Ενέργειας στη Σουηδία και τη Νορβηγία, τα οποία δημιούργησαν μία κοινή πλατφόρμα, το Nordic Market Splitting, που αργότερα μετονομάστηκε σε NordPool και αποτελεί μέχρι και σήμερα, το μοναδικό Χρηματιστήριο που λειτουργεί στις Σκανδιναβικές χώρες. Σε αυτή την πλατφόρμα, εντάχθηκαν το 1999 η Φινλανδία και η Δυτική Δανία και το 2000 η Ανατολική Δανία και έτσι, ενσωματώθηκαν όλες οι χώρες της Σκανδιναβικής περιφέρειας. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε, είναι η Διάσπαση της Αγοράς (Market Splitting), καθώς το Χρηματιστήριο NordPool είναι υπεύθυνο για όλη την Σκανδιναβική περιφέρεια και εκκαθαρίζει την αγορά, προσδιορίζοντας τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών που συμμετέχουν. Αν η μεταφορική ικανότητα των διασυνδέσεων δεν επαρκεί για τη μεταφορά των ποσοτήτων που εκκαθαρίστηκαν, δημιουργούνται διάφορες ζώνες με διαφορετική τιμή εκκαθάρισης και αυτό εξηγεί την ονομασία, ‘Διάσπαση της Αγοράς’, καθώς διαμορφώνονται διάφορες ζώνες τιμών ανά περιοχή.

Μία άλλη προσπάθεια ενοποίησης, πραγματοποιήθηκε το 2006, με την ενοποίηση των αγορών της Γαλλίας, της Ολλανδίας και του Βελγίου. Η σύζευξη αυτή ονομάστηκε Τριμερής Σύζευξη Αγορών (Trilateral Market Coupling) και αποτελεί μία μορφή Σύζευξης Τιμών των παραπάνω αγορών. Ο όρος ‘Σύζευξη’ αναφέρεται ακριβώς στην σύζευξη των επιμέρους αγορών, μέσω μιας κοινής πλατφόρμας Έμμεσων Δημοπρασιών, που διοργανώνεται ταυτόχρονα από τα Χρηματιστήρια Ενέργειας, των τριών αυτών χωρών. Η πρωτοβουλία της Τριμερούς Σύζευξης, οδήγησε σε καλύτερη αξιοποίηση και δικαιότερη και πιο καθολική πρόσβαση στις διασυνδέσεις μεταξύ των χωρών αυτών, δημιουργώντας τις συνθήκες και για την προσάρτηση ακόμα περισσότερων αγορών στο εγχείρημα αυτό.

Επίσης, το 2007 συνενώθηκαν οι αγορές της Ισπανίας και της Πορτογαλίας, δημιουργώντας την Ιβηρική Αγορά Ενέργειας, που ονομάστηκε MIBEL (Iberian Electricity Market). Εδώ, χρησιμοποιήθηκε όπως και στις Σκανδιναβικές χώρες, το μοντέλο της Διάσπασης της Αγοράς (Market Splitting).

Παράλληλα, το 2008 ιδρύθηκε η Central Allocation Office με στόχο τη διαχείριση της συμφόρησης στις διασυνδετικές γραμμές της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης. Ακόμα, το 2009 πραγματοποιήθηκε η σύζευξη Γερμανίας και Δανίας (Nordic), οδηγώντας σε εναρμόνιση των τιμών ενέργειας των δύο χωρών.

Μία ιδιαίτερη εξέλιξη προς την κατεύθυνση της ενοποιημένης Ευρωπαϊκής Αγοράς, πραγματοποιήθηκε το 2010, όταν και συντελέστηκε η Πενταμερής Σύζευξη Τιμών των αγορών της Κέντρο-Δυτικής Ευρώπης (Central Western Europe), συμπεριλαμβανομένων των αγορών της Γαλλίας, της Ολλανδίας, του Λουξεμβούργου, της Γερμανίας και του Βελγίου, ως συνέχεια της Τριμερούς Σύζευξης. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την εκκαθάριση της ενοποιημένης αγοράς, ονομάστηκε COSMOS.

Στα πλαίσια αυτά, πραγματοποιήθηκε επίσης το 2010, η Προσωρινή Σφικτή Σύζευξη Ποσοτήτων (Tight Interim Volume Coupling) μεταξύ των χωρών της Κέντρο-Δυτικής περιφέρειας και της Nordic. Έτσι, κάτω από τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Εταιρείας Σύζευξης Αγορών (European Market Coupling Company-EMCC), η οποία ανέλαβε ρόλο Υπέρ-Λειτουργού της Αγοράς, πραγματοποιούνταν η εκκαθάριση της αγοράς και ο προσδιορισμός των ροών στις διασυνδέσεις μεταξύ των χωρών. Στη συνέχεια, το κάθε Χρηματιστήριο πραγματοποιούσε τον υπολογισμό των τιμών εκκαθάρισης για την αγορά λειτουργίας του, υιοθετώντας κατά την εκκαθάριση τις ροές που προέκυψαν από την



εκκαθάριση του Υπέρ-Λειτουργού. Η ενοποίηση αυτή πραγματοποιήθηκε, ως ένα ενδιάμεσο βήμα για τον τελικό στόχο της Σύζευξης Τιμών (Price Coupling) μεταξύ των αγορών.

Ακόμα, στο τέλος του 2010, πραγματοποιήθηκε Σύζευξη Τιμών μεταξύ της Πολωνίας και της Σκανδιναβικής περιφέρειας, ενώ το 2011 άρχισε η Σύζευξη Τιμών της Νορβηγίας με την Ολλανδία και της Ιταλίας με τη Σλοβενία.

Το 2012 έλαβε χώρα και υπογράφηκε, η πρωτοβουλία της Σύζευξης Τιμών των Περιφερειών (Price Coupling of Regions-PCR) με τη συμμετοχή 7 Χρηματιστηρίων Ενέργειας (APX, BELPEX, EPEXSPOT, GME, OMIE, OTE, NORDPOOL) και τη συμμετοχή των χωρών της Αυστρίας, του Βελγίου, της Γαλλίας, της Γερμανίας, της Δανίας, της Εσθονίας, της Ισπανίας, της Ιταλίας, του Ηνωμένου Βασιλείου, της Λετονίας, της Λιθουανίας, του Λουξεμβούργου, της Νορβηγίας, της Ολλανδίας, της Πολωνίας, της Πορτογαλίας, της Σλοβενίας, της Σουηδίας, της Τσεχίας και της Φινλανδίας, δηλαδή 20 χωρών της Ευρώπης.

Ένα από τα βασικά στοιχεία αυτής της Σύζευξης Τιμών, που αποτελεί και τη μεγαλύτερη πρωτοβουλία για ενοποίηση αγορών μέχρι τώρα, είναι η χρησιμοποίηση ενός κεντρικού αλγορίθμου, στον οποίο θα εκκαθαρίζονται από κοινού οι συζευγμένες αγορές και θα προσδιορίζονται οι ροές στις διασυνδέσεις, αλλά και οι τιμές εκκαθάρισης των επιμέρους χωρών-αγορών που συμμετέχουν στην ενοποίηση. Ο αλγόριθμος αυτός ονομάστηκε EUPHEMIA (Pan-European Hybrid Electricity Market Integration Algorithm) και αποτελεί μία επέκταση του αλγορίθμου COSMOS, ο οποίος και χρησιμοποιήθηκε για τη Σύζευξη Τιμών των χωρών της Κέντρο-Δυτικής Ευρώπης, όπως προαναφέρθηκε.

Η Σύζευξη Τιμών τελικά τέθηκε σε πλήρη εφαρμογή, στις 4 Φεβρουαρίου του 2014 και συνένωσε σε μία αγορά, τις αγορές της Βόρειο-Δυτικής περιφέρειας της Ευρώπης και της Νότιο-Δυτικής περιφέρειας.

Στα τέλη του 2012, άρχισε να υλοποιείται η Σύζευξη Τιμών (Price Coupling) της Κέντρο-Ανατολικής Ευρωπαϊκής περιφέρειας και συμπεριελάμβανε τις προ-ημερήσιες αγορές της Τσεχίας, της Σλοβακίας και της Ουγγαρίας. Παράλληλα, σχεδιάστηκε η περαιτέρω επέκταση με τη σύζευξη των προ-ημερήσιων αγορών της Ρουμανίας και της Πολωνίας, σχηματίζοντας τελικά, μία Πενταμερή Σύζευξη Αγορών.

## 3.2 Νομοθετικό Πλαίσιο - Κανονισμοί και Οδηγίες για την απελευθέρωση και ενοποίηση των Ευρωπαϊκών Αγορών Ενέργειας

### 3.2.1 Πρώτο ενεργειακό πακέτο

Το πρώτο ενεργειακό πακέτο, δημιουργήθηκε το 1996, συμπεριλαμβάνοντας και σχετική Οδηγία (96/92/EK) και περιελάμβανε κανόνες για την υποχρέωση των κρατών-μελών να πραγματοποιήσουν άνοιγμα των αγορών ενέργειας, με στόχο της εδραίωση ενός ανταγωνιστικού συστήματος στη θέση του προγενέστερου μονοπωλιακού, που επικρατούσε στη συντριπτική πλειοψηφία των χωρών της Ευρώπης, μέχρι τότε. Παράλληλα, προωθούσε την υποχρέωση για τη μετατροπή του συστήματος παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας σε ανταγωνιστικό και την παραμονή των συστημάτων μεταφοράς και διανομής σε μονοπωλιακό πλαίσιο. Κατά αυτό τον τρόπο, αποτέλεσε τον πρώτο θεμέλιο λίθο για τη δημιουργία απελευθερωμένων αγορών ενέργειας και στη συνέχεια, σε δεύτερο χρόνο την ενοποίηση των Ευρωπαϊκών αγορών ενέργειας.

### 3.2.2 Δεύτερο ενεργειακό πακέτο

Στο δεύτερο ενεργειακό πακέτο περιλαμβάνονταν η Οδηγία (2003/54/EC) και ο Κανονισμός (1228/2003/EC).

Σύμφωνα με την Οδηγία (2003/54/EC), θεσπίζονται κάποιοι κοινοί κανόνες που αναφέρονται στην συνολική ανάπτυξη του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και αφορούν τους τομείς της παραγωγής, της μεταφοράς, της διανομής και της προμήθειας της ηλεκτρικής ενέργειας. Θεσπίζονται, λοιπόν, κανόνες που αφορούν την γενικότερη οργάνωση και ανάπτυξη του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, τη διαχείριση των διασυνδέσεων, αλλά και τα κριτήρια εισόδου στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό (1228/2003/EC), θεσπίζονται συγκεκριμένοι και δίκαιοι κανόνες για τη διαχείριση των διασυνδέσεων και κατά αυτό τον τρόπο, στόχος είναι η τόνωση της ανταγωνιστικότητας, με την δημιουργία μοντέλων διαχείρισης των διασυνοριακών διασυνδέσεων, προσαρμοσμένα προς την κατεύθυνση της αγοράς και στοχεύοντας στην καλύτερη αξιοποίηση των διασυνδέσεων.

### 3.2.3 Πρόταση Αποκεντρωμένης Σύζευξης Αγορών των Ευρωπαϊκών Χρηματιστηρίων

Προτείνεται το μοντέλο της Έμμεσης Δημοπράτησης των δικαιωμάτων μεταφορικής ικανότητας, μέσα από μία πρόταση των Χρηματιστηρίων Ενέργειας το 2003. Πρόκειται ουσιαστικά, για ένα μοντέλο συνένωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και της αγοράς των Φυσικών Δικαιωμάτων Μεταφοράς, με στόχο την βελτίωση της διαχείρισης των διασυνδετικών γραμμών. Η πρόταση αυτή έρχεται σε αντίθεση με το μοντέλο της Άμεσης Δημοπρασίας, που χρησιμοποιούταν μέχρι τότε στις Ευρωπαϊκές Αγορές. Κατά αυτό τον τρόπο, δεν κατατίθενται πλέον άμεσες προσφορές για αγορά δικαιωμάτων μεταφορικής ικανότητας, αλλά μόνο προσφορές ενέργειας από τους συμμετέχοντες στην αγορά. Κατά την εκκαθάριση της αγοράς, προκύπτουν οι τιμές εκκαθάρισης, οι οποίες περιλαμβάνουν το κόστος της παραγόμενης ενέργειας, αλλά και το κόστος συμφόρησης των διασυνδέσεων, το οποίο δίνεται πλέον με έμμεσο τρόπο.

### 3.2.4 11<sup>η</sup> Συνεδρίαση του Φόρουμ της Φλωρεντίας

Κατά τη συνεδρίαση αυτή το 2004, οι Ευρωπαϊκοί Διαχειριστές Συστημάτων Μεταφοράς (European Transmission System Operators - ETSO) και ο EuroPex (Ευρωπαϊκός Σύνδεσμος Ανταλλαγής Ενέργειας) προτείνουν, το μοντέλο προσδιορισμού της μεταφορικής ικανότητας των Ευρωπαϊκών διασυνδέσεων, βασιζόμενο στη ροή ενέργειας (Flow-Based Market Coupling), το οποίο παρείχε μια καλύτερη εικόνα του δικτύου μεταφοράς. Μέσω αυτού του μοντέλου, όπως έχει περιγραφεί και προγενέστερα στην εργασία, επιτυγχάνεται καλύτερη χρησιμοποίηση των διασυνδέσεων και μεγιστοποιείται το συνολικό κοινωνικό πλεόνασμα.

### 3.2.5 ERGEG – Άμεσες και Έμμεσες Δημοπρασίες

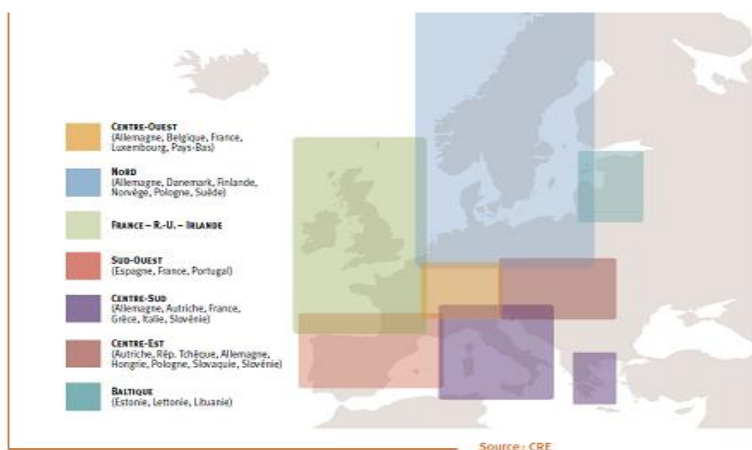
Οι Ευρωπαίοι Ρυθμιστές Ηλεκτρικής Ενέργειας και Φυσικού Αερίου (European Regulator's Group for Electricity and Gas – ERGEG), αναγνώρισαν το 2005, δύο βασικά μοντέλα για τη διαχείριση των συμφορήσεων στις διασυνδετικές γραμμές. Το μοντέλο των Άμεσων

Δημοπρασιών (Explicit Auctions) και το μοντέλο των Έμμεσων Δημοπρασιών (Implicit Auctions). Οι Έμμεσες Δημοπρασίες μπορούσαν να υλοποιηθούν, είτε με το μηχανισμό της Διάσπασης της Αγοράς, είτε με το μηχανισμό της Σύζευξης της Αγοράς, με τη χρησιμοποίηση του μοντέλου υπολογισμού βασιζόμενου στη ροή ενέργειας στους κόμβους του δικτύου μεταφοράς (Flow-Based Market Coupling). Παράλληλα, ο ERGEG προώθησε το μοντέλο της Ανοιχτής Σύζευξης Αγορών (Open Market Coupling), ως ένα συνδυασμό των μοντέλων των Άμεσων Δημοπρασιών και των Έμμεσων Δημοπρασιών, για τη διαχείριση των συμφορήσεων στις διασυνδεδεμένες γραμμές του δικτύου μεταφοράς. Ταυτόχρονα, προτάθηκε και ο διαχωρισμός της Ευρωπαϊκής ηπείρου σε περιφέρειες, διαχωρισμός που στηρίζεται σε γεωγραφικά κριτήρια και είχε στόχο την καλύτερη επικοινωνία μεταξύ των χωρών και τη δημιουργία ενός κοινού τρόπου διαχείρισης των συμφορήσεων στις διασυνδέσεις.

### 3.2.6 Απόφαση για Περιφερειακές Πρωτοβουλίες

Σε συνέχεια της πρότασης από τον ERGEG για το σχηματισμό επιμέρους περιφερειών στην Ευρώπη, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή την έκανε αποδεκτή και έτσι, δημιουργήθηκαν 7 περιφέρειες, με στόχο της ανάπτυξη από την πλευρά κάθε περιφέρειας και μετά από διαβούλευση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ Ρυθμιστικών Αρχών, Κρατών και άλλων ενδιαφερόμενων, Περιφερειακών Πρωτοβουλιών σε κάθε περιφέρεια. Οι Πρωτοβουλίες αυτές στοχεύουν, στην βέλτιστη ανάπτυξη των επιμέρους περιφερειακών αγορών ενέργειας και σε δεύτερο χρόνο, στη δημιουργία της ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς Ενέργειας (Internal Electricity Market - IEM). Οι 7 περιφέρειες είναι οι εξής:

- α) Περιφέρεια Κέντρο-Ανατολικής Ευρώπης, όπου συμπεριλαμβάνονται οι: Αυστρία, Γερμανία, Ουγγαρία, Πολωνία, Σλοβακία, Σλοβενία και Τσεχία.
- β) Περιφέρεια Βαλτικής, όπου περιλαμβάνονται οι: Εσθονία, Λετονία και Λιθουανία.
- γ) Περιφέρεια Κέντρο-Νότιας Ευρώπης, όπου συμπεριλαμβάνονται οι: Αυστρία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ιταλία και Σλοβενία.
- δ) Περιφέρεια Βόρειας Ευρώπης, όπου συμπεριλαμβάνονται οι: Γερμανία, Δανία, Νορβηγία, Πολωνία, Σουηδία και Φινλανδία.
- ε) Περιφέρεια Κέντρο-Δυτικής Ευρώπης, με συμμετοχή των: Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Λουξεμβούργο και Ολλανδία.
- στ) Περιφέρεια Νότιο-Δυτικής Ευρώπης, με τη συμμετοχή των: Γαλλία, Ισπανία, Πορτογαλία.
- ζ) Περιφέρεια Ηνωμένου Βασιλείου, Γαλλίας και Ιρλανδίας.



Εικόνα 8: Ευρωπαϊκές Περιφέρειες, σύμφωνα με το πρόγραμμα των Περιφερειακών Πρωτοβουλιών (Regional Initiatives- Πηγή: [www.cre.fr](http://www.cre.fr))

### 3.2.7 Τρίτο ενεργειακό πακέτο

Το τρίτο ενεργειακό πακέτο, αποτέλεσε ένα ακόμα βήμα προς την πορεία της ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς Ενέργειας, καθώς παρά τους κοινούς κανόνες που είχαν επιβληθεί από τα δύο πρώτα ενεργειακά πακέτα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αποφάσισε το 2009 να επιβάλλει επιπλέον κανόνες, οι οποίοι στόχευαν στην περαιτέρω αξιοποίηση και ενίσχυση των περιφερειακών αγορών ενέργειας, με ταυτόχρονη υποστήριξή τους από τις Ρυθμιστικές Αρχές και τους Διαχειριστές των Συστημάτων.

Στα πλαίσια αυτά, το τρίτο ενεργειακό πακέτο περιελάμβανε τον Κανονισμό 713/2009, που αποσκοπούσε στην δημιουργία της Υπηρεσίας Συνεργασίας των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας (Agency for the Cooperation of Energy Regulators – ACER). Η Υπηρεσία αυτή έχει αρμοδιότητες που αφορούν, στον περαιτέρω συντονισμό και συνεργασία των Εθνικών Ρυθμιστικών Αρχών των κρατών-μελών της Ευρώπης, αλλά και την δημιουργία κοινών πρακτικών αντιμετώπισης σε θέματα, όπως η διαχείριση των διασυνδεδετικών γραμμών και των συμφορήσεων, στα πλαίσια της προσπάθειας για την ενοποιημένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Εγκαθιδρύθηκε το 2010, σε συνέχεια της πρόβλεψης για τη δημιουργία της το 2009.

Παράλληλα, με την έκδοση της Οδηγίας (2009/72/EC), θεσπίστηκαν κοινοί κανόνες για όλους τους τομείς της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και αναφέρονταν στην οργάνωση των αγορών ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα επιβλήθηκαν κανόνες που είχαν να κάνουν με την ελεύθερη πρόσβαση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, με στόχο την περαιτέρω απελευθέρωσή της και την δημιουργία περισσότερο ανταγωνιστικών αγορών.

Ακόμα, συμπεριλαμβανόταν στο τρίτο ενεργειακό πακέτο και ο Κανονισμός 714/2009, ο οποίος προδιέγραφε την δημιουργία του Ευρωπαϊκού Δικτύου των Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς (European Network of Transmission System Operators – ENTSO-E), ούτως ώστε να αναλάβει τα καθήκοντα της ένωσης των Ευρωπαϊκών Διαχειριστών των Συστημάτων Μεταφοράς (European Transmission of System Operators – ETSO). Στόχο αυτού του Δικτύου Διαχειριστών αποτελεί, η ακόμα καλύτερη διαχείριση των Ευρωπαϊκών διασυνδεδετικών γραμμών μεταφοράς, αλλά και η βελτιστοποίηση του συντονισμού των Εθνικών Διαχειριστών των Συστημάτων Μεταφοράς, σε ενέργειες που αποσκοπούν στην καλύτερη λειτουργία του Ευρωπαϊκού Συστήματος Μεταφοράς. Ο ENTSO-E αποτελείται από 41 Διαχειριστές Συστημάτων Μεταφοράς, από 34 χώρες της Ευρώπης, των οποίων την δράση έχει αποστολή να συντονίζει.

### 3.2.8 Μοντέλο Στόχος (Target Model)

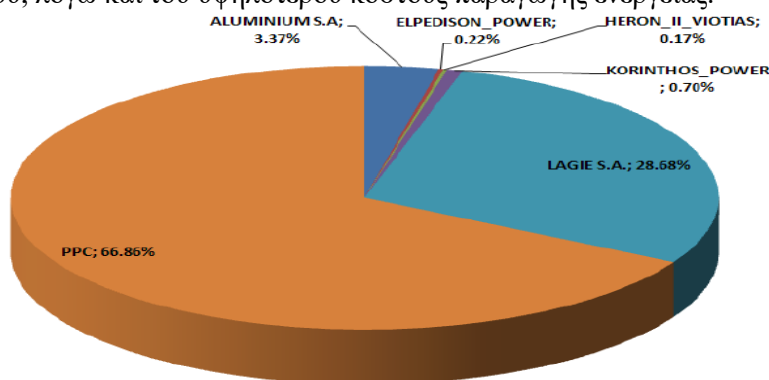
Η κορύφωση των προσπάθειών για την υλοποίηση της ενιαίας Ευρωπαϊκής Εσωτερικής Αγοράς Ενέργειας (Internal Electricity Market – IEM), οδήγησε στη δημιουργία του Μοντέλου Στόχου, στα τέλη του 2009, που αποτελεί ένα μοντέλο σύμφωνα με το οποίο, θα πρέπει να εναρμονιστούν όλες οι αγορές ενέργειας της Ευρώπης και προσδιορίζει τον τρόπο που θα πρέπει να οργανωθούν διάφοροι τομείς της ηλεκτρικής αγοράς των κρατών-μελών. Κάποιοι από αυτούς τους τομείς είναι, οι μέθοδοι κατανομής της μεταφορικής ικανότητας των γραμμών, η δημιουργία προ-ημερήσιας αγοράς (day-ahead market), η δημιουργία ενδο-ημερήσιας αγοράς (intraday market), προθεσμιακής αγοράς (forward market), αλλά και αγοράς εξισορρόπησης των αποκλίσεων (balancing market). Η ανάπτυξη αυτών των αγορών και μάλιστα κάτω από συγκεκριμένους κανόνες, κρίνεται δεσμευτική για όλες τις χώρες, καθώς μόνο με αυτό τον τρόπο θα καταστεί εφικτή η ενιαία Ευρωπαϊκή Αγορά Ενέργειας.

## 4 Οργάνωση του Συστήματος Ενέργειας στην Ελλάδα

### 4.1 Παρούσες συνθήκες στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

Σύμφωνα με την παρούσα οικονομική κατάσταση στην Ελλάδα, η οποία επηρεάζει έντονα την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο σε βραχυπρόθεσμο πλαίσιο, όσο και σε μεσοπρόθεσμο πλαίσιο, καθίσταται αναγκαία η σταδιακή άρση των αστοχιών της αγοράς, που προκύπτουν από την αδυναμία υποστήριξης και χρηματοδότησης κατάλληλων επενδύσεων και υποδομών που χρειάζονται. Μέχρι πρόσφατα, ο μηχανισμός αντιμετώπισης των αστοχιών βασιζόταν σε ορισμένα μέτρα, όπως ο Μηχανισμός Διασφάλισης Ισχύος. Αντίθετα, στα πλαίσια της συμμετοχής της χώρας στο Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχου (European Target Model) για την προσπάθεια ενοποίησης των Ευρωπαϊκών Χονδρεμπορικών Αγορών Ενέργειας, οι αστοχίες αυτές θα πρέπει να αντιμετωπίζονται στα πλαίσια μιας ανταγωνιστικής αγοράς, όπως προβλέπεται και από τον Κανονισμό (ΕΚ) 714/2009 και την Οδηγία (2009/72/ΕΚ) και τα οποία θέτουν αυστηρά για την κάθε χώρα τους όρους ανάπτυξης της αγοράς ενέργειας και περιορίζουν σε μεγάλο βαθμό την ελευθερία της, ως προς την επιλογή και τον σχεδιασμό της ενεργειακής αγοράς της. Σε συνέχεια και προς συμμόρφωση με τον εν λόγω Κανονισμό, η Ελλάδα προέβη σε δημιουργία και σύσταση του ΑΔΜΗΕ Α.Ε. , ως ανεξάρτητου διαχειριστή του ενεργειακού συστήματος μεταφοράς αναλαμβάνοντας τη συντήρηση, τη διαχείριση, εκμετάλλευση, αλλά και την περαιτέρω ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφοράς στην Ελλάδα.

Όσον αφορά τη διάρθρωση του ενεργειακού συστήματος της Ελλάδας, σύμφωνα με στοιχεία από τον ΑΔΜΗΕ Α.Ε. , προκύπτει πως, η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) συμμετέχει σε ποσοστό περίπου 80% στη συνολική παραγωγή της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ παράλληλα κατέχει ποσοστό προμήθειας της ηλεκτρικής ενέργειας άνω του 90%, στα πλαίσια της χονδρεμπορικής αγοράς ενέργειας. Επίσης, παρατηρείται αποκλειστική πρόσβαση της Δ.Ε.Η. στα εγχώρια κοιτάσματα λιγνίτη, αλλά και στους υδάτινους πόρους της χώρας, η παραγωγή των οποίων αθροιστικά ανέρχεται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% της συνολικής εγχώριας παραγωγής ενέργειας. Συνεπώς, οι εν δυνάμει ανταγωνιστές της Δ.Ε.Η. στην χονδρεμπορική αγορά ενέργειας, οδηγούνται στην δημιουργία Σταθμών Παραγωγής με κύριο καύσιμο το φυσικό αέριο. Ωστόσο, όσον αφορά το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενός Σταθμού Παραγωγής ενέργειας, προκύπτει πως, για τους Σταθμούς φυσικού αερίου και αναλόγως με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι περίπου 20-40€/MWh μεγαλύτερο, σύμφωνα και με τις προσφορές που κατατέθηκαν στα πλαίσια του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού, από το κόστος παραγωγής του λιγνίτη. Συνεπώς, καθίσταται δύσκολη η ανταγωνιστική προσφορά τιμών των Σταθμών φυσικού αερίου, λόγω και του υψηλότερου κόστους παραγωγής ενέργειας.



Εικόνα 9: Ποσοστό της ισχύος ανά παραγωγό, προς το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα

Παρατηρείται πως, η Δ.Ε.Η (PPC) κατέχει το συντριπτικό ποσοστό του μεριδίου της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αν αναλογιστεί κανείς πως, το ποσοστό που ανήκει στον ΛΑΓΗΕ, είναι εικονικό καθώς αναφέρεται στο ποσοστό υποχρεωτικής εισόδου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο σύστημα και συνεπώς ο ΛΑΓΗΕ συμμετέχει ως παραγωγός στο σύστημα, καθώς οι πιστώσεις για την παραγωγή των ΑΠΕ μεταφέρονται σε ειδικό λογαριασμό που διατηρεί (Άρθρο 40 ν.2773/1999). Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται και στον τομέα της προμήθειας, με την Δ.Ε.Η να κατέχει ποσοστό άνω του 90% στην προμήθεια ενέργειας και κατά αυτό τον τρόπο, να κατέχει ουσιαστικά, μονοπωλιακή θέση στον τομέα της προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας.

#### 4.2 Ανάπτυξη της Αγοράς της Επόμενης Ημέρας στην Ελλάδα

Η Προ-Ημερήσια Αγορά αναπτύσσεται στην Ελλάδα, ως Κοινοπραξία Υποχρεωτικής Συμμετοχής (Mandatory Pool). Συνεπώς, δεν επιτρέπεται η σύναψη διμερών συμβολαίων μεταξύ των συμμετεχόντων στην αγορά. Η αγορά αποτελεί και τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό (HEΠ), όπου καθορίζονται οι εγχύσεις των Μονάδων Παραγωγής στο σύστημα και οι εισαγόμενες ποσότητες ενέργειας, για την επόμενη ημέρα (κεντρική κατανομή). Οι προσφορές που υποβάλλονται από τις Μονάδες Παραγωγής είναι απλές, αναφέρονται σε μία Μονάδα Παραγωγής, πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων της Μέγιστης και Ελάχιστης Διοικητικά Οριζόμενης Τιμής Προσφοράς, ενώ μαζί με αυτές υποβάλλονται και όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά της Μονάδας Παραγωγής, ούτως ώστε να ληφθούν υπόψη κατά την εκκαθάριση της αγοράς. Ο αλγόριθμος που επιλύει την αγορά, λαμβάνει υπόψη του όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Μονάδων και έχει κατεύθυνση την μεγιστοποίηση του κοινωνικού πλεονάσματος όλων των συμμετεχόντων της αγοράς, με βελτιστοποίηση, τόσο των εγχύσεων, απορροφήσεων ενέργειας, όσο και των εφεδρειών ενέργειας για την κάθε ώρα της επόμενης ημέρας. Τέλος, η ενέργεια που εντάσσεται στο σύστημα από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, όσο και ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας από Υδροηλεκτρικές Μονάδες παραγωγής, σύμφωνα και με την πρόβλεψη του Διαχειριστή, αλλά και τα στοιχεία που υποβάλλονται από τους ιδιοκτήτες τους, εντάσσεται στο σύστημα ανελαστικά ως προς την τιμή, ως σταθερή ποσότητα, δηλαδή ως υποχρεωτική έγχυση.

#### 4.3 Αναδιοργάνωση και μετασχηματισμός της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

Στα πλαίσια της Οδηγίας (2009/72/EK) και του Κανονισμού (ΕΚ) 714/2009 από την Ευρωπαϊκή Ένωση, επιβάλλεται να συντελεστούν κάποιες μεταρρυθμίσεις στο ενεργειακό σύστημα της χώρας, με στόχο την εναρμόνιση με τις εν λόγω Ευρωπαϊκές Οδηγίες και Κανονισμούς για την ενοποίηση των Ευρωπαϊκών Αγορών Ενέργειας.

Σημαντικό στόχο των διαρθρωτικών αλλαγών του ενεργειακού συστήματος, αποτελεί η ανάπτυξη ενός καθεστώτος ανταγωνισμού στη θέση του ολιγοπωλιακού καθεστώτος που επικρατεί αυτή τη στιγμή στο ενεργειακό σύστημα της χώρας. Στα πλαίσια αυτά, θα επιτραπεί σε νέους επενδυτές η ισότιμη είσοδός τους στην παραγωγή και προμήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας, με στόχο την βελτίωση της λειτουργίας της αγοράς ενέργειας και την παροχή ελκυστικότερων τιμών ενέργειας στους καταναλωτές της αγοράς, μέσω του ανταγωνισμού. Κατά αυτό τον τρόπο, θα γίνει στροφή προς την κατεύθυνση της μείωσης του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας, μέσω της ανταγωνιστικής παρουσίας πολλών ισχυρών επιχειρήσεων που θα δραστηριοποιούνται στον ενεργειακό τομέα

και κατά συνέπεια, η επίτευξη μεγαλύτερης ανταγωνιστικότητας της Ελληνικής αγοράς ενέργειας, συγκριτικά με άλλες Ευρωπαϊκές αγορές ενέργειας. Συνεπώς, κάτω από αυτές τις συνθήκες θα δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις για την εναρμόνιση της αγοράς ενέργειας της Ελλάδας με τους κανόνες του ρυθμιστικού πλαισίου για την εγκαθίδρυση μιας ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς (Internal Electricity Market), όπως αυτή έχει προσδιορισθεί από το Μοντέλο Στόχου (Target Model).

Αναλυτικότερα, για την Ελλάδα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Μοντέλου Στόχου και έπειτα από εισηγητική πρόταση και σχετική μελέτη, των ΡΑΕ – ΑΔΜΗΕ – ΛΑΓΗΕ, θα πρέπει να υλοποιηθούν τα παρακάτω βήματα:

- 1) Δημιουργία προθεσμιακής αγοράς ενέργειας, δηλαδή αγοράς προϊόντων υποχρεωτικής φυσικής παράδοσης (forward market).
- 2) Δυνατότητα σύναψης διμερών συμβολαίων ανάμεσα στους παραγωγούς και τους προμηθευτές και εκτός της ημερήσιας αγοράς ενέργειας.
- 3) Διατήρηση του Κεντρικού Προγραμματισμού και της Κεντρικής Κατανομής των Μονάδων Παραγωγής, στις αρμοδιότητες του Διαχειριστή του Συστήματος.
- 4) Προσφορές ενέργειας στα πρότυπα των ήδη ενοποιημένων αγορών ενέργειας, της Βορειοδυτικής και Κεντρικής Ευρώπης (μπλοκ προσφορές, σύνθετες προσφορές, απλές ωριαίες προσφορές κ.α.).
- 5) Προσφορές ενέργειας ανά Μονάδα Παραγωγής και όχι ανά χαρτοφυλάκιο του παραγωγού.
- 6) Τροποποίηση του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού (HEΠ), με απαλοιφή των περιορισμών των Μονάδων Παραγωγής και του Συστήματος Μεταφοράς κατά την επίλυση της αγοράς.
- 7) Δημιουργία ενδο-ημερήσιας αγοράς ενέργειας (intraday market), κατά την οποία οι συμμετέχοντες στην αγορά παραγωγοί και καταναλωτές – προμηθευτές φορτίου μπορούν να μεταβάλουν την καθαρή θέση τους, ούτως ώστε να μην υπόκεινται σε ποινές, λόγω της διαφοράς της καθαρής θέσης τους και των πωλούμενων ή αγορασθεισών ποσοτήτων σε πραγματικό χρόνο.
- 8) Δημιουργία αγοράς επικουρικών υπηρεσιών (Auxiliary Services) για την διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας του Συστήματος Μεταφοράς, μέσω της ύπαρξης των κατάλληλων εφεδρειών ενέργειας.
- 9) Δημιουργία αγοράς Εξισορρόπησης Ενέργειας (Balancing Market), όπου θα υποβάλλονται προσφορές για αύξηση ή μείωση της παραγωγής ή της κατανάλωσης, με στόχο την εξισορρόπηση της παραγωγής και της κατανάλωσης στο Σύστημα και σε πραγματικό χρόνο.
- 10) Υπολογισμός των αποκλίσεων για κάθε Μονάδα Παραγωγής, αλλά και για κάθε χαρτοφυλάκιο φορτίου, για τον κάθε προμηθευτή φορτίου.
- 11) Σταδιακή ένταξη και ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην αγορά και μετάθεση της ευθύνης για την πρόβλεψη της παραγωγής τους, από τον Διαχειριστή του Συστήματος, στους παραγωγούς.
- 12) Περιορισμός της μέγιστης ποσότητας διμερών συναλλαγών της εταιρείας με το υψηλότερο μερίδιο στην προμήθεια της ενέργειας, με στόχο την διατήρηση της ρευστότητας της προ-ημερήσιας αγοράς.

Οι ρυθμίσεις αυτές κρίνονται απαραίτητες, ούτως ώστε η Ελληνική χονδρεμπορική αγορά ενέργειας να εναρμονιστεί πλήρως με το Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχου, σύμφωνα και με την περιγραφή του από τους Κώδικες Δικτύου του ENTSO-E.

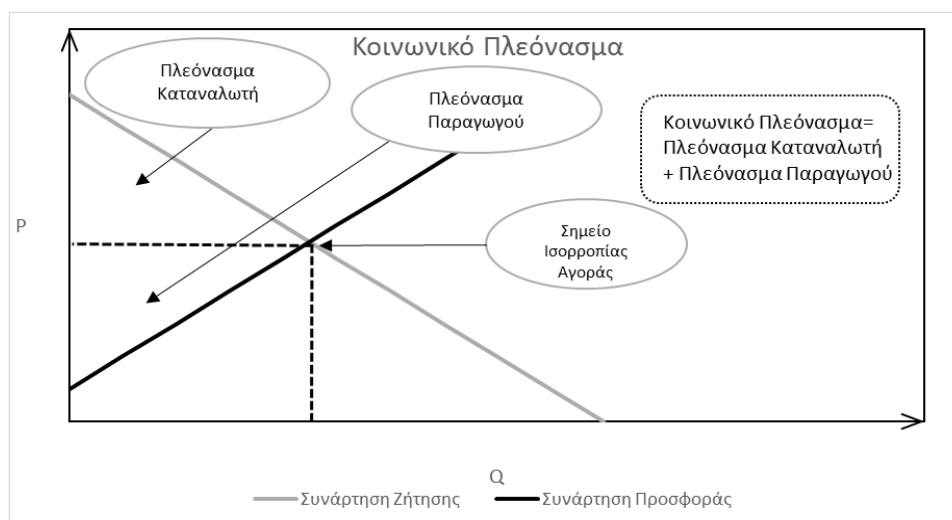
## 5 Μαθηματικό Μοντέλο

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση και η επίλυση της ενοποίησης προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας. Δημιουργήθηκε, λοιπόν, ένα μοντέλο Μεικτού Ακεραίου Προγραμματισμού (Mixed Integer Programming - MIP), το οποίο επιλύθηκε σε ημερήσια βάση, δηλαδή, για κάθε ώρα της επόμενης ημέρας, που αποτελεί και την ημέρα κατανομής της προ-ημερήσιας αγοράς. Στο μοντέλο ενσωματώθηκαν οι χώρες της Ελλάδας, της Ιταλίας, της Βουλγαρίας και της Fyrom, οι αγορές των οποίων συνενώθηκαν σε μία ενιαία αγορά σε προ-ημερήσιο επίπεδο.

### 5.1 Αντικειμενική Συνάρτηση - Παραδοχές

Για την επίλυση του προβλήματος Μεικτού Ακεραίου Προγραμματισμού, απαιτείται η εύρεση των κατάλληλων τιμών των μεταβλητών απόφασης του προβλήματος, όπου κάποιες από αυτές θα είναι ακέραιες και κάποιες άλλες γραμμικές (συνεχείς), με στόχο την βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης. Η βελτιστοποίηση θα πραγματοποιηθεί, είτε μεγιστοποιώντας την αντικειμενική συνάρτηση, είτε ελαχιστοποιώντας την αντικειμενική συνάρτηση.

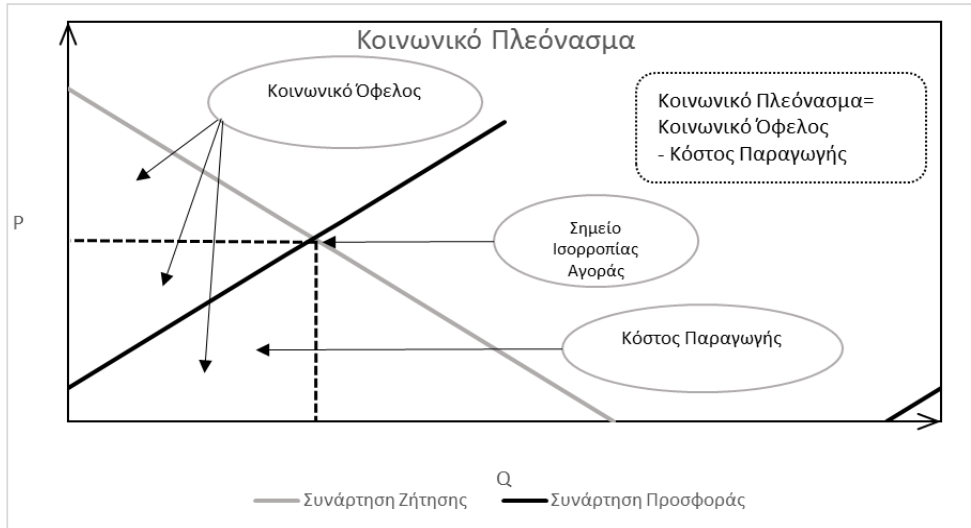
Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας προκύπτει πως, στόχος είναι η μεγιστοποίηση του κοινωνικού πλεονάσματος της αγοράς, που αποτελείται από το πλεόνασμα των παραγωγών, το πλεόνασμα των καταναλωτών και το έσοδο συμφόρησης, ως αποτέλεσμα των έμμεσων δημοπρασιών. Στην περίπτωση, λοιπόν, της γραμμικής προσφοράς και γραμμικής ζήτησης με ελαστικότητα ως προς την τιμή και συνεπώς ως, συνάρτηση της τιμής, το κοινωνικό πλεόνασμα προκύπτει σχηματικά, όπως φαίνεται και παρακάτω, ως το άθροισμα του πλεονάσματος των παραγωγών και των καταναλωτών. Αξίζει να σημειωθεί πως, το έσοδο συμφόρησης το οποίο και δεν προκύπτει απευθείας σχηματικά, ορίζεται ως η διαφορά των τιμών εκκαθάρισης μεταξύ δύο περιοχών-αγορών πολλαπλασιασμένη με την μεταφερόμενη μεταξύ τους ενέργεια, μόνο όταν υπάρχει συμφόρηση στη μεταξύ τους διασύνδεση. Δηλαδή, όταν η μεταφορική ικανότητα της γραμμής διασύνδεσης που τις ενώνει δεν επαρκεί για την εκτέλεση των ενεργειακών συναλλαγών που προέκυψαν από την επίλυση του μοντέλου της προ-ημερήσιας αγοράς. Παρακάτω, παρατίθενται και σχηματικά τα ανωτέρω.





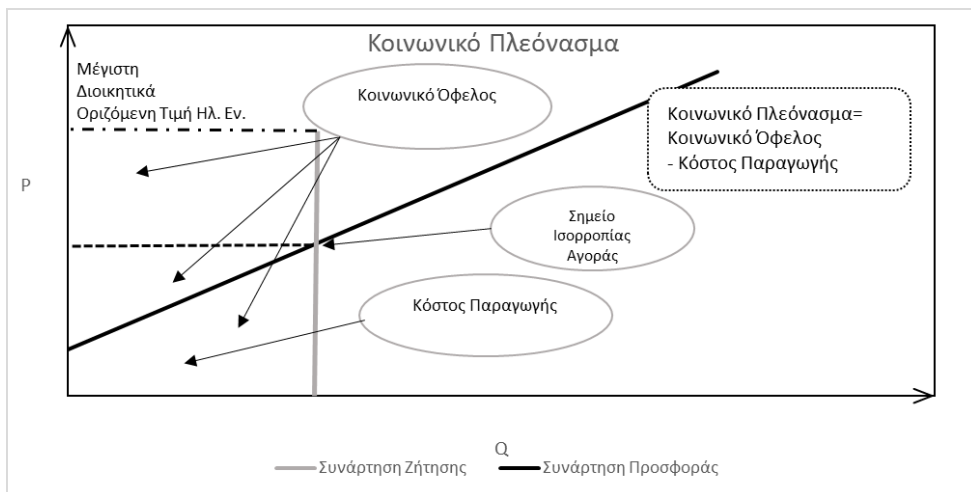
Εικόνα 10: Κοινωνικό Πλεόνασμα ως άθροισμα του πλεονάσματος παραγωγού και καταναλωτή

Επίσης, το κοινωνικό πλεόνασμα μπορεί να διατυπωθεί διαφορετικά, ως η διαφορά μεταξύ του συνολικού κοινωνικού οφέλους και του κόστους παραγωγής, το οποίο και ορίζεται, όπως προκύπτει και από το παρακάτω σχήμα, ως το εμβαδόν που βρίσκεται κάτω από την καμπύλη προσφοράς και μέχρι το σημείο ισορροπίας.



Εικόνα 11: Κοινωνικό Πλεόνασμα ως διαφορά του κοινωνικού οφέλους και του κόστους παραγωγής

Ωστόσο, στην περίπτωση που παρατηρείται ανελαστική ζήτηση, δηλαδή ζήτηση ανεξάρτητη ως προς την τιμή, συνεπώς σταθερή ζήτηση, η γραφική της παράσταση προκύπτει ως μία ευθεία γραμμή παράλληλη στον άξονα της τιμής. Σε αυτή την περίπτωση, το πλεόνασμα του καταναλωτή δεν έχει ως άνω όριο την γραμμική συνάρτηση ζήτησης όπως προηγουμένως, αλλά τη μέγιστη τιμή, η οποία επιτρέπεται στην αγορά, σύμφωνα και με τη Μέγιστη Διοικητικά Οριζόμενη Τιμή Ηλεκτρικής Ενέργειας, που ορίζεται σε κάθε χώρα. Η περίπτωση αυτή, παρατίθεται σχηματικά παρακάτω.



Εικόνα 12: Κοινωνικό Πλεόνασμα εφαρμόζοντας ανελαστική ζήτηση

Για την παρούσα διπλωματική εργασία, θεωρήθηκε πως η ζήτηση ενέργειας των χωρών της Ελλάδας, της Ιταλίας, της Βουλγαρίας και της Fyrom, είναι σταθερό μέγεθος και συνεπώς, η ζήτηση θεωρήθηκε ανελαστική, δηλαδή, ανεξάρτητη ως προς την τιμή. Έτσι, δόθηκε σαν εξωγενής τιμή στο μοντέλο. Ωστόσο, παράλληλα δημιουργήθηκε και ένα μικρό ποσοστό ελαστικής ζήτησης για την κάθε χώρα, μέσω της υποβολής Δηλώσεων Φορτίου, από τους Προμηθευτές Φορτίου της κάθε χώρας. Κατά συνέπεια, το πρόβλημα μεγιστοποίησης του κοινωνικού πλεονάσματος, υλοποιήθηκε ως πρόβλημα ελαχιστοποίησης της διαφοράς, του συνολικού κόστους παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής και της χρησιμότητας του φορτίου (load utility), η οποία προέκυψε από την ελαστική ζήτηση που εισήχθη στο μοντέλο από τις Δηλώσεις Φορτίου, των Προμηθευτών Φορτίου.

## 5.2 Χρονικός ορίζοντας του Μοντέλου της Προ-Ημερήσιας Αγοράς Ενέργειας

Ως χρονική περίοδος επίλυσης του μοντέλου, ορίστηκε το διάστημα της μίας ημέρας, χρονικό διάστημα που απαιτείται για την επίλυση της προ-ημερήσιας αγοράς ενέργειας. Συνεπώς, οι ώρες κατανομής του μοντέλου θα είναι 24 ώρες και στα πλαίσια της ανάλυσης και της εξαγωγής ασφαλών συμπερασμάτων, χρησιμοποιήθηκαν 5 διαφορετικές ημέρες κατανομής για την επίλυση της αγοράς, με διαφορετικά επίπεδα ανελαστικής ζήτησης φορτίου. Επίσης, όποιες ημέρες χρησιμοποιήθηκαν θεωρήθηκε πως αποτελούνται από 24 ώρες.

## 5.3 Μαθηματική Μοντελοποίηση – Επεξήγηση Περιορισμών Μοντέλου

Το μοντέλο ενοποίησης των αγορών ενέργειας που αναπτύχθηκε, παρατίθεται παρακάτω:

### 5.3.1 Σετ

$y$  : χρονιές επίλυσης (2015)

$s$  : βήματα των ωριαίων βηματικών προσφορών ενέργειας

$d$  : εταιρείες προμήθειας φορτίου, για τη δημιουργία ελαστικής ζήτησης

$tot$  : σταθμοί παραγωγής ενέργειας σε Ελλάδα – Ιταλία – Βουλγαρία – Fyrom και εταιρείες παραγωγής ενέργειας σε Ελλάδα – Ιταλία – Βουλγαρία - Fyrom

$t$  : ώρες κατανομής (1-24)

$reg$  : γεωγραφικές περιοχές της Ευρώπης (NetUCTE – περιλαμβάνει τις χώρες της Ελλάδας, της Ιταλίας, της Βουλγαρίας και της Fyrom)

$pl(tot)$  : σταθμοί παραγωγής ενέργειας σε Ελλάδα – Ιταλία – Βουλγαρία – Fyrom

$com(tot)$  : εταιρείες παραγωγής ενέργειας σε Ελλάδα – Ιταλία – Βουλγαρία - Fyrom

tl : γραμμές διασύνδεσης (AC και DC γραμμές) που συνδέουν τις χώρες του μοντέλου

bo : μπλοκ προσφορές ενέργειας

Ibo : συνδεδεμένες μπλοκ προσφορές ενέργειας

fho : ευέλικτες ωριαίες προσφορές ενέργειας

eg : αποκλειστικές ομάδες μπλοκ προσφορών

ba : σημεία (χώρες) υποβολής προσφορών (Ελλάδα, Ιταλία, Βουλγαρία, Fyrom)

ba2 : περιοχές υποβολής προσφορών (aliased με ba – Ελλάδα, Ιταλία, Βουλγαρία, Fyrom)

int : διασύνδεση με net transfer capacity (ntc) μεταξύ των χωρών

intc(int,tl) : σετ που συνδέει τις γραμμές μεταφοράς (tl), με την διασύνδεση με ntc μεταξύ δύο χωρών (int)

### 5.3.2 Παράμετροι Μοντέλου

$P_{pl,t,s}$  : τιμή του βήματος s της βηματικής ωριαίας προσφοράς ενέργειας, που υποβάλλεται την ώρα κατανομής t από το σταθμό παραγωγής pl (ευρώ ανά MWh)

$Q_{pl,t,s}$  : ποσότητα του βήματος s της βηματικής ωριαίας προσφοράς ενέργειας, που υποβάλλεται την ώρα κατανομής t από τον σταθμό παραγωγής pl (MWh)

$P_{bo,pl,bo}$  : τιμή της μπλοκ προσφοράς ενέργειας bo, που υποβάλλεται από τον σταθμό παραγωγής pl (ευρώ ανά MWh)

$Q_{bo,pl,bo,t}$  : ποσότητα της μπλοκ προσφοράς bo, που υποβάλλεται από τον σταθμό παραγωγής pl την ώρα κατανομής t (MWh)

$P_{fho,pl,fho}$  : τιμή της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς fho, που υποβάλλεται από τον σταθμό παραγωγής pl (ευρώ ανά MWh)

$Q_{fho,pl,fho}$  : ποσότητα της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς fho, που υποβάλλεται από τον σταθμό παραγωγής pl (MWh)

$P_{ic_{tot},t}$  : τιμή της απλής ωριαίας προσφοράς, που υποβάλλεται από σταθμό παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας την ώρα κατανομής t (ευρώ ανά MWh)

$Q_{ic_{tot},t}$  : ποσότητα της απλής ωριαίας προσφοράς, που υποβάλλεται από σταθμό παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας την ώρα κατανομής t (MWh)

bar\_min<sub>bo</sub> : ελάχιστο ποσοστό αποδοχής της μπλοκ προσφοράς bo (ποσοστό)

$bar\_max_{bo}$  : μέγιστο ποσοστό αποδοχής της μπλοκ προσφοράς  $bo$  (ποσοστό)

$lbm_{bo,lbo}$  : πίνακας που ενώνει την μπλοκ προσφορά  $bo$  με τη συνδεδεμένη μπλοκ προσφορά  $lbo$  (όταν έχει τιμή ίση με 1)

$egm_{bo,eg}$  : πίνακας που ενώνει την μπλοκ προσφορά  $bo$  με την αποκλειστική ομάδα μπλοκ προσφορών  $eg$  (όταν έχει τιμή ίση με 1)

$PTDF_{reg,ba,tl}$  : συντελεστής κατανομής μεταφοράς ισχύος, ως ευαισθησία για την αλλαγή στη ροή ενέργειας της διασυνδεδετικής γραμμής  $tl$  (transmission line), όταν αλλάζει η καθαρή θέση της χώρας προσφορών (bidding area)  $ba$  κατά 1MW (%)

$ATCUP_{tl}$  : άνω όριο της διαθέσιμης μεταφορικής ικανότητας (available transfer capacity) της διασυνδεδετικής γραμμής  $tl$  (MW)

$ATCLOW_{tl}$  : κάτω όριο της διαθέσιμης μεταφορικής ικανότητας (available transfer capacity) της διασυνδεδετικής γραμμής  $tl$  (MW)

$ramping\_limit\_of\_unit_{pl}$  : όριο μεταβολής της ισχύος εξόδου του σταθμού παραγωγής  $pl$  από ώρα σε ώρα (MW)

$net_{tl,ba}$  : πίνακας που προσδιορίζει τον προσανατολισμό της διασυνδεδετικής γραμμής  $tl$  και ορίζει την χώρα  $ba$ , ως αρχή της διασύνδεσης (όταν έχει τιμή ίση με 1) και αντίστοιχα την χώρα  $ba$ , ως τέλος της διασύνδεσης (όταν έχει τιμή ίση με -1)

$demand_{ba,t}$  : ανελαστική ζήτηση φορτίου της χώρας  $ba$  την ώρα κατανομής  $t$  (MW)

$solar_{ba,t}$  : υποχρεωτική έγχυση ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά (ηλιακή ενέργεια), στο σύστημα της χώρας  $ba$  την ώρα κατανομής  $t$  (MW)

$wind_{ba,t}$  : υποχρεωτική έγχυση ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά, στο σύστημα της χώρας  $ba$  την ώρα κατανομής  $t$  (MW)

$ror_{ba,t}$  : υποχρεωτική έγχυση ηλεκτρικής ενέργειας από μικρά υδροηλεκτρικά (run-of-river), στο σύστημα της χώρας  $ba$  την ώρα κατανομής  $t$  (MW)

$biomass_{ba,t}$  : υποχρεωτική έγχυση ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα, στο σύστημα της χώρας  $ba$  την ώρα κατανομής  $t$  (MW)

$techmax_{pl}$  : τεχνικό μέγιστο του σταθμού παραγωγής  $pl$  (MW)

$mcrarbo_{pl,bo}$  : παράγοντας που αντιπροσωπεύει το καθεστώς εκκαθάρισης της μπλοκ προσφοράς  $bo$  στο απαλλαγμένο πρόβλημα, η οποία υποβλήθηκε από τον σταθμό παραγωγής  $pl$

$mcrarfho_{pl,fho,t}$  : παράγοντας που αντιπροσωπεύει το καθεστώς εκκαθάρισης της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς  $fho$  στο απαλλαγμένο πρόβλημα, τη χρονική στιγμή  $t$ , η οποία υποβλήθηκε από τον σταθμό παραγωγής  $pl$

$mcp_{arbo\_port_{com,bo}}$  : παράγοντας που αντιπροσωπεύει το καθεστώς εκκαθάρισης της μπλοκ προσφοράς  $bo$  στο απαλλαγμένο πρόβλημα, η οποία υποβλήθηκε από την εταιρεία παραγωγής  $com$

$mcp_{arfo\_port_{com,fho,t}}$  : παράγοντας που αντιπροσωπεύει το καθεστώς εκκαθάρισης της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς  $fho$  στο απαλλαγμένο πρόβλημα, τη χρονική στιγμή  $t$ , η οποία υποβλήθηκε από την εταιρεία παραγωγής  $com$

$manhydro_{ba,t}$  : υποχρεωτικά υδροηλεκτρικά της χώρας προσφορών  $ba$  τη χρονική στιγμή  $t$ , ως υποχρεωτική έγχυση στο σύστημα (MW)

$welfare_{bo_{pl,bo}}$  : παράγοντας που εκφράζει την ευημερία-κοινωνικό όφελος που προκύπτει από την αποδοχή της μπλοκ προσφοράς  $bo$ , που υποβάλλεται από τον σταθμό παραγωγής  $pl$  (ευρώ)

$welfare_{fho_{pl,fho}}$  : παράγοντας που εκφράζει την ευημερία-κοινωνικό όφελος που προκύπτει από την αποδοχή της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς  $fho$ , που υποβάλλεται από τον σταθμό παραγωγής  $pl$  (ευρώ)

$welfare_{bo\_port_{com,bo}}$  : παράγοντας που εκφράζει την ευημερία-κοινωνικό όφελος που προκύπτει από την αποδοχή της μπλοκ προσφοράς  $bo$ , που υποβάλλεται από την εταιρεία παραγωγής  $com$  (ευρώ)

$welfare_{fho\_port_{com,fho}}$  : παράγοντας που εκφράζει την ευημερία-κοινωνικό όφελος που προκύπτει από την αποδοχή της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς  $fho$ , που υποβάλλεται από την εταιρεία παραγωγής  $com$  (ευρώ)

$Q_{idem_{d,t,s}}$  : ποσότητα του βήματος  $s$  της βηματικής ωριαίας δήλωσης φορτίου που υποβάλλεται από τον εκπρόσωπο φορτίου  $d$  τη χρονική στιγμή  $t$  (MWh)

$P_{idem_{d,t,s}}$  : τιμή του βήματος  $s$  της βηματικής ωριαίας δήλωσης φορτίου που υποβάλλεται από τον εκπρόσωπο φορτίου  $d$  τη χρονική στιγμή  $t$  (ευρώ ανά MWh)

$Q_{port_{com,t,s}}$  : ποσότητα του βήματος  $s$  της βηματικής ωριαίας προσφοράς ενέργειας, που υποβάλλεται την ώρα κατανομής  $t$  από την εταιρεία παραγωγής  $com$  (MWh)

$P_{port_{com,t,s}}$  : τιμή του βήματος  $s$  της βηματικής ωριαίας προσφοράς ενέργειας, που υποβάλλεται την ώρα κατανομής  $t$  από την εταιρεία παραγωγής  $com$  (ευρώ ανά MWh)

$P_{boport_{com,bo}}$  : τιμή της μπλοκ προσφοράς ενέργειας  $bo$ , που υποβάλλεται από την εταιρεία παραγωγής  $com$  (ευρώ ανά MWh)

$Q_{boport_{com,bo,t}}$  : ποσότητα της μπλοκ προσφοράς  $bo$ , που υποβάλλεται από την εταιρεία παραγωγής  $com$  την ώρα κατανομής  $t$  (MWh)

$P_{fhoport_{com,fho}}$  : τιμή της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς  $fho$ , που υποβάλλεται από την εταιρεία παραγωγής  $com$  (ευρώ ανά MWh)

$Q_{fhoport_{com,fho}}$  : ποσότητα της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς  $fho$ , που υποβάλλεται από την εταιρεία παραγωγής  $com$  (MWh)

$bar\_min\_com_{bo}$  : ελάχιστο ποσοστό αποδοχής της μπλοκ προσφοράς  $bo$  για προσφορές χαρτοφυλακίου (ποσοστό)

$bar\_max\_com_{bo}$  : μέγιστο ποσοστό αποδοχής της μπλοκ προσφοράς  $bo$  για προσφορές χαρτοφυλακίου (ποσοστό)

$l_{bm\_com_{bo,lbo}}$  : πίνακας που ενώνει την μπλοκ προσφορά  $bo$  με τη συνδεδεμένη μπλοκ προσφορά  $lbo$  για προσφορές χαρτοφυλακίου (όταν έχει τιμή ίση με 1)

$egm\_com_{bo,eg}$  : πίνακας που ενώνει την μπλοκ προσφορά  $bo$  με την αποκλειστική ομάδα μπλοκ προσφορών  $eg$  για προσφορές χαρτοφυλακίου (όταν έχει τιμή ίση με 1)

$techmaxport_{com}$  : τεχνικό μέγιστο της εταιρείας παραγωγής  $com$  (MW)

$kactACreg_{reg,tl}$  : πίνακας που ορίζει ότι, η διασυνδεδετική γραμμή εναλλασσόμενου ρεύματος  $tl$  (AC transmission line) βρίσκεται στην περιφέρεια της Ευρώπης  $reg$  (όταν έχει τιμή ίση με 1)

$intmax_{int}$  : παράγοντας που ορίζει τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που επιτρέπεται να συναλλαχθεί μεταξύ δύο χωρών, αθροιστικά από τις γραμμές μεταφοράς που τις συνδέουν (MW)

$mapntc_{int,ba,ba2}$  : πίνακας που ορίζει ότι υπάρχει διασύνδεση μεταξύ των χωρών  $ba$  και  $ba2$  (όταν έχει τιμή ίση με 1)

### 5.3.3 Μεταβλητές Απόφασης

$accho_{pl,t,s}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει το ποσοστό αποδοχής του βήματος  $s$  της βηματικής ωριαίας προσφοράς, που υποβλήθηκε από το σταθμό παραγωγής  $pl$ , την ώρα κατανομής  $t$

$accbo_{pl,bo}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει το ποσοστό αποδοχής της μπλοκ προσφοράς  $bo$ , που υποβλήθηκε από τον σταθμό παραγωγής  $pl$

$accres_{tot,t}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει το ποσοστό αποδοχής της απλής ωριαίας προσφοράς, που υποβλήθηκε από σταθμό παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την ώρα κατανομής  $t$

$flow_{tl,t}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει τη ροή ενέργειας στη διασυνδεδετική γραμμή  $tl$ , κατά την ώρα κατανομής  $t$  (MW)

$nex_{ba,t}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει την συνολική καθαρή θέση της χώρας  $ba$  την ώρα κατανομής  $t$  (MW)

$pxac_{ba,t}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει την καθαρή θέση της χώρας  $ba$ , που προκύπτει από AC διασυνδέσεις, την ώρα κατανομής  $t$  (MW)

$pxdc_{ba,t}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει την καθαρή θέση της χώρας  $ba$ , που προκύπτει από DC διασυνδέσεις, την ώρα κατανομής  $t$  (MW)

$clbo_{pl,bo}$  : δυαδική μεταβλητή που εκφράζει το καθεστώς εκκαθάρισης της μπλοκ προσφοράς  $bo$ , που υποβλήθηκε από τον σταθμό παραγωγής  $pl$  (τιμή 0 ή 1)

$clfho_{pl,fho,t}$  : δυαδική μεταβλητή που εκφράζει το καθεστώς εκκαθάρισης της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς  $fho$ , κατά την ώρα κατανομής  $t$  και η οποία υποβλήθηκε από τον σταθμό παραγωγής  $pl$  (0 ή 1)

$slack_{ba,t}$  : συνεχής μεταβλητή που αντιπροσωπεύει τις περικοπές φορτίου της χώρας  $ba$  τη χρονική στιγμή  $t$

$accdem_{d,t,s}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει το ποσοστό αποδοχής του βήματος  $s$  της βηματικής ωριαίας δήλωσης φορτίου, που υποβλήθηκε από τον προμηθευτή φορτίου  $d$ , την ώρα κατανομής  $t$

$acchorort_{com,t,s}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει το ποσοστό αποδοχής του βήματος  $s$  της βηματικής ωριαίας προσφοράς ενέργειας, που υποβλήθηκε από την εταιρεία παραγωγής  $com$ , την ώρα κατανομής  $t$

$acbhorort_{com,bo}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει το ποσοστό αποδοχής της μπλοκ προσφοράς  $bo$ , που υποβλήθηκε από την εταιρεία παραγωγής  $com$

$clbhorort_{com,bo}$  : δυαδική μεταβλητή που εκφράζει το καθεστώς εκκαθάρισης της μπλοκ προσφοράς  $bo$ , που υποβλήθηκε από την εταιρεία παραγωγής  $com$  (τιμή 0 ή 1)

$clfhorort_{com,fho,t}$  : δυαδική μεταβλητή που εκφράζει το καθεστώς εκκαθάρισης της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς  $fho$ , κατά την ώρα κατανομής  $t$  και η οποία υποβλήθηκε από την εταιρεία παραγωγής  $com$  (0 ή 1)

$dpo_{d,t}$  : συνεχής μεταβλητή που εκφράζει το ποσό ενέργειας που γίνεται αποδεκτό, από την δήλωση φορτίου, του προμηθευτή φορτίου  $d$  τη χρονική στιγμή  $t$

$MCP_{ba,t}$  : τιμή εκκαθάρισης της χώρας  $ba$  τη χρονική στιγμή  $t$

$tsw$  : μεταβλητή συνολικού κοινωνικού πλεονάσματος που αποτελεί και την αντικειμενική συνάρτηση (ευρώ)

### 5.3.4 Περιορισμοί – Εξισώσεις Μοντέλου Προ-Ημερήσιας Αγοράς (Day-Ahead Market)

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & \sum_{ba,pl,t,s} (Qi_{pl,t,s} * accho_{pl,t,s} * Pi_{pl,t,s}) \\
 & + \sum_{ba,pl,bo,t} (Qbo_{pl,bo,t} * accbo_{pl,bo} * Pbo_{pl,bo}) \\
 & + \sum_{ba,pl,fho,t} (Qfho_{pl,fho} * clfho_{pl,fho,t} * Pfho_{pl,fho}) + \\
 & \sum_{ba,com,t,s} (Qport_{com,t,s} * acchoport_{com,t,s} * Pport_{com,t,s}) \\
 & + \sum_{ba,com,bo,t} (Qboport_{com,bo,t} * accboport_{com,bo} * Pboport_{com,bo}) \\
 & + \sum_{ba,com,fho,t} (Qfhoport_{com,fho} * clfhoport_{com,fho,t} \\
 & * Pfhoport_{com,fho}) \\
 & + \sum_{ba,t} 150 * slack_{ba,t} \\
 & + \sum_{ba,tot,t} Pic_{tot,t} * Qic_{tot,t} * accres_{tot,t} \\
 & - \sum_{ba,d,t,s} accdem_{d,t,s} * Qidem_{d,t,s} * Pidem_{d,t,s}
 \end{aligned}$$

s.t

$$\begin{aligned}
 & \sum_{pl \in ba,s} (Qi_{pl,t,s} * accho_{pl,t,s}) \\
 & + \sum_{com \in ba,s} (Qport_{com,t,s} * acchoport_{com,t,s}) + \sum_{pl \in ba,bo} (Qbo_{pl,bo,t} \\
 & * accbo_{pl,bo}) + \sum_{com \in ba,bo} (Qboport_{com,bo,t} * accboport_{com,bo}) \\
 & + \sum_{pl \in ba,fho} (Qfho_{pl,fho} * clfho_{pl,fho,t}) \\
 & + \sum_{com \in ba,fho} (Qfhoport_{com,fho} * clfhoport_{com,fho,t}) \\
 & + \sum_{tot \in ba} (Qic_{tot,t} * accres_{tot,t}) + manhydro_{ba,t} + slack_{ba,t} + nex_{ba,t} \\
 & = demand_{ba,t} - solar_{ba,t} - wind_{ba,t} - ror_{ba,t} - biomass_{ba,t} \\
 & + \sum_{d \in ba,s} (Qidem_{d,t,s} * accdem_{d,t,s}) \quad \forall ba,t \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$accbo_{pl,lbo} - \sum_{bo} (lbm_{bo,lbo} * accbo_{pl,bo}) \leq 0 \quad \forall pl,lbo \quad (2)$$



$$accboport_{com,lbo} - \sum_{bo} (lbm\_com_{bo,lbo} * accboport_{com,bo}) \leq 0 \quad \forall com, lbo \quad (3)$$

$$\sum_t clfho_{pl,fho,t} \leq 1 \quad \forall pl, fho \quad (4)$$

$$\sum_t clfhoport_{com,fho,t} \leq 1 \quad \forall com, fho \quad (5)$$

$$accho_{pl,t,s} \leq 1 \quad \forall pl, t, s \quad (6)$$

$$acchoport_{com,t,s} \leq 1 \quad \forall com, t, s \quad (7)$$

$$accdem_{d,t,s} \leq 1 \quad \forall d, t, s \quad (8)$$

$$accre_{tot,t} \leq 1 \quad \forall tot, t \quad (9)$$

$$bar\_min_{bo} * clbo_{pl,bo} - accbo_{pl,bo} \leq 0 \quad \forall pl, bo \quad (10)$$

$$bar\_min\_com_{bo} * clboport_{com,bo} - accboport_{com,bo} \leq 0 \quad \forall com, bo \quad (11)$$

$$accbo_{pl,bo} - bar\_max_{bo} * clbo_{pl,bo} \leq 0 \quad \forall pl, bo \quad (12)$$

$$accboport_{com,bo} - bar\_max\_com_{bo} * clboport_{com,bo} \leq 0 \quad \forall com, bo \quad (13)$$

$$\sum_{bo} (egm_{bo,eg} * accbo_{pl,bo}) \leq 1 \quad \forall pl, eg \quad (14)$$

$$\sum_{bo} (egm\_com_{bo,eg} * accboport_{com,bo}) \leq 1 \quad \forall com, eg \quad (15)$$

$$\sum_s (Qi_{pl,t+1,s} * accho_{pl,t+1,s}) - \sum_s Qi_{pl,t,s} * accho_{pl,t,s} \leq ramping\_limit\_of\_unit_{pl} \quad \forall pl, t \quad (16)$$

$$\sum_s (Qi_{pl,t+1,s} * accho_{pl,t+1,s}) - \sum_s Qi_{pl,t,s} * accho_{pl,t,s} \geq -ramping\_limit\_of\_unit_{pl} \quad \forall pl, t \quad (17)$$

$$\sum_{ba} nex_{ba,t} = 0 \quad \forall t \quad (18)$$

$$nexac_{ba,t} - \sum_{tl \in kactACreg} (-net_{tl,ba} * flow_{tl,t}) = 0 \quad \forall reg, ba, t \quad (19)$$

$$nex_{ba,t} - nexac_{ba,t} - nexdc_{ba,t} = 0 \quad \forall ba, t \quad (20)$$

$$flow_{tl,t} - \sum_{ba} PTDF_{reg,ba,tl} * nexac_{ba,t} = 0 \quad \forall reg, tl, t \quad (21)$$

$$nexac_{ba,t} = 0 \quad \forall ba, t \quad (\text{αν η χώρα δεν είναι διασυνδεδεμένη}) \quad (22)$$

$$nexdc_{ba,t} - \sum_{tl \notin kactACreg} (-net_{tl,ba} * flow_{tl,t}) = 0 \quad \forall ba, t \quad (23)$$

$$flow_{tl,t} \geq ATCLOW_{tl} \quad \forall tl, t \quad (24)$$

$$flow_{tl,t} \leq ATCUP_{tl} \quad \forall tl, t \quad (25)$$

$$\begin{aligned} & \sum_s (Qi_{pl,t,s} * accho_{pl,t,s}) \\ & + \sum_{bo} (Qbo_{pl,bo,t} * accbo_{pl,bo}) \\ & + \sum_{fho} (Qfho_{pl,fho} * clfho_{pl,fho,t}) + (Qic_{pl,t} * accres_{pl,t}) \\ & \leq techmax_{pl} \quad \forall pl, t \quad (26) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_s (Qport_{com,t,s} * acchoport_{com,t,s}) \\ & + \sum_{bo} (Qboport_{com,bo,t} * accboport_{com,bo}) \\ & + \sum_{fho} (Qfhoport_{com,fho} * clfhoport_{com,fho,t}) + (Qic_{com,t} * accres_{com,t}) \\ & \leq techmaxport_{com} \quad \forall com, t \quad (27) \end{aligned}$$

$$dpo_{d,t} = \sum_s (Qidem_{d,t,s} * accdem_{d,t,s}) \quad \forall d, t \quad (28)$$

$$\begin{aligned} & welfare_{bo_{pl,bo}} \\ & = \sum_t \{ (\sum_{ba} MCP_{ba,t} - Pbo_{pl,bo}) * Qbo_{pl,bo,t} * accbo.l_{pl,bo} \} \quad \forall pl, bo \quad (29) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & welfare_{fho_{pl,bo}} \\ & = \sum_t \{ (\sum_{ba} MCP_{ba,t} - Pfho_{pl,fho}) * Qfho_{pl,fho} \\ & * clfho.l_{pl,fho,t} \} \quad \forall pl, fho \quad (30) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& welfare\_bo\_port_{com,bo} \\
&= \sum_t \left\{ \left( \sum_{ba} MCP_{ba,t} - P_{boport}_{com,bo} \right) * Q_{boport}_{com,bo,t} \right. \\
&\quad \left. * accboport.l_{com,bo} \right\} \forall com, bo \quad (31)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& welfare\_fho\_port_{com,bo} \\
&= \sum_t \left\{ \left( \sum_{ba} MCP_{ba,t} - P_{fhoport}_{com,fho} \right) * Q_{fhoport}_{com,fho} \right. \\
&\quad \left. * clfhoport.l_{com,fho,t} \right\} \forall com, fho \quad (32)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{int \in mapntc_{int,ba,ba2}} intmax_{int} \\
& \geq \sum_{int,tl \in (mapntc_{int,ba,ba2} \text{ and } intc_{int,tl})} flow_{tl,t} * net_{tl,ba} \quad \forall ba, ba2, t \quad (33)
\end{aligned}$$

### 5.3.5 Επεξήγηση Περιορισμών του Μοντέλου Προ-Ημερήσιας Αγοράς

(1) : Ο περιορισμός αυτός, αποτελεί το ισοζύγιο ενέργειας και δηλώνει πως θα πρέπει, το άθροισμα της προσφοράς και των εισαγωγών, να ισούται με το άθροισμα της ζήτησης και των εξαγωγών ενέργειας για την κάθε χώρα, ενώ θα πρέπει, να ικανοποιείται για κάθε ώρα κατανομής της επόμενης ημέρας (ημέρα κατανομής).

(2) : Ο περιορισμός αυτός, δηλώνει πως θα πρέπει, το ποσοστό αποδοχής μίας συνδεδεμένης μπλοκ προσφοράς, να είναι μικρότερο από το ποσοστό αποδοχής της μπλοκ προσφοράς, με την οποία είναι συνδεδεμένη. Συνεπώς, η συνδεδεμένη μπλοκ προσφορά (προσφορά παιδί), δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή, παρά μόνο αν γίνει αποδεκτή και η προσφορά με την οποία είναι συνδεδεμένη (προσφορά γονέας).

(3) : Ίδιος περιορισμός με τον (2), αλλά για προσφορές χαρτοφυλακίου μονάδων παραγωγής και όχι προσφορές ανά μονάδα παραγωγής.

(4) : Ο περιορισμός αυτός, δηλώνει πως, μία ευέλικτη ωριαία προσφορά μπορεί να γίνει αποδεκτή μόνο σε μία ώρα της επόμενης ημέρας και αυτή η ώρα καθορίζεται, από το κριτήριο βελτιστοποίησης του μοντέλου.

(5) : Ίδιος περιορισμός με τον (4), αλλά για προσφορές χαρτοφυλακίου μονάδων παραγωγής και όχι προσφορές ανά μονάδα παραγωγής.

(6) : Σύμφωνα με αυτόν τον περιορισμό, προκύπτει πως, το κάθε βήμα μιας βηματικής ωριαίας προσφοράς, μπορεί να γίνει αποδεκτό σε οποιοδήποτε ποσοστό, με άνω όριο την πλήρη αποδοχή του.

(7) : Ίδιος περιορισμός με τον (6), αλλά για προσφορές χαρτοφυλακίου μονάδων παραγωγής και όχι προσφορές ανά μονάδα παραγωγής.

(8) : Ο περιορισμός αυτός, δηλώνει πως, το κάθε βήμα μιας βηματικής ωριαίας δήλωσης φορτίου από έναν εκπρόσωπο φορτίου, μπορεί να γίνει αποδεκτό σε οποιοδήποτε ποσοστό, με άνω όριο την πλήρη αποδοχή του.

(9) : Σύμφωνα με αυτόν τον περιορισμό, προκύπτει πως, μία απλή ωριαία προσφορά, που υποβάλλεται από μονάδα παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, μπορεί να γίνει αποδεκτή σε οποιοδήποτε ποσοστό, με άνω όριο την πλήρη αποδοχή της.

(10) : Ο περιορισμός αυτός, προσδιορίζει το κάτω όριο, στο οποίο μπορεί να γίνει αποδεκτή μία μπλοκ προσφορά ενέργειας. Συνεπώς, δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή, κάτω από το ποσοστό, που ορίζεται από τον παράγοντα  $bar\_min$ .

(11) : Ίδιος περιορισμός με τον (10), αλλά για προσφορές χαρτοφυλακίου μονάδων παραγωγής και όχι προσφορές ανά μονάδα παραγωγής.

(12) : Ο περιορισμός αυτός, προσδιορίζει, αντίστοιχα, το άνω όριο στο οποίο μπορεί να γίνει αποδεκτή μία μπλοκ προσφορά. Συνεπώς, δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή πάνω από το ποσοστό, που ορίζει ο παράγοντας  $bar\_max$ .

(13) : Ίδιος περιορισμός με τον (12), αλλά για προσφορές χαρτοφυλακίου μονάδων παραγωγής και όχι προσφορές ανά μονάδα παραγωγής.

(14) : Σύμφωνα με τον περιορισμό αυτό, προκύπτει πως, θα πρέπει το άθροισμα της αποδοχής, όλων των μπλοκ προσφορών που ανήκουν σε μία αποκλειστική ομάδα, να είναι μικρότερο ή ίσο από τη μονάδα (σαν ποσοστό). Αν, λοιπόν, όλες οι μπλοκ προσφορές μπορούν να γίνουν αποδεκτές μόνο στο σύνολό τους ή καθόλου, τότε μόνο μία μπορεί να γίνει αποδεκτή από τις προσφορές της αποκλειστικής ομάδας.

(15) : Ίδιος περιορισμός με τον (14), αλλά για προσφορές χαρτοφυλακίου μονάδων παραγωγής και όχι προσφορές ανά μονάδα παραγωγής.

(16) : Ο περιορισμός αυτός, δηλώνει πως, η ποσότητα ενέργειας που γίνεται αποδεκτή από το σύνολο των βημάτων μιας βηματικής ωριαίας προσφοράς, σε μία ώρα κατανομής, περιορίζει την ενέργεια που μπορεί να γίνει αποδεκτή την επόμενη ώρα, σύμφωνα με τον παράγοντα της μέγιστης ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής των σταθμών παραγωγής (ramping limit of units). Συνιστά το άνω όριο της διακύμανσης.

(17) : Ο περιορισμός αυτός, δηλώνει πως, η ποσότητα ενέργειας που γίνεται αποδεκτή από το σύνολο των βημάτων μιας βηματικής ωριαίας προσφοράς, σε μία ώρα κατανομής, περιορίζει την ενέργεια που μπορεί να γίνει αποδεκτή την επόμενη ώρα, σύμφωνα με τον παράγοντα της μέγιστης ωριαίας διακύμανσης της παραγωγής των σταθμών παραγωγής (ramping limit of units). Συνιστά το κάτω όριο της διακύμανσης.

(18) : Πρόκειται για τον περιορισμό, που ορίζει πως, το αλγεβρικό άθροισμα των καθαρών θέσεων όλων των χωρών πρέπει να είναι μηδενικό, για να υπάρχει κλειστό σύστημα συναλλαγών ενέργειας.

(19) : Ο περιορισμός αυτός ορίζει πως, η καθαρή θέση της κάθε χώρας, που προκύπτει από τις AC διασυνδετικές γραμμές που την ενώνουν με άλλες χώρες (nexac), ορίζεται ως 'καθαρές εισαγωγές' και ταυτίζεται με τη διαφορά των ροών ενέργειας που εισέρχονται στην χώρα μέσω των διασυνδέσεων (εισαγωγές) και των ροών που εξέρχονται από την χώρα (εξαγωγές). Ο περιορισμός πρέπει να ικανοποιείται για κάθε χώρα και για κάθε ώρα κατανομής.

(20) : Σύμφωνα με τον περιορισμό αυτόν, προκύπτει πως η συνολική καθαρή θέση της κάθε χώρας (nex), ορίζεται σαν το άθροισμα της καθαρής θέσης από AC μεταφορά ενέργειας (nexac) και της καθαρής θέσης από DC μεταφορά ενέργειας (nexdc).

(21) : Ο περιορισμός αυτός ορίζει πως, η ροή ενέργειας σε μία διασυνδετική γραμμή, πρέπει να είναι ίση με το άθροισμα για όλες τις χώρες, του γινομένου των Συντελεστών Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος (PTDF) και της καθαρής θέσης της κάθε χώρας από AC διασυνδέσεις.

(22) : Πρόκειται για τον περιορισμό, που ορίζει πως αν μία χώρα δεν είναι συνδεδεμένη με άλλες μέσω διασυνδετικών γραμμών, τότε η καθαρή θέση της από AC διασυνδέσεις θα πρέπει να είναι ίση με μηδέν, καθώς δεν συντελούνται μεταφορές ενέργειας από ή προς την χώρα.

(23) : Πρόκειται για τον περιορισμό, που ορίζει πως η καθαρή θέση από DC συναλλαγές ορίζεται ως η διαφορά των ροών που εισέρχονται στη χώρα από DC διασυνδετικές γραμμές (εισαγωγές) και των ροών που εξέρχονται από την χώρα, από DC διασυνδετικές γραμμές (εξαγωγές).

(24) : Ο περιορισμός αυτός ορίζει το κάτω όριο μεταφοράς ενέργειας στις διασυνδετικές γραμμές του συστήματος.

(25) : Ο περιορισμός αυτός ορίζει το άνω όριο μεταφοράς ενέργειας στις διασυνδετικές γραμμές του συστήματος.

(26) : Σύμφωνα με αυτόν τον περιορισμό προκύπτει πως, δεν πρέπει η συνολική ισχύς που γίνεται αποδεκτή από το μοντέλο για τον κάθε σταθμό παραγωγής, να υπερβαίνει το τεχνικό μέγιστο του σταθμού. Ο περιορισμός ισχύει για όλες τις ώρες κατανομής.

(27) : Ίδιος περιορισμός με τον (26), αλλά για προσφορές χαρτοφυλακίου μονάδων παραγωγής και όχι προσφορές ανά μονάδα παραγωγής.

(28) : Ο περιορισμός αυτός, προσδιορίζει την ακριβή ποσότητα ενέργειας που έγινε αποδεκτή από τον αλγόριθμο, για τον κάθε προμηθευτή φορτίου και για την κάθε χρονική στιγμή.

(29) : Η εξίσωση αυτή, υπολογίζεται έπειτα από την επίλυση του μοντέλου και αποδίδει το κοινωνικό πλεόνασμα που προέκυψε, από την αποδοχή της μπλοκ προσφοράς bo, η οποία υποβάλλεται από τον σταθμό παραγωγής pl.

(30) : Η εξίσωση αυτή, υπολογίζεται έπειτα από την επίλυση του μοντέλου και αποδίδει το κοινωνικό πλεόνασμα που προέκυψε, από την αποδοχή της ευέλικτης ωριαίας προσφοράς fhο, που υποβάλλεται από τον σταθμό παραγωγής pl.

(31) : Ίδια εξίσωση με την (29), αλλά για προσφορές χαρτοφυλακίου μονάδων παραγωγής και όχι προσφορές ανά μονάδα παραγωγής.

(32) : Ίδια εξίσωση με την (30), αλλά για προσφορές χαρτοφυλακίου μονάδων παραγωγής και όχι προσφορές ανά μονάδα παραγωγής.

(33) : Εξίσωση που περιορίζει την συνολική ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να μεταφερθεί με ntc διασυνδέσεις, μεταξύ των χωρών ba και ba2, σε κάθε χρονική στιγμή t.

## 6 Μεικτός Ακέραιος Προγραμματισμός

Ο μεικτός Ακέραιος Προγραμματισμός, συνιστά έναν πολύ σημαντικό κλάδο των μοντέλων Μαθηματικού Προγραμματισμού. Ένα μαθηματικό μοντέλο χαρακτηρίζεται ως μοντέλο Ακεραίου Προγραμματισμού, όταν σε αυτό κάποιες ή όλες οι μεταβλητές, ορίζονται ως ακέραιες μεταβλητές. Στην περίπτωση που όλες οι μεταβλητές αποτελούν ακέραιες μεταβλητές, το μοντέλο συνιστά ένα μοντέλο Καθαρού Ακεραίου Προγραμματισμού. Στην περίπτωση που κάποιες μόνο από τις μεταβλητές του μοντέλου, είναι ακέραιες, το μοντέλο ορίζεται ως Μεικτού Ακεραίου Προγραμματισμού.

Ένα παράδειγμα ακεραίου προβλήματος είναι το εξής:

$$\begin{aligned} \max \quad & k = 3x + 5y \\ \text{s. t.} \quad & \\ & x + y \leq 5 \text{ όπου } x, y \text{ ακέραιοι} \end{aligned}$$

Μία ειδική κατηγορία των μοντέλων Ακεραίου Προγραμματισμού, αποτελούν τα μοντέλα, τα οποία περιέχουν δυαδικές μεταβλητές, δηλαδή μεταβλητές που μπορούν να πάρουν τιμή 0 ή 1. Οι δυαδικές μεταβλητές, κατά αυτό τον τρόπο, προσομοιώνουν για παράδειγμα, την ανάληψη μίας υποχρέωσης ή όχι ή την θετική ή αρνητική απάντηση σε μία πρόταση.

Όσον αφορά, λοιπόν, τα μοντέλα ενοποίησης των προ-ημερήσιων αγορών, προκύπτει πως, αυτά απαιτούν την ύπαρξη δυαδικών μεταβλητών, καθώς μόνο αυτές προσομοιώνουν την αδιαιρετότητα των μπλοκ προσφορών και των ευέλικτων ωριαίων προσφορών. Έτσι, καθώς μία απλή μπλοκ προσφορά μπορεί να γίνει αποδεκτή, είτε εξ ολοκλήρου, είτε καθόλου, οι δυαδικές μεταβλητές προσομοιώνουν την απόφαση να γίνει αποδεκτή και να εκκαθαριστεί εξ ολοκλήρου ή να μην γίνει καθόλου αποδεκτή. Αντίστοιχη, απόφαση λαμβάνεται και για τις ευέλικτες ωριαίες προσφορές.

### 6.1 Απαλλαγμένο (Γραμμικό) Πρόβλημα

Το απαλλαγμένο πρόβλημα ενός Μεικτού Ακεραίου Προβλήματος, προκύπτει αν στο αρχικό πρόβλημα ακεραίου προγραμματισμού, ‘χαλαρώσουν’, δηλαδή απαλειφθούν όλοι οι περιορισμοί που επιβάλλουν στις μεταβλητές να πάρουν μόνο ακέραιες τιμές. Κατά αυτό τον τρόπο, προκύπτει στη θέση του αρχικού ακεραίου προβλήματος, ένα γραμμικό απαλλαγμένο πρόβλημα.

Στο παράδειγμα ακεραίου προβλήματος που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, το απαλλαγμένο πρόβλημα προκύπτει ως εξής:

$$\begin{aligned} \max \quad & k = 3x + 5y \\ \text{s. t.} \quad & \\ & x + y \leq 5 \text{ όπου } x, y \geq 0 \end{aligned}$$

Η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, που προκύπτει μετά την επίλυση του απαλλαγμένου προβλήματος, αποτελεί άνω όριο της βέλτιστης τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης που προκύπτει μετά από επίλυση του αρχικού ακεραίου προβλήματος. Η μόνη περίπτωση αυτές οι δύο τιμές να ταυτιστούν, προκύπτει όταν όλες οι μεταβλητές του

απαλλαγμένου προβλήματος έχουν ακέραια τιμή μετά την επίλυσή του και τότε η λύση ταυτίζεται με την λύση του αρχικού ακεραίου προβλήματος.

Στα πλαίσια, λοιπόν, της παρούσας διπλωματικής εργασίας και για την εύρεση του απαλλαγμένου (γραμμικού) προβλήματος ακολουθήθηκαν τα εξής παρακάτω βήματα:

- α) Επίλυση του αρχικού προβλήματος Μεικτού Ακεραίου Προγραμματισμού.
- β) Μετατροπή όλων των ακεραίων μεταβλητών του μοντέλου, σε συνεχείς (γραμμικές) μεταβλητές.
- γ) Ανάθεση στις νέες συνεχείς μεταβλητές, των τιμών που προέκυψαν, από την επίλυση του αρχικού Ακεραίου Προβλήματος.

Μέσω αυτών των βημάτων, δημιουργήθηκε τελικά το Απαλλαγμένο (Γραμμικό) Πρόβλημα, από το οποίο μπορούν πλέον να βρεθούν και οι τιμές εκκαθάρισης της αγοράς, ως η δυική (σκιώδης) τιμή του περιορισμού της εξίσωσης ισορροπίας. Κατά αυτό τον τρόπο, υπολογίζεται τελικά η τιμή εκκαθάρισης (market clearing price), για όλες τις χώρες και για όλες τις ώρες κατανομής του μοντέλου (24 ώρες). Η τιμή αυτή αποτελεί την τιμή, στην οποία αποζημιώνονται όλοι οι συμμετέχοντες στην αγορά, για τις προσφορές που κατέθεσαν την συγκεκριμένη ώρα κατανομής, στην περίπτωση που οι προσφορές τους γίνουν αποδεκτές από τον αλγόριθμο.

## 6.2 GAMS (General Algebraic Modeling System)

Το λογισμικό, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του μοντέλου ενοποίησης των προ-ημερήσιων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, είναι το λογισμικό GAMS (General Algebraic Modeling System). Πρόκειται για ένα λογισμικό υψηλού επιπέδου, το οποίο επιτρέπει την επίλυση μεγάλου εύρους προβλημάτων Μαθηματικού Προγραμματισμού και γενικότερα προβλημάτων βελτιστοποίησης. Μία κατηγορία αυτών των προβλημάτων είναι και τα προβλήματα Μεικτού Ακεραίου Προγραμματισμού (Mixed Integer Programming), κατηγορία στην οποία υπόκειται και το μοντέλο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπως προαναφέρθηκε. Παράλληλα, για την επίλυση αυτού του μεγάλου εύρους προβλημάτων, το GAMS διαθέτει μία μεγάλη πληθώρα από solvers, δηλαδή αλγορίθμους επίλυσης, οι οποίοι ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, χρησιμοποιούνται αναλόγως για την επίλυση συγκεκριμένων κατηγοριών προβλημάτων.

Ένας από αυτούς τους solvers, είναι και ο Cplex, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία και ενδείκνυται, για υψηλής απόδοσης επίλυση, τόσο προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού (Linear Programming), όσο και προβλημάτων Μεικτού Ακεραίου Προγραμματισμού (Mixed Integer Programming) και ο οποίος, χρησιμοποιεί την τεχνική επίλυσης που ονομάζεται branch & cut.

Η έκδοση του GAMS που χρησιμοποιήθηκε, ήταν η 24.5.3, ενώ του solver Cplex, η 12.6.2.0.



## 7 Αριθμητική εφαρμογή του μοντέλου σύζευξης των προ-ημερήσιων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας(day ahead-market coupling)

Με σκοπό την πλήρη ανάλυση των αποτελεσμάτων, αλλά και λόγω των παραδοχών που έγιναν, όσον αφορά τον υπολογισμό κάποιων μεγεθών που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, κρίνεται απαραίτητη η όσο το δυνατόν πληρέστερη παρουσίαση των βημάτων που ακολουθήθηκαν για την δημιουργία και εξαγωγή των δεδομένων εισόδου στο μοντέλο. Συνεπώς, παρακάτω παρατίθεται μία αναλυτική παρουσίαση των παραδοχών και υποθέσεων που έγιναν κατά τη διαδικασία δημιουργίας των δεδομένων εισόδου του μοντέλου και χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση του μοντέλου σύζευξης των προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας.

### 7.1 Καμπύλη ζήτησης και σενάρια ζήτησης

Για την δημιουργία των ημερήσιων καμπυλών ζήτησης που χρειάστηκαν για την επίλυση του μοντέλου, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για την ζήτηση των χωρών της Ελλάδας, της Ιταλίας, της Βουλγαρίας και της Fygom, τα οποία αναφέρονται στη ζήτηση των εν λόγω χωρών για την κάθε ημέρα του έτους 2015, που αποτελεί και το έτος μελέτης και εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας και προήλθαν από δεδομένα του εργαστηρίου e3mlab (Εργαστήριο Υποδειγμάτων Ενέργειας-Οικονομίας-Περιβάλλοντος), που δραστηριοποιείται στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, υπό τον κ. Παντελή Κάπρο. Επίσης, εξετάστηκαν διάφορα σενάρια και επίπεδα ζήτησης για την μελέτη της συμπεριφοράς του μοντέλου. Αξίζει να σημειωθεί πως, στο μοντέλο περιλαμβάνεται επιλογή, σύμφωνα με την οποία μπορεί να θεωρηθεί και ένα ποσοστό ελαστικής ζήτησης ταυτόχρονα με την ανελαστική ζήτηση, ανάλογα και με τις κατευθύνσεις επίλυσης του μοντέλου.

#### 7.1.1 Σενάρια Ανελαστικής Ζήτησης

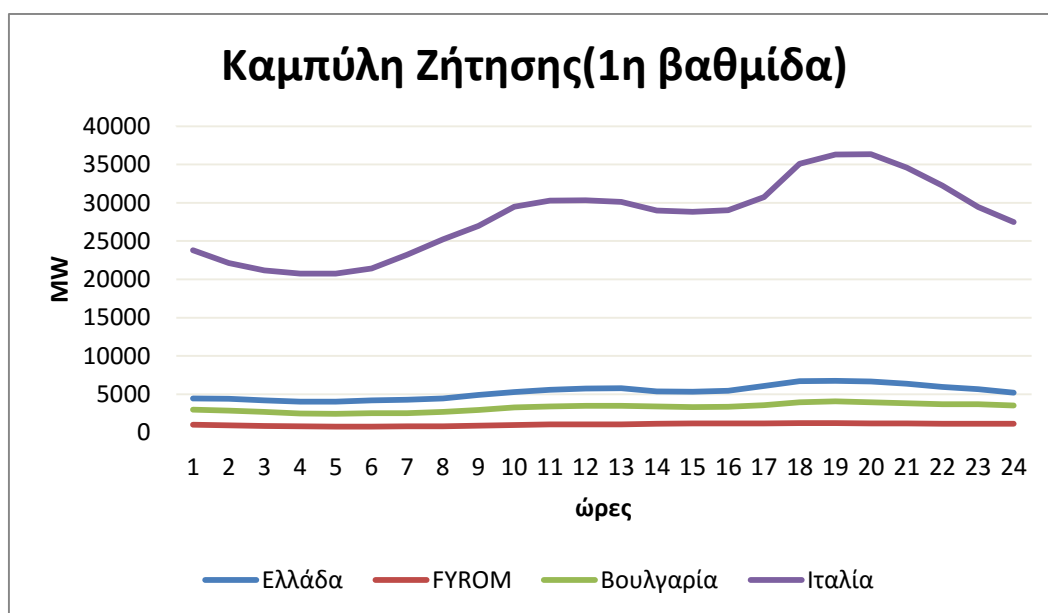
Δημιουργήθηκαν 5 σενάρια ανελαστικής ζήτησης, συνεπώς επιλέχθηκαν 5 ημέρες του έτους 2015 και σύμφωνα με το κριτήριο πως, η κάθε επόμενη ημέρα έχει μεγαλύτερο συνολικό φορτίο για τις τέσσερις χώρες από την προηγούμενη, μέχρι την τελευταία και πέμπτη ημέρα που επιλέχθηκε και αποτελείται από τη μεγαλύτερη κλίμακα φορτίου.

### 7.1.1.1 Πρώτο Σενάριο Ζήτησης – 2<sup>η</sup> ημέρα του έτους 2015 (02/01/2015)

Στο πρώτο σενάριο της ανελαστικής ζήτησης, επιλέχθηκε η δεύτερη ημέρα του έτους 2015, ως πρώτη βαθμίδα φορτίου, καθώς παρουσιάζει μικρό φορτίο για τις τέσσερις χώρες, σε σχέση με τον μέσο όρο ολόκληρου του έτους. Παρακάτω, παρατίθεται αντίστοιχο διάγραμμα με την καμπύλη ζήτησης των 4 χωρών την εν λόγω ημέρα, καθώς και την αιχμή φορτίου για την κάθε χώρα.

Αιχμή Φορτίου(1η βαθμίδα)	
Χώρα	Αιχμή(MW)
Ελλάδα	6761,118
Fyrom	1246,025
Βουλγαρία	4065,65
Ιταλία	36333,82

Πίνακας 1: Αιχμή Φορτίου για την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015



Διάγραμμα 1: Καμπύλη Ζήτησης την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015

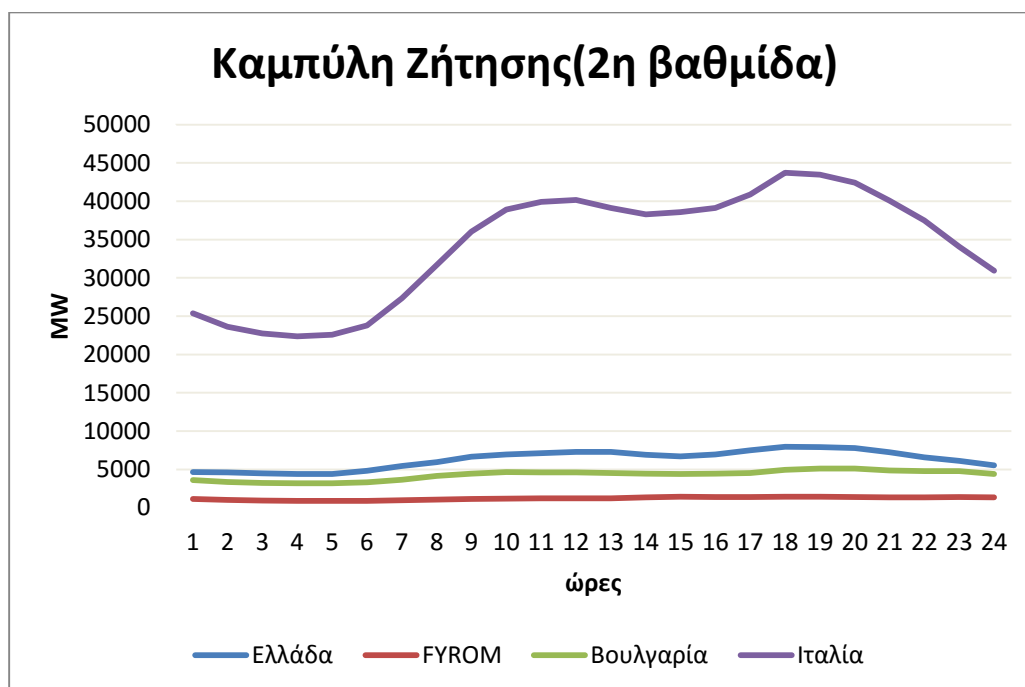
Όπως παρατηρείται από το παραπάνω γράφημα, η καμπύλη ζήτησης της Ιταλίας παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερο μέγεθος, σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες καθώς, είναι συνάρτηση του μεγάλου μεγέθους της εν λόγω χώρας συγκριτικά με τις άλλες τρεις χώρες, τόσο πληθυσμιακά, όσο και στον ενεργειακό τομέα.

### 7.1.1.2 Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης – 3<sup>η</sup> ημέρα του έτους 2015 (03/01/2015)

Στο δεύτερο σενάριο της ανελαστικής ζήτησης, επιλέχθηκε η τρίτη ημέρα του έτους 2015, ως δεύτερη βαθμίδα φορτίου και παρακάτω παρατίθενται επίσης, η καμπύλη φορτίου, αλλά και η αιχμή φορτίου για κάθε χώρα. Η επιλογή της εν λόγω ημέρας, έγινε λόγω της πολύ μεγαλύτερης ζήτησης που παρουσιάζει συγκριτικά με την πρώτη βαθμίδα ζήτησης και με στόχο τη μελέτη της συμπεριφοράς του μοντέλου σε δύο συνεχόμενες ημέρες του έτους, με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους.

Αιχμή Φορτίου(2η βαθμίδα)	
Χώρα	Αιχμή(MW)
Ελλάδα	7944,968
Fyrom	1432,65
Βουλγαρία	5121,699
Ιταλία	43719,85

Πίνακας 2: Αιχμή Φορτίου για την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015



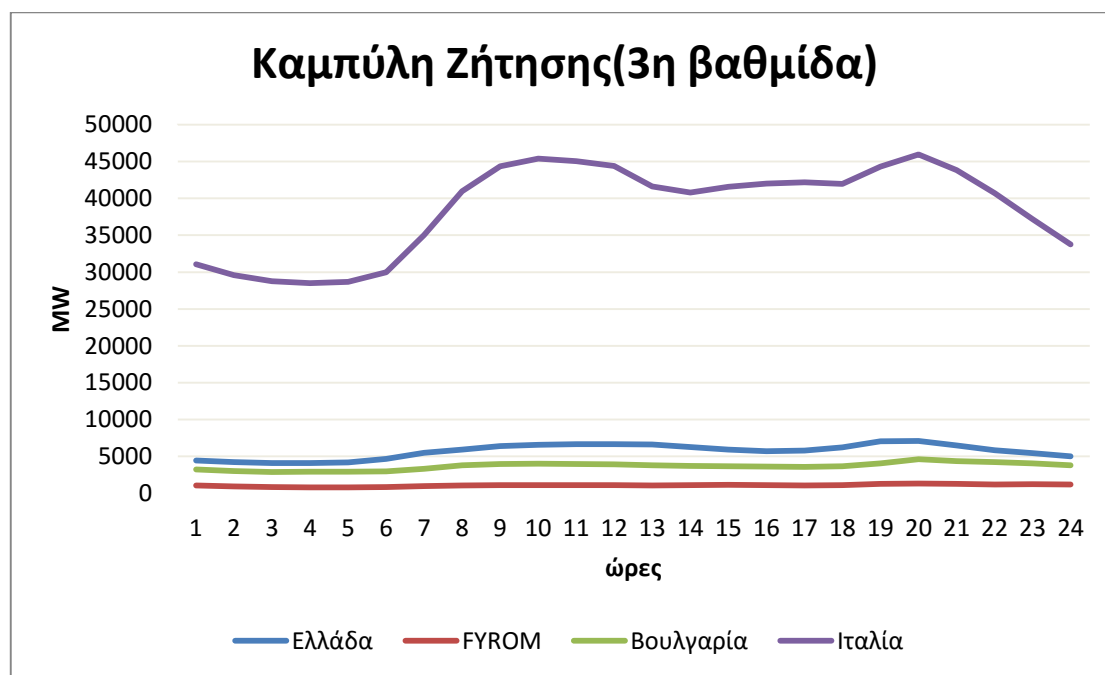
Διάγραμμα 2: Καμπύλη Ζήτησης την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015

### 7.1.1.3 Τρίτο Σενάριο Ζήτησης – 301<sup>η</sup> ημέρα του έτους 2015 (29/10/2015)

Στο τρίτο σενάριο της ανελαστικής ζήτησης, επιλέχθηκε η εικοστή ένατη ημέρα του Οκτωβρίου 2015, ως τρίτη βαθμίδα φορτίου και παρακάτω παρατίθενται επίσης, η καμπύλη φορτίου, αλλά και η αιχμή φορτίου για κάθε χώρα.

Αιχμή Φορτίου(3η βαθμίδα)	
Χώρα	Αιχμή(MW)
Ελλάδα	7102,05
Fyrom	1305,253
Βουλγαρία	4627,895
Ιταλία	45953,44

Πίνακας 3: Αιχμή Φορτίου για την 29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015



Διάγραμμα 3: Καμπύλη Ζήτησης την 29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015

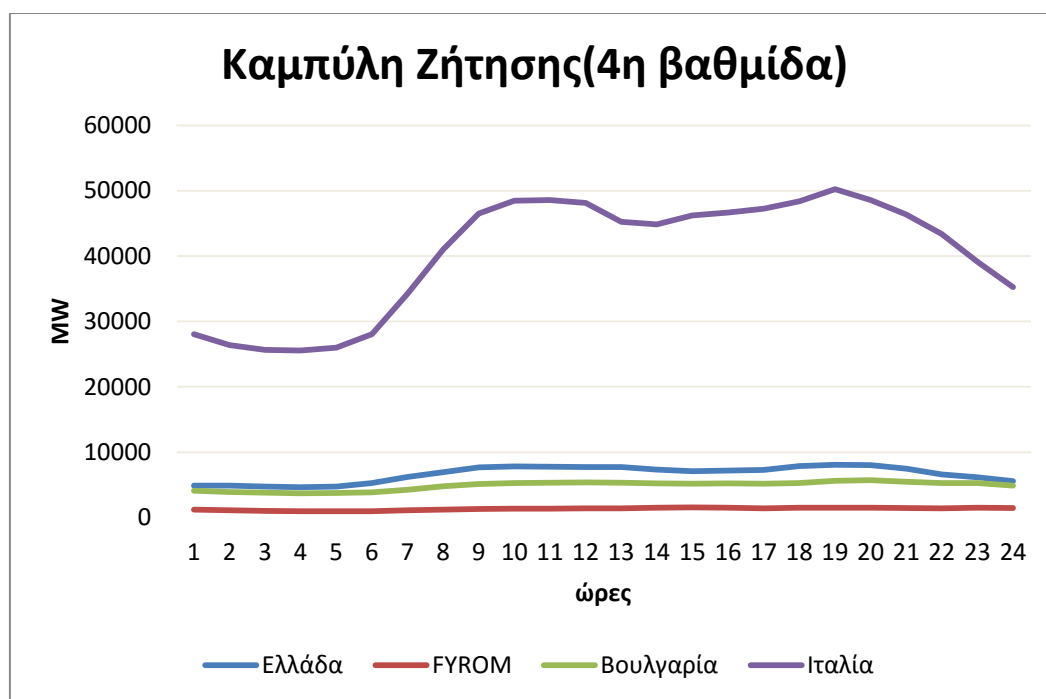
Η ημέρα αυτή επιλέχθηκε, καθώς αποτελεί ημέρα του φθινοπώρου και εντάσσεται στην προσπάθεια εξέτασης της συμπεριφοράς του μοντέλου, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ένας άλλος λόγος ήταν, η ιδιαίτερα αυξημένη ζήτηση που παρουσιάζεται στην Ιταλία την εν λόγω ημέρα.

#### 7.1.1.4 Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης – 39<sup>η</sup> ημέρα του έτους 2015 (08/02/2015)

Στο τέταρτο σενάριο της ανελαστικής ζήτησης, επιλέχθηκε η όγδοη ημέρα του Φεβρουαρίου του 2015, ως τέταρτη βαθμίδα φορτίου και παρακάτω παρατίθενται επίσης, η καμπύλη φορτίου, αλλά και η αιχμή φορτίου για κάθε χώρα.

Αιχμή Φορτίου(4η βαθμίδα)	
Χώρα	Αιχμή(MW)
Ελλάδα	8091,38
Fyrom	1561,164
Βουλγαρία	5714,264
Ιταλία	50227,83

Πίνακας 4: Αιχμή Φορτίου για την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015



Διάγραμμα 4: Καμπύλη Ζήτησης την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015

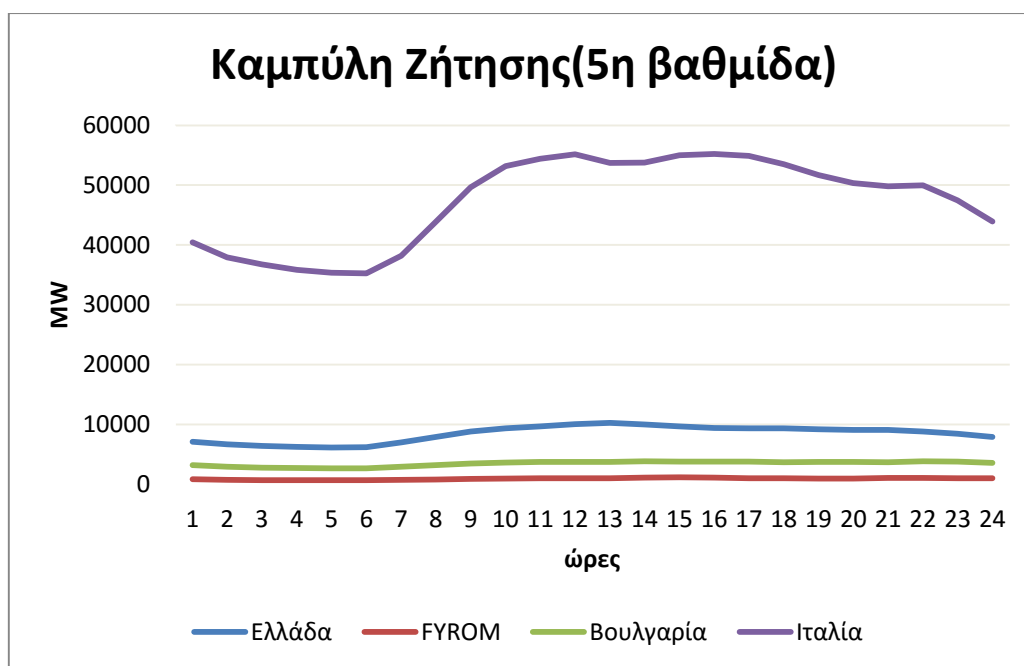
Η επιλογή της εν λόγω ημέρας, έγκειται στην έντονη αιχμή που παρατηρήθηκε, κατά την διάρκειά της σε όλες τις χώρες και γενικότερα στο ιδιαίτερα αυξημένο φορτίο της.

#### 7.1.1.5 Πέμπτο Σενάριο Ζήτησης – 201<sup>η</sup> ημέρα του έτους 2015 (20/07/2015)

Στο πέμπτο σενάριο της ανελαστικής ζήτησης, επιλέχθηκε η εικοστή ημέρα του Ιουλίου του 2015, ως πέμπτη και μεγαλύτερη βαθμίδα φορτίου και παρακάτω παρατίθενται επίσης, η καμπύλη φορτίου, αλλά και η αιχμή φορτίου για κάθε χώρα.

Αιχμή Φορτίου(5η βαθμίδα)	
Χώρα	Αιχμή(MW)
Ελλάδα	10241,55
Fyrom	1142,097
Βουλγαρία	3840,408
Ιταλία	55217,45

Πίνακας 5: Αιχμή Φορτίου για την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015



Διάγραμμα 5: Καμπύλη Ζήτησης την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015

Η επιλογή της συγκεκριμένης ημέρας, πραγματοποιήθηκε καθώς η αιχμή που παρατηρείται την εν λόγω ημέρα στις χώρες της Ελλάδας και της Ιταλίας, αγγίζει τα μέγιστα επίπεδα όλου του έτους και οι οποίες χώρες, αποτελούν τις δύο μεγαλύτερες χώρες που ενσωματώθηκαν στο μοντέλο. Η πολύ μεγάλη αιχμή, δικαιολογείται από τον εποχιακό εντοπισμό της συγκεκριμένης ημέρας, η οποία και αποτελεί ημέρα, που βρίσκεται στο κέντρο του καλοκαιριού, με συνέπεια το πολύ μεγάλο φορτίο σε τουριστικές χώρες, όπως η Ελλάδα και η Ιταλία. Με τη μελέτη μίας τόσο ακραίας ζήτησης, επιχειρείται η διερεύνηση της συμπεριφοράς του μοντέλου στις πιο απαιτητικές συνθήκες φορτίου.

## 7.2 Μονάδες Παραγωγής Ενέργειας – Εταιρείες Παραγωγής Ενέργειας

Στα πλαίσια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας και στην προσπάθεια της προσαρμογής του μοντέλου σύζευξης των αγορών στην πραγματικότητα, χρησιμοποιήθηκαν οι πραγματικές Μονάδες Παραγωγής Ενέργειας των τεσσάρων χωρών που ενσωματώθηκαν στο μοντέλο και οι οποίες βρίσκονται σε λειτουργία το 2015. Στα πλαίσια αυτά και χρησιμοποιώντας στοιχεία και δεδομένα του εργαστηρίου e3mlab για τις Μονάδες Παραγωγής Ενέργειας των τεσσάρων χωρών του μοντέλου, δημιουργήθηκαν από τον γράφοντα, προσφορές ενέργειας για όλους τους Σταθμούς Παραγωγής Ενέργειας, όπου ελήφθησαν υπόψη όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διαφόρων ειδών Σταθμών Παραγωγής κατά την εξαγωγή των προσφορών (τεχνικό ελάχιστο, όριο μεταβολής της ισχύος από ώρα σε ώρα, ελάχιστες ώρες λειτουργίας μέσα στην ημέρα κ.α.). Έτσι, με βάση αυτούς τους τεχνικούς περιορισμούς υποβλήθηκαν οι διάφορες προσφορές ενέργειας από μέρους τους, με στόχο την μεγιστοποίηση του κέρδους τους.

Τα παρακάτω είδη προσφορών ενέργειας ενσωματώθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο:

- 1) Βηματικές Ωριαίες Προσφορές (Step Hourly Orders)
- 2) Κανονικές Μπλοκ Προσφορές (Regular Block Orders)
- 3) Μπλοκ Προσφορές με Προφίλ (Profile Block Orders)
- 4) Μπλοκ Προσφορές που ανήκουν σε Αποκλειστική Ομάδα (Exclusive Group Block Orders)
- 5) Συνδεδεμένες Μπλοκ Προσφορές (Linked Block Orders)
- 6) Προσφορές Κλίσης Φορτίου (Load Gradient Orders)
- 7) Ευέλικτες Ωριαίες Προσφορές (Flexible Hourly Orders)

Οι Μονάδες Παραγωγής που χρησιμοποιήθηκαν, χωρίζονται σε:

- Λιγνιτικές Μονάδες
- Μονάδες Φυσικού Αερίου (χωρίζονται σε Μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου, Αεριοστροβιλικές Μονάδες, Μονάδες Εσωτερικής Καύσης κ.α.)
- Μονάδες Άνθρακα
- Υδροηλεκτρικές Μονάδες
- Μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (χωρίζονται σε Μονάδες Φωτοβολταϊκών, Μονάδες Αιολικών, Μονάδες Βιομάζας και Μονάδες Μικρών Υδροηλεκτρικών)
- Πυρηνικές Μονάδες

Παρακάτω, παρατίθεται αναλυτικός πίνακας με τις Μονάδες Παραγωγής και την Εταιρεία ιδιοκτησίας τους για την Ελλάδα. Αντίστοιχα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για τις Μονάδες και τις Εταιρείες Παραγωγής, των άλλων τριών χωρών. Αξίζει εδώ να σημειωθεί, η δυνατότητα που παρέχεται στο μοντέλο, μέσω επιλογής (switch) να δεχτεί είτε προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, είτε προσφορές από τις Εταιρείες Παραγωγής, δηλαδή προσφορές χαρτοφυλακίου Μονάδων (portfolio bidding). Έτσι, σε κάθε προσφορά χαρτοφυλακίου, μπορεί να υποβληθεί ποσότητα ενέργειας ίση με τη συνολική δυναμικότητα παραγωγής, των Μονάδων που ανήκουν στην Εταιρεία Παραγωγής, που υποβάλλει την προσφορά.

A/A	Χώρα	Μονάδα Παραγωγής	Ονομασία στο μοντέλο	Ιδιοκτήτης
1	ΕΛΛΑΔΑ	ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ I PPC	AGDIM_I	ΔΕΗ
2	ΕΛΛΑΔΑ	ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ II PPC	AGDIM_II	ΔΕΗ
3	ΕΛΛΑΔΑ	ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ III PPC	AGDIM_III	ΔΕΗ
4	ΕΛΛΑΔΑ	ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ IV PPC	AGDIM_IV	ΔΕΗ
5	ΕΛΛΑΔΑ	ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ V PPC	AGDIM_V	ΔΕΗ
6	ΕΛΛΑΔΑ	ΑΜΥΝΤΑΙΟ I PPC	AM_I	ΔΕΗ
7	ΕΛΛΑΔΑ	ΑΜΥΝΤΑΙΟ II PPC	AM_II	ΔΕΗ
8	ΕΛΛΑΔΑ	ΜΕΛΙΤΗ PPC	MELITI	ΔΕΗ
9	ΕΛΛΑΔΑ	ΚΑΡΔΙΑ I PPC	KARDIA_I	ΔΕΗ
10	ΕΛΛΑΔΑ	ΚΑΡΔΙΑ II PPC	KARDIA_II	ΔΕΗ
11	ΕΛΛΑΔΑ	ΚΑΡΔΙΑ III PPC	KARDIA_III	ΔΕΗ
12	ΕΛΛΑΔΑ	ΚΑΡΔΙΑ IV PPC	KARDIA_IV	ΔΕΗ
13	ΕΛΛΑΔΑ	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ III PPC	MEGAL_III	ΔΕΗ
14	ΕΛΛΑΔΑ	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ IV PPC	MEGAL_IV	ΔΕΗ
15	ΕΛΛΑΔΑ	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ V PPC	MEGAL_V	ΔΕΗ
16	ΕΛΛΑΔΑ	ΘΗΣ Κομοτηνής PPC	KOMOTINI	ΔΕΗ
17	ΕΛΛΑΔΑ	ΑΗΣ Λαυρίου 4 PPC	LAVR_4	ΔΕΗ
18	ΕΛΛΑΔΑ	ΑΗΣ Λαυρίου 5 PPC	LAVR_5	ΔΕΗ
19	ΕΛΛΑΔΑ	ΑΛΙΒΕΡΙ V* PPC	ALIV_V	ΔΕΗ
20	ΕΛΛΑΔΑ	ΘΗΣ ΕΝΘΕΣ ELPEDISON_ENERGY	ENTHES	ELPEDISON
21	ΕΛΛΑΔΑ	ELPEDISON ΘΙΣΒΗ ELPEDISON_ENERGY	THISVI	ELPEDISON
22	ΕΛΛΑΔΑ	PROTERGIA CC PROTERGIA	PROTERGIA	MYTILINAIOS
23	ΕΛΛΑΔΑ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ POWER KORINTHOS POWER	KORINTHOS	MYTILINAIOS
24	ΕΛΛΑΔΑ	ΣΗΘ Αλουμινίου ALUMINIUM S.A.	ATE_CHP	MYTILINAIOS
25	ΕΛΛΑΔΑ	ΗΡΩΝ CC HERON_II_VIOTIAS	IRON_II	TERNA
26	ΕΛΛΑΔΑ	ΘΗΣ ΗΡΩΝ - 1 HERON	IRON_1	TERNA
27	ΕΛΛΑΔΑ	ΘΗΣ ΗΡΩΝ - 2 HERON	IRON_2	TERNA
28	ΕΛΛΑΔΑ	ΘΗΣ ΗΡΩΝ - 3 HERON	IRON_3	TERNA

Πίνακας 6: Μονάδες Παραγωγής Ενέργειας στην Ελλάδα



### 7.2.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Σταθμών Παραγωγής

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κάθε Σταθμού Παραγωγής Ενέργειας.

Χώρα	Μονάδα Παραγωγής	Τεχνικό Μέγιστο(MW)	Τεχνικό Ελάχιστο(MW)	Ramp Up/Down(MW/hour)
GR	AGDIM_I	274	150	180
GR	AGDIM_II	274	150	180
GR	AGDIM_III	283	155	180
GR	AGDIM_IV	283	155	180
GR	AGDIM_V	342	188	180
GR	AM_I	273	150	126
GR	AM_II	273	150	180
GR	MELITI	289	151	138
GR	KARDIA_I	275	151	120
GR	KARDIA_II	275	151	120
GR	KARDIA_III	280	154	120
GR	KARDIA_IV	280	154	120
GR	MEGAL_III	255	154	84
GR	MEGAL_IV	256	195	84
GR	MEGAL_V	400	284	480
GR	KOMOTINI	476,3	130	300
GR	LAVR_4	550,2	94	360
GR	LAVR_5	377,7	220	480
GR	ALIV_V	420	250	480
GR	ENTHES	389,4	220	480
GR	THISVI	410	230	480
GR	PROTERGIA	422,1	220	480
GR	KORINTHOS	432,7	220	480
GR	ATE_CHP	433,5	220	480
GR	IRON_II	334	200	420
GR	IRON_1	49,3	1	1200
GR	IRON_2	49,3	1	1200
GR	IRON_3	49,3	1	1200

Πίνακας 7: Τεχνικά Χαρακτηριστικά των Μονάδων Παραγωγής της Ελλάδας

Αξίζει να σημειωθεί πως, όπως και με τις Μονάδες Παραγωγής της Ελλάδας, υπολογίστηκαν με τον ίδιο τρόπο και τα αντίστοιχα μεγέθη για τις Μονάδες Παραγωγής των άλλων χωρών που ενσωματώθηκαν στο μοντέλο και τα οποία δεν παρατίθενται για λόγους απλότητας και οικονομίας χώρου στην παρουσίαση των δεδομένων εισόδου του μοντέλου.

## 7.2.2 Υδροηλεκτρική Παραγωγή

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Υδροηλεκτρικές Μονάδες Παραγωγής, είναι ένα μέγεθος που παρουσιάζει αρκετή μεταβλητότητα. Ο κυριότερος παράγοντας, που οδηγεί σε αυτές τις μεγάλες μεταβολές είναι η διαθεσιμότητα ή μη, μεγάλων ποσοτήτων νερού, από τις οποίες θα εξαρτηθεί και το μέγεθος της υδροηλεκτρικής παραγωγής. Ένας άλλος παράγοντας, είναι ο τρόπος που επιλέγουν οι εκπρόσωποι των Υδροηλεκτρικών να αντιμετωπίσουν την υποχρεωτική παραγωγή των Υδροηλεκτρικών. Στα πλαίσια αυτά, η στρατηγική που επιλέχθηκε για την υποχρεωτική παραγωγή των Υδροηλεκτρικών, είναι η παραγωγή σύμφωνα με τις αιχμές του φορτίου που εμφανίζεται. Συνεπώς, τα Υδροηλεκτρικά ουσιαστικά, «κόβουν» τις αιχμές της καμπύλης φορτίου και κατά αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται τελικά και η μεγιστοποίηση των κερδών, των εκπροσώπων των Υδροηλεκτρικών Μονάδων Παραγωγής.

Ειδικότερα, επιλέχθηκε η υποχρεωτική παραγωγή των Υδροηλεκτρικών, να καλύπτει την ποσότητα πάνω από το 80% της αιχμής της ανελαστικής καμπύλης ζήτησης, της συγκεκριμένης ημέρας που μελετάται και με αυτό τον τρόπο, να «κόβει» όπως προαναφέρθηκε τις αιχμές της ζήτησης. Αξίζει να σημειωθεί πως, στο μοντέλο υπάρχει επιλογή (switch), σύμφωνα με την οποία, αποφασίζεται αν θα επιβληθεί η εισαγωγή της υποχρεωτικής ποσότητας των Υδροηλεκτρικών στο σύστημα, ως υποχρεωτική έγχυση όπως αναλύθηκε παραπάνω, στρατηγική που ακολουθείται και στην Ελλάδα, ταυτόχρονα με την κατάθεση και προσφορών ενέργειας (bidding). Δηλαδή, δίνεται σε κάθε περίπτωση η δυνατότητα, οι Υδροηλεκτρικές Μονάδες να προσφέρουν ενέργεια όπως όλες οι άλλες Μονάδες Παραγωγής (bidding) και να συμμετέχουν κανονικά ως «παίκτες» στην διαδικασία εκκαθάρισης της αγοράς και κάθε φορά αποφασίζεται αν θα εισαχθεί στο σύστημα ταυτόχρονα και μία υποχρεωτική ποσότητα Υδροηλεκτρικών. Συνεπώς, επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί σε ένα μικρό ποσοστό η συμμετοχή τους στην διαδικασία εκκαθάρισης (bidding), ούτως ώστε να μην ξεπεραστεί η δυναμικότητα παραγωγής τους, στην περίπτωση που αποφασίζεται και ύπαρξη υποχρεωτικής έγχυσης. Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με την συνολική δυναμικότητα παραγωγής των Υδροηλεκτρικών των τεσσάρων χωρών του μοντέλου, σύμφωνα και με στοιχεία από το εργαστήριο e3mlab και τη Wikipedia και όπου θεωρήθηκε πως τα Υδροηλεκτρικά συμπεριφέρονται σαν ένας παραγωγός για την κάθε χώρα.

Χώρα	Υδροηλεκτρικά	Ονομασία στο μοντέλο	Δυναμικότητα(MW)
Ελλάδα	Υδροηλεκτρικά Ελλάδας	Bid_Hydro	1035,1
Fyrom	Υδροηλεκτρικά Fyrom	Bid_Hydro_f	634,4
Βουλγαρία	Υδροηλεκτρικά Βουλγαρίας	hydro_bg	2595
Ιταλία	Υδροηλεκτρικά Ιταλίας	hydro_it	10345,1

Πίνακας 8: Υδροηλεκτρικές Μονάδες Παραγωγής

### 7.2.3 Παραγωγή Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Όσον αφορά τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, αποτελούν και αυτές ένα μέγεθος εξαιρετικά ευμετάβλητο, καθώς εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες και κατά αυτό τον τρόπο παρουσιάζουν μεγάλες μεταβολές από ημέρα σε ημέρα, αλλά και από ώρα σε ώρα λειτουργίας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, θεωρήθηκε πως αποτελεί ένα μίγμα παραγωγής από Φωτοβολταϊκά (Solar), Αιολικά (Wind), Βιομάζα-Βιοαέριο (Biomass) και Μικρά Υδροηλεκτρικά (Run of River – ROR). Η παραγωγή τους, θεωρήθηκε ανελαστική ποσότητα και υπολογίστηκε για κάθε ημέρα – σενάριο που μελετήθηκε, ως υποχρεωτική έγχυση στο σύστημα. Αξίζει να σημειωθεί πως και σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει επιλογή που περιλαμβάνεται στο μοντέλο και επιτρέπει την υποβολή προσφορών από Μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (bidding), κατά τον ίδιο τρόπο που προσφέρουν ενέργεια και οι υπόλοιπες συμβατικές Μονάδες Παραγωγής και συνεπώς την ανταγωνιστική συμμετοχή τους στην διαδικασία εκκαθάρισης. Για το σκοπό αυτό, θεωρήθηκαν όλες οι Μονάδες Παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ως ένας παραγωγός σε κάθε χώρα, όπως και στην περίπτωση των Υδροηλεκτρικών Μονάδων Παραγωγής, ο οποίος μπορεί να υποβάλλει προσφορές σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της Μονάδας του και μέγιστη ποσότητα προσφοράς, την εγκατεστημένη ισχύ της κάθε χώρας, στην οποία και δραστηριοποιείται. Παρακάτω, παρατίθεται εικόνα με την διαχρονική μεταβολή της εγκατεστημένης ισχύος των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ελλάδα, μέχρι και τον Μάιο του 2015, σύμφωνα και με στοιχεία από τον ΛΑΓΗΕ.



Εικόνα 13: Διαχρονική Μεταβολή της Εγκατεστημένης Ισχύος των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα από το 2008 μέχρι και τα μέσα του 2015 (Πηγή: [www.naftemporiki.gr](http://www.naftemporiki.gr))

### 7.2.4 Παραγωγή Ενέργειας από Φωτοβολταϊκά

Τα Φωτοβολταϊκά χωρίζονται σε Φωτοβολταϊκούς Σταθμούς και σε Φωτοβολταϊκά Στεγών και συνδέονται είτε στην Μέση Τάση, είτε στην Χαμηλή Τάση. Σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν παραπάνω, πραγματοποιήθηκε μία αναγωγή-προβολή των μεγεθών μέχρι και το τέλος του 2015, όπου θεωρήθηκε μία μικρή αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος

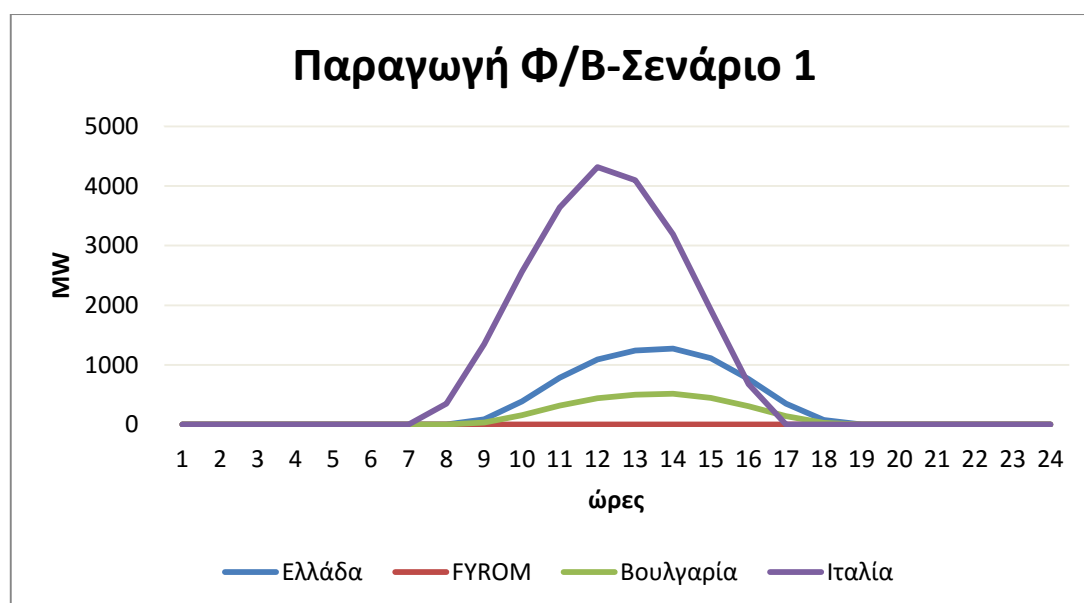
των Φωτοβολταϊκών. Για την εξαγωγή της εγκατεστημένης ισχύος στο τέλος του 2015, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το εργαστήριο e3mlab, που αφορούσαν την εγκατεστημένη ισχύ των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ελλάδα και τις υπόλοιπες χώρες του μοντέλου, το έτος 2014, με βάση και τα οποία έγινε και η προβολή των στοιχείων για το 2015. Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με την εγκατεστημένη ισχύ των Φωτοβολταϊκών για τις τέσσερις χώρες του μοντέλου και τους συντελεστές φόρτισης (load factors) της κάθε χώρας.

A/A	Μονάδα Παραγωγής	Ονομασία στο μοντέλο	Εγκατεστημένη Ισχύς(MW)	Συντελεστής Φόρτισης
1	Φωτοβολταϊκά Ελλάδα	solar_gr	2605	0,168297021
2	Φωτοβολταϊκά Fyrom	solar_fy	7	0,147860631
3	Φωτοβολταϊκά Βουλγαρία	solar_bg	1052	0,168297021
4	Φωτοβολταϊκά Ιταλία	solar_it	21068	0,110012095

Πίνακας 9: Φωτοβολταϊκές Μονάδες σε Ελλάδα, Fyrom, Βουλγαρία και Ιταλία

#### 7.2.4.1 Παραγωγή Φωτοβολταϊκών – Πρώτο Σενάριο Ζήτησης(2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015)

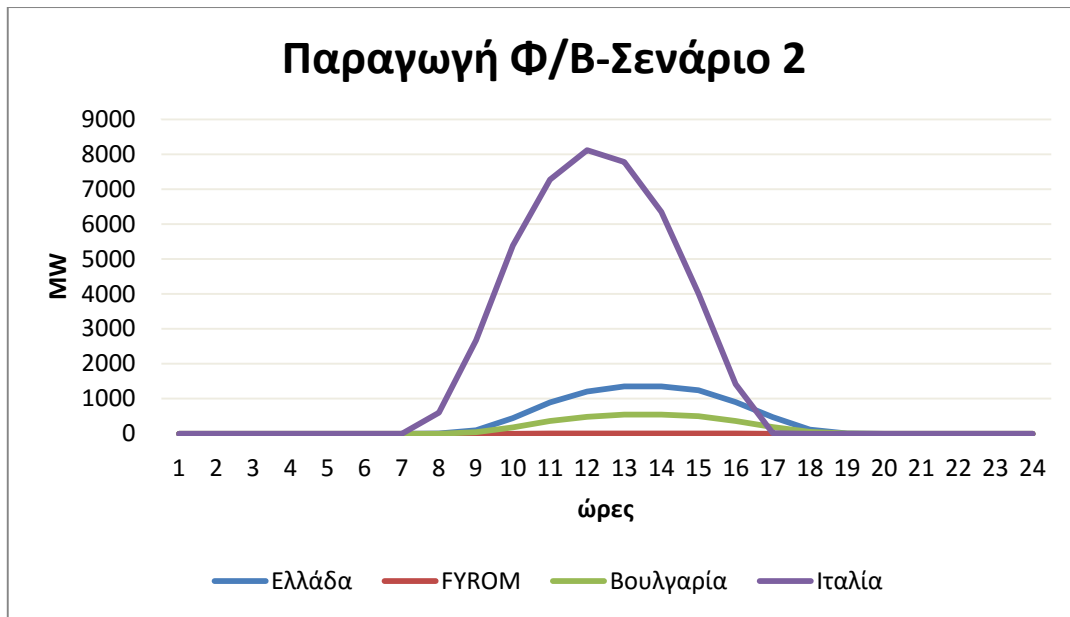
Παρακάτω, παρατίθεται διάγραμμα με την παραγωγή ενέργειας από Φωτοβολταϊκά, για το πρώτο σενάριο και την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015, σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω για την εγκατεστημένη ισχύ, αλλά και τους συντελεστές φόρτισης της κάθε χώρας.



Διάγραμμα 6: Παραγωγή Φωτοβολταϊκών την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015

#### 7.2.4.2 Παραγωγή Φωτοβολταϊκών – Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης(3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015)

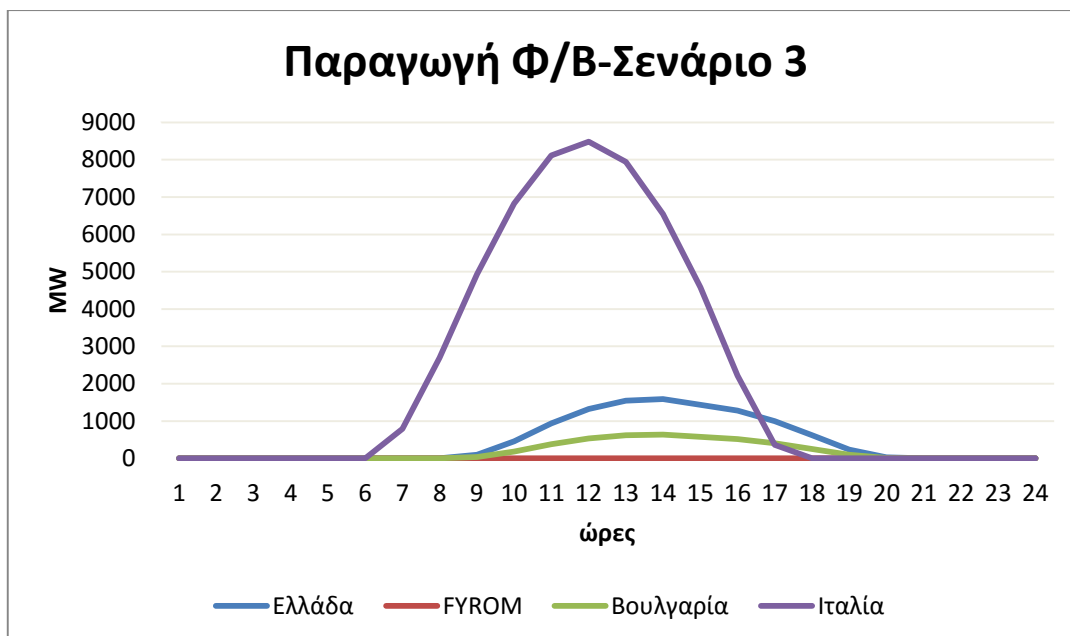
Παρακάτω, παρατίθεται διάγραμμα με την παραγωγή ενέργειας από Φωτοβολταϊκά, για το δεύτερο σενάριο και την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015, σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω για την εγκατεστημένη ισχύ, αλλά και τους συντελεστές φόρτισης της κάθε χώρας.



Διάγραμμα 7: Παραγωγή Φωτοβολταϊκών την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015

#### 7.2.4.3 Παραγωγή Φωτοβολταϊκών – Τρίτο Σενάριο Ζήτησης(29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015)

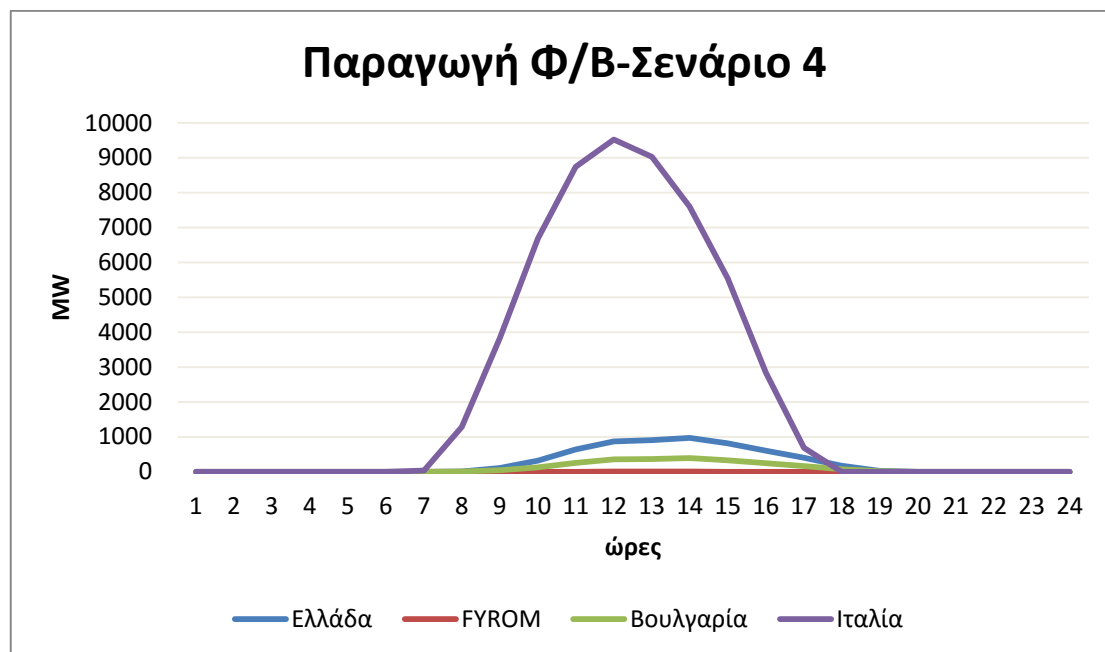
Παρακάτω, παρατίθεται διάγραμμα με την παραγωγή ενέργειας από Φωτοβολταϊκά, για το τρίτο σενάριο και την 29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015, σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω για την εγκατεστημένη ισχύ, αλλά και τους συντελεστές φόρτισης της κάθε χώρας.



Διάγραμμα 8: Παραγωγή Φωτοβολταϊκών την 29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015

#### 7.2.4.4 Παραγωγή Φωτοβολταϊκών – Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης(8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015)

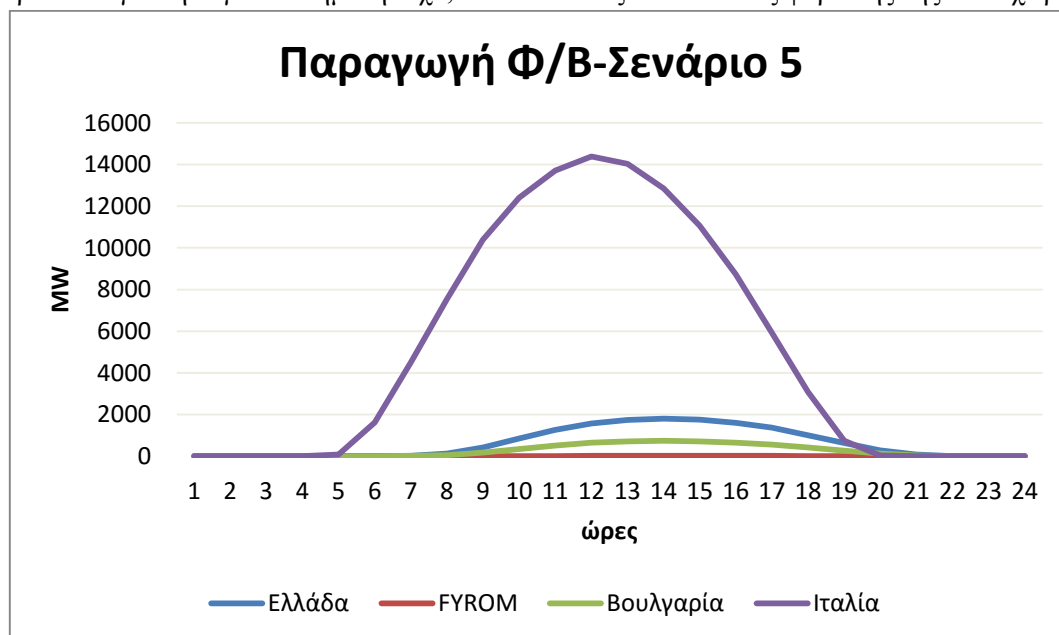
Παρακάτω, παρατίθεται διάγραμμα με την παραγωγή ενέργειας από Φωτοβολταϊκά, για το τέταρτο σενάριο και την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015, σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω για την εγκατεστημένη ισχύ, αλλά και τους συντελεστές φόρτισης της κάθε χώρας.



Διάγραμμα 9: Παραγωγή Φωτοβολταϊκών την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015

#### 7.2.4.5 Παραγωγή Φωτοβολταϊκών – Πέμπτο Σενάριο Ζήτησης(20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015)

Παρακάτω, παρατίθεται διάγραμμα με την παραγωγή ενέργειας από Φωτοβολταϊκά, για το πέμπτο σενάριο και την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015, σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω για την εγκατεστημένη ισχύ, αλλά και τους συντελεστές φόρτισης της κάθε χώρας.



Διάγραμμα 10: Παραγωγή Φωτοβολταϊκών την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015

### 7.2.5 Παραγωγή Ενέργειας από Αιολικά

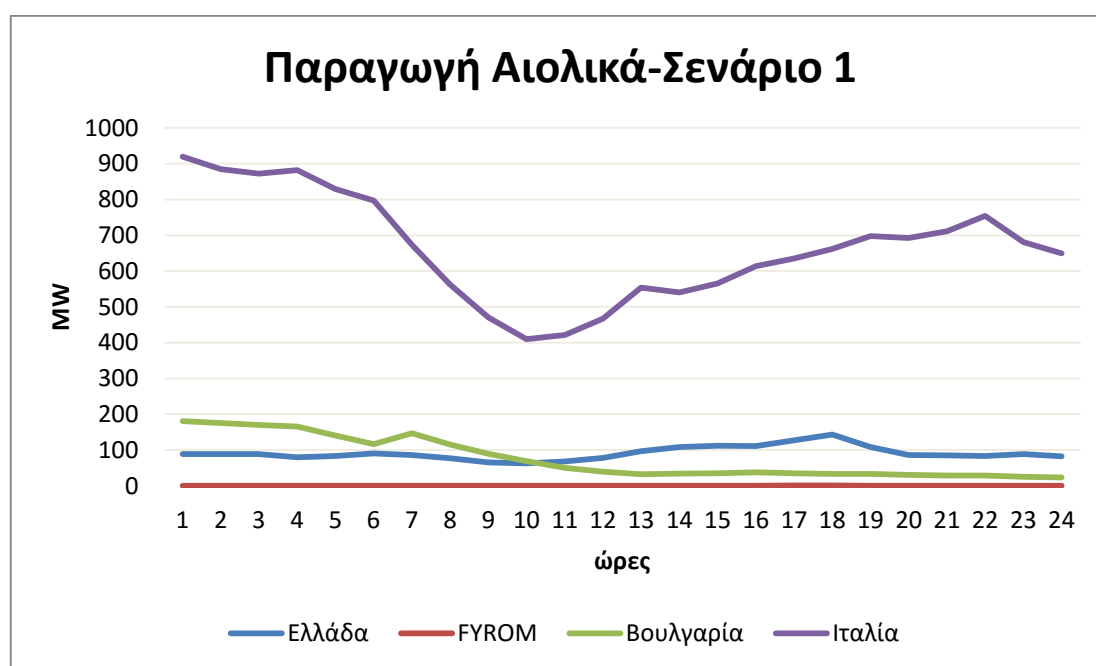
Όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας από Αιολικά, ακολουθήθηκε η ίδια συλλογιστική πορεία με τα Φωτοβολταϊκά, όπου και πάλι θεωρήθηκε μία μικρή αύξηση στην εγκατεστημένη ισχύ, σε σχέση με τα στοιχεία του 2014. Παρακάτω, παρατίθενται τα στοιχεία των Μονάδων Παραγωγής από Αιολικά, όπου και πάλι θεωρήθηκε πως συμπεριφέρονται σαν ένας παραγωγός για την κάθε χώρα, με δυναμικότητα παραγωγής, την δυναμικότητα της εκάστοτε χώρας.

A/A	Μονάδα Παραγωγής	Ονομασία στο μοντέλο	Εγκατεστημένη Ισχύς(MW)	Συντελεστής Φόρτισης
1	Αιολικά Ελλάδα	wind_gr	2003	0,257372
2	Αιολικά Fyrom	wind_fy	37	0,140609
3	Αιολικά Βουλγαρία	wind_bg	688	0,234127
4	Αιολικά Ιταλία	wind_it	8690	0,155808

Πίνακας 10: Μονάδες με Αιολικά σε Ελλάδα, Fyrom, Βουλγαρία και Ιταλία

#### 7.2.5.1 Παραγωγή Αιολικών – Πρώτο Σενάριο Ζήτησης(2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015)

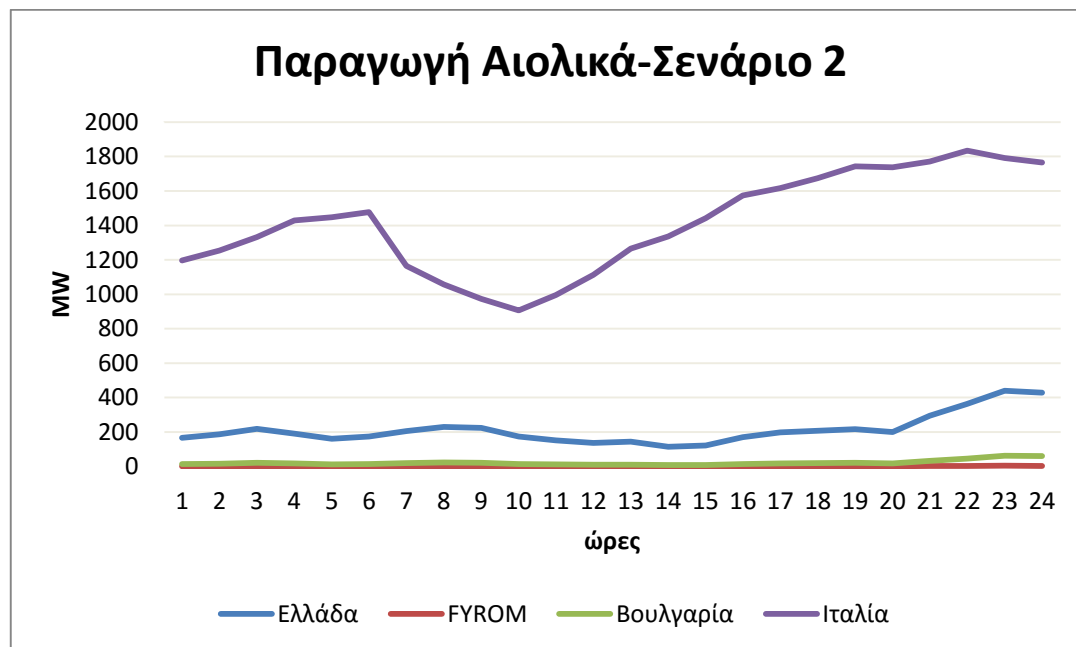
Παρακάτω, παρατίθεται διάγραμμα με την παραγωγή ενέργειας από Αιολικά την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015, σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω για την εγκατεστημένη ισχύ, αλλά και τους συντελεστές φόρτισης για την κάθε χώρα.



Διάγραμμα 11: Παραγωγή Αιολικών την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015

### 7.2.5.2 Παραγωγή Αιολικών – Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης(3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015)

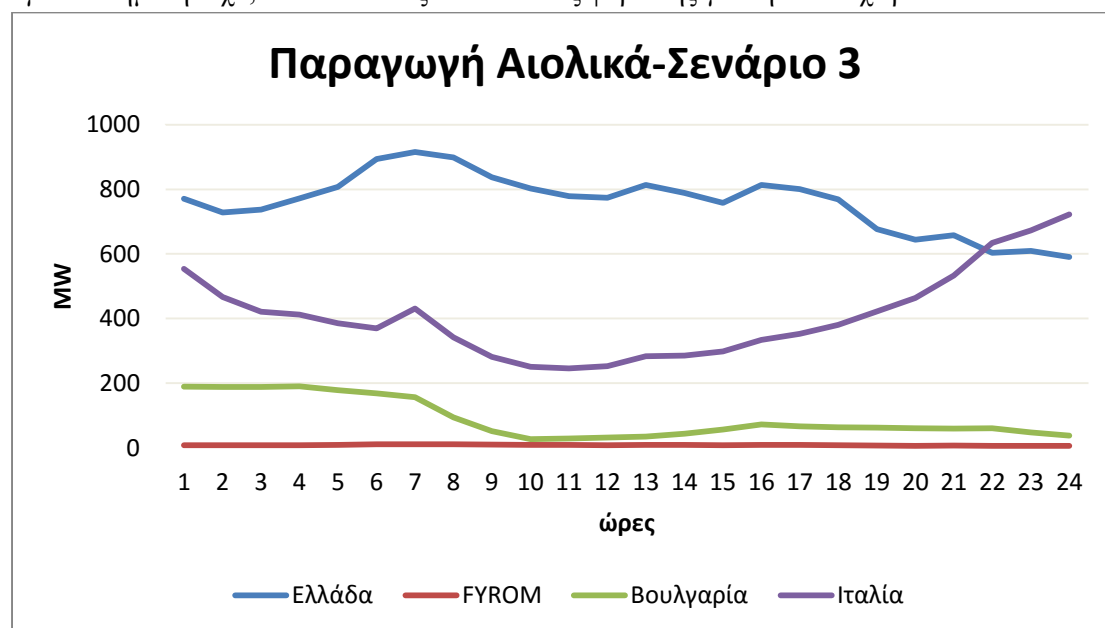
Παρακάτω, παρατίθεται διάγραμμα με την παραγωγή ενέργειας από Αιολικά την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015, σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω για την εγκατεστημένη ισχύ, αλλά και τους συντελεστές φόρτισης για την κάθε χώρα.



Διάγραμμα 12: Παραγωγή Αιολικών την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015

### 7.2.5.3 Παραγωγή Αιολικών – Τρίτο Σενάριο Ζήτησης(29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015)

Παρακάτω, παρατίθεται διάγραμμα με την παραγωγή ενέργειας από Αιολικά την 29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015, σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω για την εγκατεστημένη ισχύ, αλλά και τους συντελεστές φόρτισης για την κάθε χώρα.

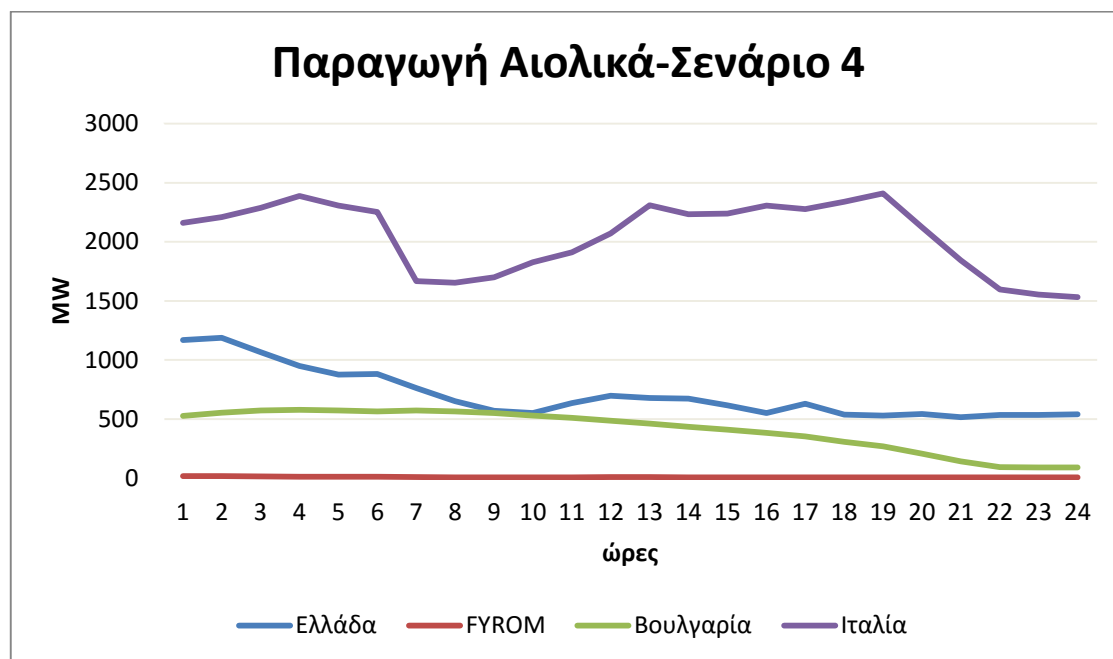


Διάγραμμα 13: Παραγωγή Αιολικών την 29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015



#### 7.2.5.4 Παραγωγή Αιολικών – Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης(8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015)

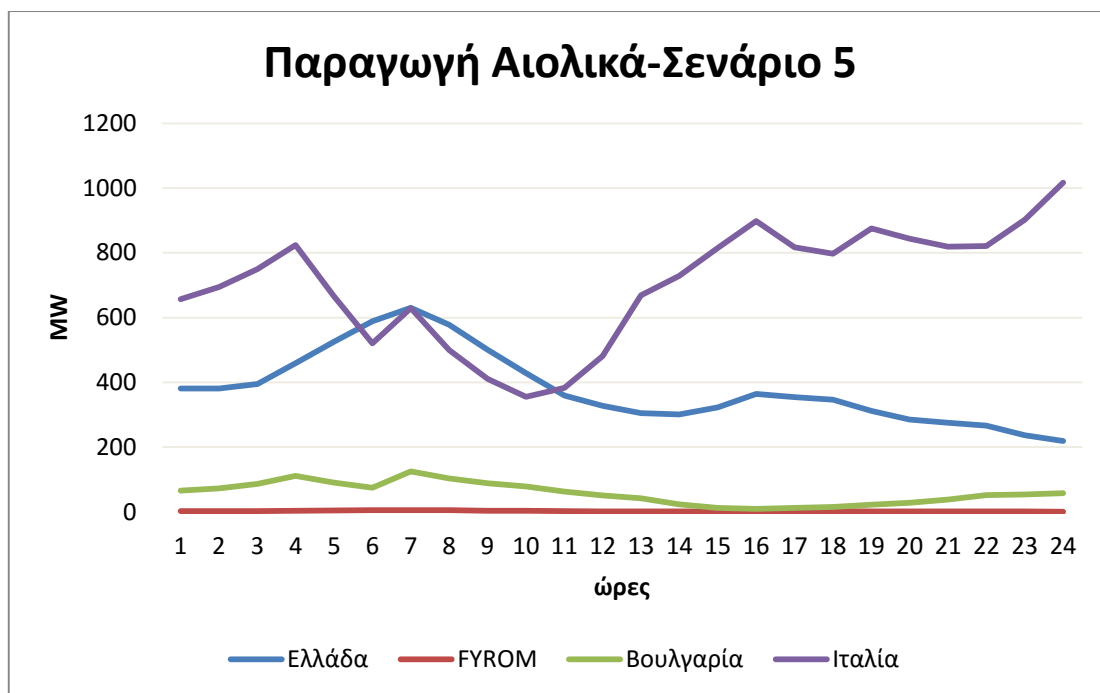
Παρακάτω, παρατίθεται διάγραμμα με την παραγωγή ενέργειας από Αιολικά την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015, σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω για την εγκατεστημένη ισχύ, αλλά και τους συντελεστές φόρτισης για την κάθε χώρα.



Διάγραμμα 14: Παραγωγή Αιολικών την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015

#### 7.2.5.5 Παραγωγή Αιολικών – Πέμπτο Σενάριο Ζήτησης(20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015)

Παρακάτω, παρατίθεται διάγραμμα με την παραγωγή ενέργειας από Αιολικά την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015, σύμφωνα και με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω για την εγκατεστημένη ισχύ, αλλά και τους συντελεστές φόρτισης για την κάθε χώρα.



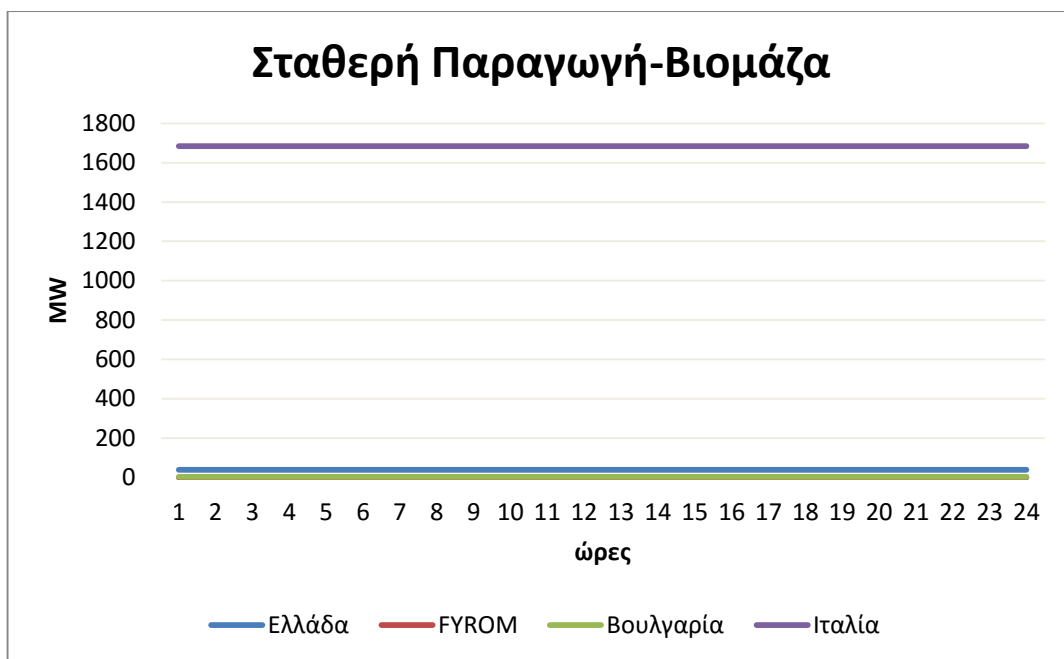
Διάγραμμα 15: Παραγωγή Αιολικών την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015

#### 7.2.6 Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα

Η παραγωγή από Βιομάζα, θεωρήθηκε σταθερή ποσότητα για όλες τις ώρες του έτους για την κάθε χώρα και θεωρήθηκε μία μικρή αύξηση για το 2015, σε σχέση και με τα στοιχεία του 2014. Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τα στοιχεία των Μονάδων Παραγωγής από Βιομάζα, σύμφωνα και με τη θεώρηση του ενός παραγωγού για κάθε χώρα και διάγραμμα με την ημερήσια σταθερή παραγωγή από Βιομάζα σε κάθε χώρα.

A/A	Μονάδα Παραγωγής	Ονομασία στο μοντέλο	Εγκατεστημένη Ισχύς(MW)	Συντελεστής Φόρτισης
1	Βιομάζα Ελλάδα	biomass_gr	55	0,7003
2	Βιομάζα Fyrom	biomass_fy	0	0
3	Βιομάζα Βουλγαρία	biomass_bg	15	0,283929
4	Βιομάζα Ιταλία	biomass_it	1948	0,86416

Πίνακας 11: Μονάδες Παραγωγής Βιομάζας



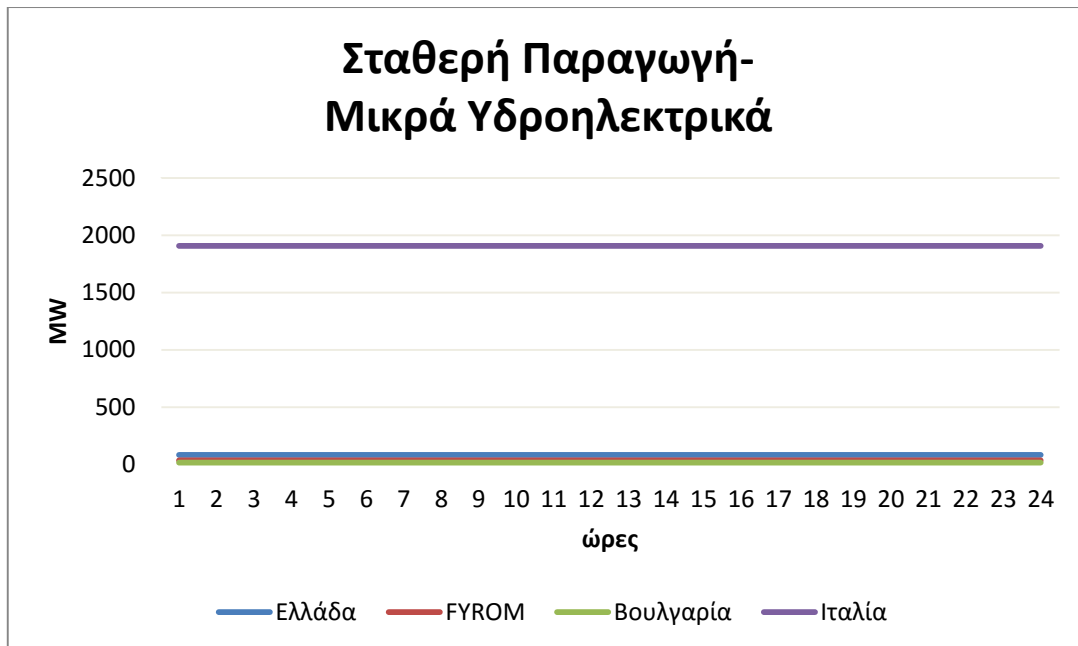
Διάγραμμα 16: Σταθερή Ημερήσια Παραγωγή από Βιομάζα

#### 7.2.7 Παραγωγή Ενέργειας από Μικρά Υδροηλεκτρικά (Run of River)

Η ίδια ακριβώς θεώρηση με την Βιομάζα ακολουθήθηκε και στην Παραγωγή Ενέργειας από Μικρά Υδροηλεκτρικά, τα οποία θεωρήθηκε επίσης πως, προσφέρουν σταθερή ποσότητα ενέργειας κάθε ημέρα και υπολογίστηκε και εδώ μικρή αύξηση στη δυναμικότητα σε σχέση με το 2014. Παρακάτω, ακολουθεί πίνακας με τις Μονάδες Μικρών Υδροηλεκτρικών στην κάθε χώρα και διάγραμμα με την ημερήσια παραγωγή των Μικρών Υδροηλεκτρικών της κάθε χώρας.

A/A	Μονάδα Παραγωγής	Ονομασία στο μοντέλο	Εγκατεστημένη Ισχύς(MW)	Συντελεστής Φόρτισης
1	Μικρά Υδροηλεκτρικά Ελλάδα	ror_gr	261	0,32
2	Μικρά Υδροηλεκτρικά Fyrom	ror_fy	123	0,30
3	Μικρά Υδροηλεκτρικά Βουλγαρία	ror_bg	308	0,05
4	Μικρά Υδροηλεκτρικά Ιταλία	ror_it	3178	0,60

Πίνακας 12: Μονάδες Μικρών Υδροηλεκτρικών



Διάγραμμα 17: Σταθερή Ημερήσια Παραγωγή από Μικρά Υδροηλεκτρικά

#### 7.2.8 Συμπεριφορά συμμετεχόντων στην αγορά – Λόγοι χρησιμοποίησης των διαφόρων ειδών προσφορών

Η κατάστρωση των μπλοκ προσφορών ενέργειας από την πλευρά των παραγωγών, έγινε με γνώμονα την διατήρηση και εξασφάλιση των τεχνικών χαρακτηριστικών των Μονάδων Παραγωγής που τους ανήκουν. Κατά συνέπεια, η τιμολόγηση των προσφορών πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη το κόστος παραγωγής του κάθε είδους Σταθμού Παραγωγής, αλλά και το κόστος του καυσίμου που χρησιμοποιεί, ενώ παράλληλα συμπεριλήφθηκαν, έστω και έμμεσα στις προσφορές και άλλοι τεχνικοί περιορισμοί, όπως η ελάχιστη διάρκεια σε ώρες που πρέπει να δουλεύει ένας Σταθμός Παραγωγής μέσα σε μία ημέρα, το τεχνικό ελάχιστο του Σταθμού και ο ρυθμός αυξομείωσης της παραγωγής του από ώρα σε ώρα.

Ωστόσο, το μοντέλο αφορά την μελέτη της Προ-Ημερήσιας Αγοράς, με κύριο κριτήριο τη μεγιστοποίηση του συνολικού κοινωνικού πλεονάσματος και δεν έχει ως πρώτο στόχο την πλήρη ικανοποίηση των τεχνικών περιορισμών των Μονάδων Παραγωγής, όπως το Πρόβλημα Κατανομής Μονάδων (Unit Commitment). Κατά συνέπεια, οι τεχνικοί περιορισμοί των Μονάδων περιλαμβάνονται έμμεσα στις προσφορές που κατατίθενται από τους παραγωγούς και όχι άμεσα. Θεωρήθηκε, λοιπόν, πως οι παραγωγοί μπορούν να υποβάλλουν όλα τα είδη των διαθέσιμων προσφορών, καθώς με αυτό τον τρόπο θα αυξήσουν την πιθανότητα συμμετοχής τους στην Προ-Ημερήσια Αγορά και την πιθανότητα μεγιστοποίησης του κέρδους τους, από την εκκαθάριση της αγοράς.

Στη συνέχεια και μετά από την επίλυση της Προ-Ημερήσιας Αγοράς, έχουν τη δυνατότητα να εξισορροπήσουν την παραγωγή τους και άρα να καλύψουν πλήρως τους τεχνικούς περιορισμούς των Μονάδων τους, μέσα από την συμμετοχή τους στην Αγορά Εξισορρόπησης των Αποκλίσεων (Balancing Market) και την Ενδο-Ημερήσια Αγορά (Intraday Market). Συγκεκριμένα, η Αγορά Εξισορρόπησης αποτελεί μια αγορά στην οποία μπορούν να υποβάλλονται προσφορές για αύξηση ή μείωση της παραγωγής και της κατανάλωσης, με

στόχο την εξισορρόπηση σε πραγματικό χρόνο της παραγωγής και της κατανάλωσης στο συνολικό σύστημα. Παράλληλα, μέσω της Ενδο-Ημερήσιας Αγοράς, οι συμμετέχοντες μπορούν να μεταβάλουν την καθαρή θέση τους και να τη διορθώσουν, ούτως ώστε να μην υπόκεινται σε ποινές εξαιτίας της διαφοράς της καθαρής τους θέσης και των ποσοτήτων που αγοράζονται ή πωλούνται σε πραγματικό χρόνο (real-time).

Όσον αφορά τη λογική υποβολής των προσφορών και τα οφέλη που προκύπτουν για τους παραγωγούς από την υποβολή του κάθε είδους προσφορών ενέργειας προκύπτει πως, η υποβολή των μπλοκ προσφορών τους δίνει την ευκαιρία να συμπεριλάβουν περισσότερα τεχνικά χαρακτηριστικά των Μονάδων τους στις προσφορές τους, συγκριτικά με τις ωριαίες προσφορές. Αναλυτικότερα, οι παραγωγοί συμβατικών Μονάδων, όπως Λιγνιτικών Μονάδων και Σταθμών Φυσικού Αερίου, είναι πιθανό να καταφύγουν περισσότερο σε υποβολή μπλοκ προσφορών και προσφορών κλίσης φορτίου, καθώς αυτές θα τους επιτρέψουν να καλύψουν ικανοποιητικότερα τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, όπως την ελάχιστη διάρκεια λειτουργίας και το τεχνικό ελάχιστο των Μονάδων και θα τους αποφέρουν ασφάλεια όσον αφορά την βιωσιμότητα των Μονάδων και ενδεχομένως περισσότερα κέρδη αν γίνουν αποδεκτές οι προσφορές τους. Αντίθετα, οι παραγωγοί περισσότερο ευέλικτων Μονάδων Παραγωγής, όπως οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί και οι Σταθμοί ΑΠΕ, είναι πιθανό να υποβάλλουν σε μεγαλύτερο βαθμό και ωριαίες προσφορές, καθώς με αυτό τον τρόπο θα καταφέρουν να εκμεταλλευτούν στο έπακρο την μεγαλύτερη ευελιξία που τους παρέχεται, από την τεχνολογία των Μονάδων τους.

Αναφορικά με τα διάφορα είδη προσφορών ενέργειας που είναι διαθέσιμα και υλοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, παρακάτω παρατίθενται τα πλεονεκτήματά τους και οι δυνατότητες που δίνουν στους παραγωγούς:

α) Οι *Βηματικές Ωριαίες Προσφορές*, δίνουν την δυνατότητα στους παραγωγούς να υποβάλλουν την ποσότητα ενέργειας που επιθυμούν, διαχωρίζοντάς την σε διάφορα τμήματα (βήματα) και με αυτό τον τρόπο να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη τους. Συγκεκριμένα, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δόθηκε η δυνατότητα στους συμμετέχοντες στην αγορά, παραγωγούς και εκπροσώπους φορτίου, να υποβάλλουν βηματικές προσφορές για κάθε ώρα της επόμενης ημέρας, με 10 βήματα σε κάθε προσφορά, με αυξανόμενη τιμή στις προσφορές ενέργειας από τους παραγωγούς και μειούμενη τιμή στις δηλώσεις φορτίου από τους εκπροσώπους φορτίου. Κατά αυτό τον τρόπο, αυξάνεται η πιθανότητα αποδοχής τουλάχιστον των πρώτων βημάτων της προσφοράς και καθίσταται δυνατή η μεγαλύτερη πιθανότητα κέρδους για τους συμμετέχοντες στην αγορά.

β) Οι μπλοκ προσφορές και τα διάφορα είδη τους, προσφέρουν επίσης πολλές και διαφορετικές επιλογές για τους συμμετέχοντες και ιδιαίτερα τους παραγωγούς ενέργειας. Πιο αναλυτικά:

i) Οι *Απλές Μπλοκ Προσφορές (Regular Block Orders)* και οι *Μπλοκ Προσφορές με Προφίλ (Profile Block Orders)*, δίνουν τη δυνατότητα στους παραγωγούς να προσφέρουν ποσότητες ενέργειας σε αδιαίρετα τμήματα που διαρκούν πολλές ώρες και έτσι να εξασφαλίσουν την πληρέστερη ικανοποίηση των τεχνικών περιορισμών των Μονάδων τους και να εξασφαλίσουν όσο το δυνατόν περισσότερο τη βιωσιμότητά τους, στην περίπτωση ωστόσο, που γίνουν τελικά αποδεκτές οι προσφορές τους από τον αλγόριθμο.

ii) Οι *Μπλοκ Προσφορές σε Αποκλειστική Ομάδα (Exclusive Group Block Orders)*, παρέχουν ακόμα περισσότερη ευελιξία στους παραγωγούς, καθώς μπορούν πλέον να υποβάλλουν απλές μπλοκ προσφορές ή μπλοκ προσφορές με προφίλ, τις οποίες ωστόσο, μπορούν να συνδέσουν μεταξύ τους και οι οποίες μπορούν να αντιπροσωπεύουν διαφορετικά προφίλ και επίπεδα παραγωγής των Μονάδων τους. Μέσω αυτής της δυνατότητας, καθίσταται δυνατή για τους

παραγωγούς η αύξηση της πιθανότητας να γίνει αποδεκτή κάποια από τις προσφορές τους, μέσω της υποβολής διαφορετικών προγραμμάτων παραγωγής και με αυτό τον τρόπο να εξασφαλίσουν την συμμετοχή τους στη διαδικασία εκκαθάρισης και τη μεγιστοποίηση των κερδών τους.

iii) Αντίστοιχα, οι *Συνδεδεμένες Μπλοκ Προσφορές (Linked Block Orders)*, δίνουν επίσης τη δυνατότητα στους παραγωγούς να συνδέσουν μεταξύ τους διάφορες μπλοκ προσφορές, όμως αυτή τη φορά με τη συνθήκη πως η συνδεδεμένη προσφορά (προσφορά παιδί), μπορεί να γίνει αποδεκτή μόνο αν γίνει αποδεκτή και η προσφορά γονέας της. Κατά αυτό τον τρόπο, η προσφορά γονέας μπορεί να είναι μία μπλοκ προσφορά που υποβάλλεται σε χαμηλή τιμή και με μεγάλη χρονική διάρκεια και συνεπώς να στοχεύει στην κάλυψη του φορτίου βάσης. Έτσι, η ποσότητα της προσφοράς μπορεί να ταυτίζεται σε όλες τις ώρες για τις οποίες διαρκεί, με το τεχνικό ελάχιστο της Μονάδας Παραγωγής και συνεπώς, να εξασφαλίσει την κάλυψη του τεχνικού ελαχίστου της Μονάδας, στην περίπτωση που γίνει αποδεκτή. Η προσφορά παιδί μπορεί να είναι μία προσφορά που υποβάλλεται σε υψηλότερη τιμή και με μικρότερη χρονική διάρκεια και στοχεύει στην κάλυψη του φορτίου αιχμής. Συνεπώς, η ποσότητα της προσφοράς μπορεί να ταυτίζεται με τη διαφορά του τεχνικού μεγίστου και του τεχνικού ελαχίστου της Μονάδας και κατά συνέπεια, σε περίπτωση αποδοχής της να εξασφαλίσει την λειτουργία της Μονάδας σε υψηλότερα επίπεδα παραγωγής. Αν, λοιπόν, γίνει αποδεκτή η προσφορά γονέας και κατ' επέκταση καλυφθεί το κόστος παραγωγής της Μονάδας, δίνεται η ευκαιρία στον παραγωγό, μέσω της αποδοχής της συνδεδεμένης προσφοράς (προσφορά παιδί) να αυξήσει τα κέρδη του από την συμμετοχή του στην Προ-Ημερήσια Αγορά Ενέργειας.

iv) Οι *Προσφορές Κλίσης Φορτίου (Load Gradient Orders)*, δίνουν την ευκαιρία στους παραγωγούς, να ενσωματώσουν στις προσφορές τους το μέγιστο ρυθμό αυξομείωσης της ισχύος εξόδου των Μονάδων τους από ώρα σε ώρα και συνεπώς, να εξασφαλίσουν πως αν γίνουν αποδεκτές οι προσφορές τους, θα έχουν την τεχνική δυνατότητα να ανταπεξέλθουν στις διακυμάνσεις της καμπύλης ζήτησης. Αυτού του είδους οι προσφορές, μπορούν να δώσουν τη δυνατότητα σε παραγωγούς με περισσότερο ευέλικτους Σταθμούς Παραγωγής, δηλαδή με μεγαλύτερο ρυθμό αυξομείωσης της παραγωγής τους, να αξιοποιήσουν και να προσφέρουν την ευελιξία των Σταθμών τους στο σύστημα.

v) Οι *Ευέλικτες Ωριαίες Προσφορές*, δίνουν την δυνατότητα στους παραγωγούς, της υποβολής μίας προσφοράς ενέργειας με διάρκεια μία ώρα και σε μία τιμή και η οποία μπορεί να γίνει αποδεκτή στο σύνολό της ή καθόλου. Το κύριο πλεονέκτημά της, είναι η ευελιξία που δίνεται στον αλγόριθμο να την κάνει αποδεκτή σε όποια ώρα κρίνεται πιο επωφελής, σύμφωνα με το κριτήριο βελτιστοποίησής του αλγορίθμου. Συνεπώς, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από τους παραγωγούς, στην περίπτωση που επιθυμούν την μεγιστοποίηση της πιθανότητας εισόδου τους στο σύστημα και της συμμετοχής τους στην Προ-Ημερήσια Αγορά.

### 7.3 Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding) – Εταιρείες Παραγωγής Ενέργειας

Όπως προαναφέρθηκε, στο μοντέλο σύζευξης των προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας (day-ahead markets) της παρούσας διπλωματικής εργασίας, υπάρχει επιλογή που επιτρέπει την υποβολή προσφορών από Εταιρείες Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ως προσφορές χαρτοφυλακίου Μονάδων, δηλαδή συγκεντρωτικές προσφορές των Μονάδων Παραγωγής που βρίσκονται υπό την ιδιοκτησία της εκάστοτε Εταιρείας Παραγωγής.

Για την υποβολή προσφορών από τις Εταιρείες Παραγωγής ενέργειας, έγιναν οι εξής παραδοχές:

- 1) Η τιμολόγηση ορίστηκε να είναι, στα επίπεδα της μέσης τιμής των τιμών, στις οποίες υποβάλλουν προσφορές οι Σταθμοί Παραγωγής που ανήκουν στην εκάστοτε Εταιρεία Παραγωγής.
- 2) Η δυναμικότητα παραγωγής, ταυτίζεται με το άθροισμα της δυναμικότητας παραγωγής των Σταθμών Παραγωγής που ανήκουν στην εκάστοτε Εταιρεία Παραγωγής.
- 3) Οι Εταιρείες Παραγωγής μπορούν να υποβάλλουν όλα τα είδη των προσφορών ενέργειας, δηλαδή βηματικές ωριαίες προσφορές (step hourly orders), με 10 βήματα σε κάθε προσφορά και αυξανόμενη τιμή σε κάθε βήμα, καθώς η συνάρτηση προσφοράς αποτελεί αύξουσα συνάρτηση. Επίσης, μπλοκ προσφορές κάθε μορφής, δηλαδή απλές μπλοκ προσφορές (regular block orders), μπλοκ προσφορές με προφίλ (profile block orders), μπλοκ προσφορές σε αποκλειστική ομάδα (exclusive group block orders), συνδεδεμένες μπλοκ προσφορές (linked block orders) και ευέλικτες ωριαίες προσφορές (flexible hourly orders).
- 4) Το τεχνικό ελάχιστο των Εταιρειών Παραγωγής, ορίστηκε ως το άθροισμα των τεχνικών ελαχίστων των Μονάδων Παραγωγής που ανήκουν στην Εταιρεία, ούτως ώστε η λειτουργία τους, να προσομοιάζει στη λειτουργία των απλών Μονάδων Παραγωγής, εκτός από τις Μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών και τα Υδροηλεκτρικά, που θεωρήθηκε ότι έχουν μηδενικό τεχνικό ελάχιστο, εξαιτίας της μεγάλης ευελιξίας που προσδίδει η τεχνολογία τους.

Παρακάτω, παρατίθεται για την Ελλάδα, πίνακας με τα στοιχεία των Εταιρειών Παραγωγής. Αξίζει να σημειωθεί πως, για τις υπόλοιπες χώρες, τα στοιχεία των αντίστοιχων Εταιρειών Παραγωγής εξήχθησαν με την ίδια μεθοδολογία, σύμφωνα με στοιχεία του εργαστηρίου e3mlab για τις Εταιρείες Παραγωγής που δραστηριοποιούνται στις υπόλοιπες τρεις χώρες και τις Μονάδες Παραγωγής, που βρίσκονται υπό την ιδιοκτησία τους.

A/A	Εταιρείες Παραγωγής	Ονομασία στο μοντέλο	Δυναμικότητα Παραγωγής(MW)	Τεχνικό Ελάχιστο(MW)
1	ΔΕΗ	PPC	7070,2	3186
2	ELPEDISON	ELPEDISON	799,4	450
3	MYTILINAIOS	MYTILINAIOS	1200,2	640
4	TERNA	TERNA	570	220
5	Υδροηλεκτρικά Ελλάδας	Bid_Hydro	1035,1	1
6	Φωτοβολταϊκά Ελλάδας	solar_gr	2605	1
7	Αιολικά Ελλάδας	wind_gr	2003	1
8	Βιομάζα Ελλάδας	biomass_gr	55	1
9	Μικρά Υδροηλεκτρικά Ελλάδας	ror_gr	261	1

*Πίνακας 13: Εταιρείες Παραγωγής Ενέργειας στην Ελλάδα*

#### 7.4 Ελαστική Ζήτηση Ενέργειας – Εταιρείες Προμήθειας Φορτίου

Στο μοντέλο σύζευξης των προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας, προβλέπεται εκτός από την ανελαστική ζήτηση που αναλύθηκε παραπάνω και ένα ποσοστό ελαστικής ζήτησης ως προς την τιμή, ως ανταπόκριση της ζήτησης στην παραγωγή (demand response), το οποίο μπορεί να ενσωματωθεί στο μοντέλο με επιλογή (switch) και ανάλογα με τις προθέσεις αυτού που επιλύει το μοντέλο. Για αυτό το σκοπό, δημιουργήθηκαν από τον γράφοντα, Εταιρείες σε

κάθε χώρα, οι οποίες μπορούν να υποβάλλουν δηλώσεις φορτίου από την πλευρά της ζήτησης. Συνεπώς, ορίστηκε να υποβάλλουν βηματικές ωριαίες δηλώσεις φορτίου (step hourly bids), με 10 βήματα στην κάθε προσφορά και μειούμενη τιμή σε κάθε επόμενο βήμα, καθώς η συνάρτηση ζήτησης αποτελεί φθίνουσα συνάρτηση, ούτως ώστε να εξυπηρετούν κατά αυτό τον τρόπο, το φορτίο που αντιπροσωπεύουν. Δημιουργήθηκαν 20 τέτοιες Εταιρείες για την Ελλάδα, 10 για την Fygom, 16 για την Βουλγαρία και 40 για την Ιταλία, ούτως ώστε να προσομοιαστεί με όσο το δυνατόν καλύτερο τρόπο, το ενεργειακό μέγεθος της κάθε χώρας του μοντέλου. Για τις ανάγκες επίλυσης του μοντέλου, υποτέθηκε πως υποβάλλονται προσφορές ελαστικής ζήτησης περίπου στο 20% της ανελαστικής ζήτησης ενέργειας, για κάθε ώρα της ημέρας που εξετάζεται.

#### 7.5 Συνοπτική παρουσίαση επιλογών (switches) που προσφέρονται στο μοντέλο σύζευξης προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας

Το μοντέλο ενοποίησης προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προσφέρει μία πληθώρα επιλογών ανάλογα με την τιμή κάποιων παραμέτρων στο μοντέλο. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητο να γίνει μία συνοπτική παρουσίαση των επιλογών που προσφέρει το μοντέλο, με σκοπό την πληρέστερη κατανόηση των αποτελεσμάτων. Οι επιλογές (switches) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά παρακάτω:

- 1) Επιλογή για την υποβολή προσφορών ανά Μονάδα Παραγωγής ή ανά χαρτοφυλάκιο Μονάδων, δηλαδή προσφορών από Μονάδες Παραγωγής ή Εταιρείες Παραγωγής, αντίστοιχα.
- 2) Επιλογή για την ύπαρξη ελαστικής ζήτησης ως προς την τιμή ή όχι. Συνεπώς, είτε υπάρχει μόνο ανελαστική ζήτηση, είτε υπάρχει και ελαστική ταυτόχρονα με την ανελαστική και σε κάποιο μικρό ποσοστό.
- 3) Επιλογή για την υποβολή προσφορών από τις Μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Άρα, είτε υποβάλλονται προσφορές (bidding) από τις Μονάδες ΑΠΕ, σε μηδενική τιμή, οι οποίες αποκτούν προτεραιότητα ως προσφορές μηδενικού κόστους, είτε δίδεται στο μοντέλο, μία ανελαστική ποσότητα παραγωγής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ως υποχρεωτική έγχυση στο σύστημα.
- 4) Επιλογή για την ύπαρξη δυνατότητας περικοπών φορτίου ή όχι. Συνεπώς, είτε ορίζεται μια μεταβλητή που θα αντιπροσωπεύει τις περικοπές φορτίου σε κάθε χώρα και κάθε ώρα, είτε δεν θα υπάρχει αυτή η δυνατότητα.
- 5) Επιλογή για την δυνατότητα υποβολής προσφορών κλίσης φορτίου (load gradient orders) από τις Μονάδες Παραγωγής. Κατά αυτό τον τρόπο, είτε υπάρχει η δυνατότητα υποβολής προσφορών κλίσης φορτίου, είτε δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα. Η επιλογή αυτή ενσωματώθηκε, καθώς αποφασίστηκε να γίνονται προσφορές κλίσης φορτίου για υποβολή προσφορών ανά Μονάδα Παραγωγής, ενώ δεν γίνονται προσφορές αυτού του είδους από τις Εταιρείες Παραγωγής (portfolio bidding), καθώς αυτές περιλαμβάνουν πολλών διαφορετικών ειδών Μονάδες Παραγωγής, με διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά και συνεπώς, διαφορετικά όρια μεταβολής της ισχύος εξόδου τους από ώρα σε ώρα (ramping limit).
- 6) Επιλογή για την δυνατότητα υποβολής ανελαστικής ποσότητας παραγωγής από τις Υδροηλεκτρικές Μονάδες, ως υποχρεωτική έγχυση στο σύστημα. Έτσι, είτε καθορίζονται ταυτόχρονα με τις προσφορές που υποβάλλονται από τα Υδροηλεκτρικά (bidding) και ποσότητες από αυτά ως υποχρεωτική έγχυση στο σύστημα, είτε προβλέπονται μόνο προσφορές ενέργειας (bidding).



## 7.6 Διασυνοριακό Δίκτυο – Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Σημαντικό στοιχείο για την πραγματοποίηση της ενοποίησης των προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας, αποτελεί η σωστή και βέλτιστη αξιοποίηση των διασυνοριακών διασυνδέσεων μεταξύ των χωρών. Στα πλαίσια αυτά, καθίσταται απαραίτητη η αναλυτική περιγραφή και επεξήγηση των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του δικτύου διασύνδεσης των τεσσάρων χωρών, που ενσωματώθηκαν στο παρόν μοντέλο. Οι διασυνδέσεις που χρησιμοποιήθηκαν, αποτελούν τις πραγματικές διασυνδέσεις μεταξύ των χωρών της Ελλάδας, της Fyrom, της Βουλγαρίας και της Ιταλίας. Αναλυτικότερα, όλες οι χώρες ενώνονται με AC γραμμές διασύνδεσης, δηλαδή γραμμές διασύνδεσης εναλλασσόμενου ρεύματος, ενώ η Ιταλία συνδέεται με την Ελλάδα, με μόλις μία γραμμή DC διασύνδεσης, δηλαδή γραμμή συνεχούς ρεύματος. Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τα τεχνικά στοιχεία της κάθε γραμμής διασύνδεσης.

A/A	Γραμμή διασύνδεσης (AC)	Γραμμή διασύνδεσης (DC)	Ονομασία στο μοντέλο	Χωρητικότητα-άνω όριο (MW)	Χωρητικότητα-κάτω όριο (MW)
1	Γραμμή Ελλάδας-Βουλγαρίας		k163GRBG	1170	-1170
2	Γραμμή 1 Ελλάδας-Fyrom		k164GRFY	1170	-1170
3	Γραμμή 2 Ελλάδας-Fyrom		k165GRFY	1170	-1170
4		Γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας	k166GRIT	500	-500
5	Γραμμή 1 Βουλγαρίας-Fyrom		k226BGFY	111	-111
6	Γραμμή 2 Βουλγαρίας-Fyrom		k227BGFY	111	-111
7	Γραμμή 3 Βουλγαρίας-Fyrom		k228BGFY	1178	-1178

Πίνακας 14: Γραμμές διασύνδεσης Ελλάδας-Fyrom-Βουλγαρίας-Ιταλίας το 2015

Όπως παρατηρείται από τον παραπάνω πίνακα, η χωρητικότητα των γραμμών διασύνδεσης μεταξύ των χωρών, παρουσιάζει θετικό πρόσημο στην κατεύθυνση προς την οποία ορίζεται και είναι προσανατολισμένη, η γραμμή διασύνδεσης. Αντίθετα, η χωρητικότητα προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτή του ορισμού της γραμμής μεταφοράς, παρουσιάζει αρνητικό πρόσημο. Συνεπώς, το άνω όριο της ροής ενέργειας στην κάθε γραμμή, καθορίζεται από την χωρητικότητα της γραμμής και η ροή ενέργειας με κατεύθυνση, την κατεύθυνση του προσανατολισμού της γραμμής παρουσιάζει θετικό πρόσημο. Αντίθετα, ενδεχόμενη ροή ενέργειας προς την αντίθετη κατεύθυνση, από αυτή του προσανατολισμού της γραμμής, παρουσιάζει αρνητικό πρόσημο. Κατά συνέπεια, για παράδειγμα, για την γραμμή Ελλάδας - Βουλγαρίας, η ροή της ενέργειας θα πρέπει να διατηρείται στο διάστημα [-1170MW,1170MW], όπου η αλγεβρική ροή ενέργειας έχει θετικό πρόσημο όταν η Ελλάδα εξάγει ενέργεια στην Βουλγαρία και αρνητικό πρόσημο, όταν η Ελλάδα εισάγει ενέργεια από την Βουλγαρία.

Από την εξέταση των γραμμών μεταφοράς, παρατηρείται επίσης, η περιορισμένη δυνατότητα μεταφοράς ενέργειας διασυνοριακά μεταξύ Ελλάδας και Ιταλίας και για το σκοπό αυτό, προβλέπεται να ενταχθεί στο δίκτυο μεταφοράς, άλλη μία γραμμή μεταφοράς συνεχούς ρεύματος μεταξύ Ελλάδας και Ιταλίας, με άνω και κάτω όριο χωρητικότητας μεταφοράς τα

500MW και στόχο την αποφυγή της συμφόρησης στα σύνορα Ελλάδας και Ιταλίας, λόγω της μικρής χωρητικότητας μεταφοράς που είναι εγκατεστημένη μέχρι σήμερα.

### 7.6.1 Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος (Power Transfer Distribution Factors-PTDFs)

Οι Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος, όπως αναλύθηκε και στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο, αντιπροσωπεύουν και καταδεικνύουν, τις αλλαγές στη ροή ενέργειας σε μία γραμμή μεταφοράς εναλλασσόμενου ρεύματος (AC γραμμή διασύνδεσης), όταν μεταβληθεί η Καθαρή Θέση (Net Position) μίας χώρας κατά 1MW. Συνεπώς, η ροή ενέργειας μίας γραμμής διασύνδεσης εναλλασσόμενου ρεύματος, υπολογίζεται ως το άθροισμα των Καθαρών Θέσεων όλων των χωρών, που συνδέονται με γραμμές εναλλασσόμενου ρεύματος, πολλαπλασιασμένες με τους αντίστοιχους Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος (PTDFs). Η σχέση αυτή αποτυπώνεται καλύτερα στην παρακάτω εξίσωση, που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για τον υπολογισμό των ροών ενέργειας στις διασυνδέσεις εναλλασσόμενου ρεύματος του δικτύου μεταφοράς ενέργειας.

$$flow_{tl,t} - \sum_{ba} PTDF_{reg,ba,tl} * nexac_{ba,t} = 0 \quad \forall reg, tl, t \quad \text{όπου}$$

$nexac_{ba,t}$  = Καθαρή Θέση από AC συναλλαγές ενέργειας, της χώρας  $ba$  τη χρονική στιγμή  $t$   
 $PTDF_{reg,ba,tl}$  = Συντελεστής Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος που εκφράζει την μεταβολή της ροής ενέργειας στη γραμμή μεταφοράς  $tl$ , ως αποτέλεσμα της μεταβολής της Καθαρής Θέσης της χώρας  $ba$  κατά 1MW.

Κατά αυτό τον τρόπο, είναι σαφές πως, οι Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος εφαρμόζονται μόνο σε γραμμές μεταφοράς εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) και όχι σε γραμμές μεταφοράς συνεχούς ρεύματος (DC).

Έτσι, προκύπτει πως, ο υπολογισμός των Συντελεστών Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος, απαιτεί τη χρήση της Ροής Φορτίου Εναλλασσόμενου Ρεύματος. Ωστόσο, λόγω της μη γραμμικότητας στις εξισώσεις, αλλά και της ανάγκης χρήσης επαναληπτικών μεθόδων, που απαιτεί η Ροή Εναλλασσόμενου Ρεύματος για την επίλυσή της, καθίσταται δύσκολη και πολύπλοκη η εφαρμογή της. Για αυτό το σκοπό, επιλέγεται να πραγματοποιείται ο υπολογισμός των Συντελεστών Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος με χρήση της Ροής Φορτίου Συνεχούς Ρεύματος, η οποία προσφέρει πολύ γρηγορότερο χρόνο επίλυσης και υπολογίζει προσεγγιστικά την Ενεργό Ισχύ, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι εξισώσεις Άεργου Ισχύος του συστήματος. Οι παραδοχές που απαιτούνται για την απλοποίηση της Ροής Φορτίου Εναλλασσόμενου Ρεύματος και την εφαρμογή της Ροής Φορτίου Συνεχούς Ρεύματος είναι οι ακόλουθες:

- 1) Οι αντιστάσεις στις γραμμές μεταφοράς παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερη τιμή από τις αγωγιμότητες και συνεπώς μπορούν να παραλειφθούν. Σύμφωνα με αυτή τη θεώρηση, δεν υπάρχουν πλέον απώλειες κατά την μεταφορά της ενέργειας διαμέσου της γραμμής μεταφοράς.
- 2) Η διαφορά φάσης ανάμεσα σε δύο ζυγούς του συστήματος είναι υπαρκτή, ωστόσο σε συνθήκες σταθερής και μόνιμης λειτουργίας του συστήματος, είναι συνήθως πολύ μικρή και

μπορεί να παραλειφθεί. Κατά αυτό τον τρόπο, απαλείφονται οι όροι των ημιτόνων και συνημίτονων που εισάγουν μη γραμμικότητα στις εξισώσεις Ροής Φορτίου Εναλλασσόμενου Ρεύματος.

3) Τα μέτρα των τάσεων των ζυγών του συστήματος θα έχουν τιμή κοντά στην τιμή της τάσης αναφοράς. Έτσι, αν χρησιμοποιείται το ανά μονάδα σύστημα για τους υπολογισμούς και η τάση αναφοράς ορίζεται να έχει τιμή 1 α.μ.(p.u), τότε όλες οι τάσεις των ζυγών θα έχουν τιμή ίση με 1 α.μ. .

Οι Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος (PTDFs), υπολογίστηκαν από ήδη ανεπτυγμένο μοντέλο του εργαστηρίου e3mlab και παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας, με τις τιμές που προέκυψαν από την επίλυση του μοντέλου, όπου δεν υπάρχουν τιμές για την χώρα της Ιταλίας, καθώς αυτή συνδέεται μόνο με την Ελλάδα και μάλιστα με μία γραμμή μεταφοράς συνεχούς ρεύματος (DC). Οι τιμές των PTDFs, καταδεικνύουν, όπως προαναφέρθηκε, την επιρροή στη ροή ενέργειας σε μία γραμμή μεταφοράς, όταν η Καθαρή Θέση (Net Position) της κάθε χώρας μεταβληθεί κατά 1MW.

Χώρα	Γραμμή Μεταφοράς	Συντελεστής Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος(PTDF)
Ελλάδα	k163GRBG	-0,32493752
Ελλάδα	k164GRFY	-0,151774593
Ελλάδα	k165GRFY	-0,133709453
Ελλάδα	k226BGFY	0,006050931
Ελλάδα	k227BGFY	0,006050931
Ελλάδα	k228BGFY	0,019506415
Fyrom	k163GRBG	-0,076835762
Fyrom	k164GRFY	0,11207735
Fyrom	k165GRFY	0,098737219
Fyrom	k226BGFY	0,034009349
Fyrom	k227BGFY	0,034009349
Fyrom	k228BGFY	0,109636098
Βουλγαρία	k163GRBG	0,115732982
Βουλγαρία	k164GRFY	-0,01490531
Βουλγαρία	k165GRFY	-0,013131189
Βουλγαρία	k226BGFY	-0,017339063
Βουλγαρία	k227BGFY	-0,017339063
Βουλγαρία	k228BGFY	-0,05589602

Πίνακας 15: Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος(Power Transfer Distribution Factors)

#### 7.6.2 Εφαρμογή περιορισμού του συνόλου των NTC συναλλαγών ενέργειας μεταξύ της Ελλάδας και των βόρειων σε αυτή χωρών

Όσον αφορά τις συναλλαγές ενέργειας μεταξύ των χωρών του μοντέλου, θεωρήθηκε πως περιορίζονται, όπως προαναφέρθηκε, από τη χωρητικότητα των γραμμών μεταφοράς που τις συνδέουν. Ωστόσο, με σκοπό την προσαρμογή των δεδομένων που εισήχθησαν στο μοντέλο στην πραγματικότητα, θεωρήθηκε πως οι συνολικές NTC συναλλαγές ενέργειας μεταξύ της

Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom περιορίζονται περαιτέρω και για το σκοπό αυτό, ενσωματώθηκε στο μοντέλο ενοποίησης των αγορών η εξίσωση (33), η οποία επιβάλλει αυτούς ακριβώς τους περιορισμούς στις συνολικές NTC συναλλαγές μεταξύ των τριών αυτών χωρών και για κάθε ώρα, ενώ προέρχεται από το μοντέλο PRIMES, του εργαστηρίου e3mlab. Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τα όρια στις συνολικές συναλλαγές ενέργειας μεταξύ των χωρών της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom.

Περιορισμοί NTC συναλλαγών ενέργειας	Ονομασία στο μοντέλο	Χώρα(από)	Χώρα(προς)	Όριο συνολικών συναλλαγών(MW)
Ελλάδα-Fyrom	NTCLGR_LFY	Ελλάδα	Fyrom	520
Fyrom-Ελλάδα	NTCLFY_LGR	Fyrom	Ελλάδα	400
Ελλάδα-Βουλγαρία	NTCLGR_LBG	Ελλάδα	Βουλγαρία	800
Βουλγαρία-Ελλάδα	NTCLBG_LGR	Βουλγαρία	Ελλάδα	750
Fyrom-Βουλγαρία	NTCLFY_LBG	Fyrom	Βουλγαρία	400
Βουλγαρία-Fyrom	NTCLBG_LFY	Βουλγαρία	Fyrom	400

*Πίνακας 16 : Όριο συνολικών NTC συναλλαγών ενέργειας μεταξύ της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom*

#### 7.7 Όγκος δεδομένων εισόδου και αριθμητικά στοιχεία για την επίλυση του μοντέλου σύζευξης των προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας

Προτού παρατεθούν παρακάτω και αξιολογηθούν, τα αποτελέσματα επίλυσης του μοντέλου ενοποίησης των προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας, κρίνεται αναγκαία η συγκεντρωτική παράθεση κάποιων αριθμητικών στοιχείων που αφορούν τα δεδομένα εισόδου, ούτως ώστε να προσδιοριστεί το μέγεθος και ο όγκος των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση του μοντέλου σύζευξης των αγορών:

- 1) Όσον αφορά τις μπλοκ προσφορές που δημιουργήθηκαν και εισήχθησαν στο μοντέλο ως είσοδος, κατασκευάστηκαν 8025 μπλοκ προσφορές (block orders) όλων των ειδών, οι οποίες και υποβλήθηκαν από τις Μονάδες Παραγωγής Ενέργειας, στην περίπτωση των μπλοκ προσφορών ανά Μονάδα Παραγωγής.
- 2) Αντίστοιχα, δημιουργήθηκαν 1075 μπλοκ προσφορές (block orders) όλων των ειδών, ως προσφορές χαρτοφυλακίου Μονάδων Παραγωγής (portfolio bidding), οι οποίες και υποβλήθηκαν από τις Εταιρείες Παραγωγής Ενέργειας.
- 3) Δημιουργήθηκαν, 5688 βηματικές ωριαίες προσφορές ενέργειας (step hourly orders) από τις Μονάδες Παραγωγής Ενέργειας, ως προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, οι οποίες αποτελούν και προσφορές κλίσης φορτίου (load gradient orders) καθώς, περιορίζουν την ενέργεια που θα γίνει αποδεκτή από την μία ώρα στην άλλη, σύμφωνα και με το όριο μεταβολής της ισχύος εξόδου του κάθε Σταθμού Παραγωγής (ramping limit of unit).
- 4) Αντίστοιχα, δημιουργήθηκαν 1128 βηματικές ωριαίες προσφορές ενέργειας (step hourly orders) από τις Εταιρείες Παραγωγής Ενέργειας, ως συγκεντρωτικές προσφορές των Μονάδων Παραγωγής που τους ανήκουν, δηλαδή ως προσφορές χαρτοφυλακίου Μονάδων Παραγωγής (portfolio bidding).
- 5) Δημιουργήθηκαν, 237 ευέλικτες ωριαίες προσφορές ενέργειας (flexible hourly orders) από τις Μονάδες Παραγωγής, ως προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής.

6) Αντίστοιχα, δημιουργήθηκαν 47 ευέλικτες ωριαίες προσφορές (flexible hourly orders), ως προσφορές χαρτοφυλακίου Μονάδων από τις Εταιρείες Παραγωγής ενέργειας των 4 χωρών του μοντέλου.

7) Κατασκευάστηκαν, 2064 Δηλώσεις Φορτίου, ως βηματικές Δηλώσεις Φορτίου (step hourly bids) από τους Προμηθευτές Φορτίου, με στόχο την δημιουργία ελαστικής ζήτησης ως προς την τιμή.

8) Όλες οι βηματικές ωριαίες προσφορές (step hourly orders) που κατατέθηκαν, αποτελούνται από 10 βήματα ποσότητας-τιμής, με αυξανόμενη τιμή σε κάθε βήμα, στις προσφορές ενέργειας από τους Σταθμούς Παραγωγής Ενέργειας και τις Εταιρείες Παραγωγής και μειούμενη τιμή ενέργειας σε κάθε βήμα, για τις Δηλώσεις Φορτίου των Προμηθευτών Φορτίου.

9) Δημιουργήθηκαν, 384 απλές ωριαίες προσφορές ενέργειας, δηλαδή απλά ζεύγη τιμής-ποσότητας για κάθε ώρα, από τις Μονάδες Παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

10) Κατασκευάστηκαν, 230 αποκλειστικές ομάδες μπλοκ προσφορών (exclusive groups) για τους Σταθμούς Παραγωγής ενέργειας και 43 αποκλειστικές ομάδες μπλοκ προσφορών για τις Εταιρείες Παραγωγής και κατ' επέκταση τις προσφορές χαρτοφυλακίου.

#### 7.8 Παραδοχές για την επίλυση του μοντέλου ενοποίησης των προ-ημερήσιων αγορών ενέργειας

Με στόχο την αποτελεσματική και όσο το δυνατόν αποδοτικότερη επίλυση του μοντέλου που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έγιναν κάποιες παραδοχές, οι οποίες συνοψίζονται επιγραμματικά παρακάτω και καθίσταται απαραίτητη η παράθεσή τους για την όσο το δυνατόν πληρέστερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

Οι παραδοχές που έγιναν είναι οι εξής:

1) Όλες οι χώρες που συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο ενοποίησης, θεωρήθηκε πως, αποτελούνται από μία ζώνη τιμής. Συνεπώς δεν ορίζονται σε αυτές διαφορετικές ζώνες τιμής, αλλά μόνο μία ζώνη τιμής για την καθεμία και κατά αυτό τον τρόπο, ορίζεται μία τιμή εκκαθάρισης, για κάθε ώρα και για κάθε χώρα του μοντέλου.

2) Όλες οι χώρες θεωρήθηκε πως, αναπτύσσουν την αγορά τους ως Αποκεντρωμένη Αγορά με ταυτόχρονη ύπαρξη Χρηματιστηρίου Ενέργειας. Συνεπώς, στα πλαίσια και της εναρμόνισης της Ελλάδας στους κανόνες που ορίζονται και επιβάλλονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, με στόχο την δημιουργία μιας ενοποιημένης Ευρωπαϊκής Αγοράς Ενέργειας, θεωρήθηκε πως και η Ελλάδα αναπτύσσεται με αυτό τον τρόπο, παρά την παρούσα ανάπτυξη της αγοράς της, ως Κοινοπραξία με υποχρεωτική συμμετοχή (Mandatory Pool).

3) Όσον αφορά το δίκτυο μεταφοράς ενέργειας, δεν θεωρήθηκαν απώλειες κατά τη διαδικασία μεταφοράς ενέργειας διαμέσου των διασυνδεδετικών γραμμών των χωρών. Κατά συνέπεια, υποτέθηκε πως, το ποσό της ενέργειας που «φτάνει» στη χώρα που εισάγει την ενέργεια στο τέλος της διασυνδεδετικής γραμμής, είναι ακριβώς το ίδιο με αυτό που «ξεκινά» από την χώρα που εξάγει την ενέργεια στην αρχή της διασυνδεδετικής γραμμής.

4) Η ενέργεια που ρέει διαμέσου των γραμμών μεταφοράς θεωρήθηκε πως, δεν υπόκειται σε χρεώσεις κατά την μεταφορά της.

5) Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση και συνεπώς, την πραγματοποίηση της ενοποίησης των αγορών ενέργειας, είναι το Μοντέλο Σύζευξης Αγορών (Market Coupling), καθώς θεωρήθηκε πως η κάθε χώρα αναπτύσσει και λειτουργεί το δικό της Χρηματιστήριο

Ενέργειας, τα οποία από κοινού συζευγνύουν τις αγορές και τις χώρες δραστηριοποίησής τους σε μία ενοποιημένη αγορά ενέργειας.

6) Ελήφθησαν υπόψη και ενσωματώθηκαν στο μοντέλο, οι ποσότητες των εισαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας της Ιταλίας από τις βόρειες σε αυτή χώρες, οι οποίες χώρες δεν υπάρχουν στο μοντέλο. Συγκεκριμένα, η Ιταλία εισάγει ηλεκτρική ενέργεια, σε μεγάλες ποσότητες από τις διασυνδέσεις της με την Αυστρία, της Ελβετία, την Γαλλία, την Ελλάδα και την Σλοβενία. Οι μεγαλύτερες ποσότητες εισαγωγών διενεργούνται από τις χώρες της Γαλλίας και της Ελβετίας, λόγω και των ανταγωνιστικότερων Μονάδων Παραγωγής που λειτουργούν στην Επικράτειά τους, όπως είναι οι Πυρηνικές Μονάδες που αναπτύσσονται στην Γαλλία. Η δυνατότητα αυτών των εισαγωγών, ωστόσο, δεν παρέχεται στην Ιταλία στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, καθώς η μόνη διασύνδεση που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο ενοποίησης, είναι η διασύνδεσή της με την Ελλάδα. Έτσι, επιλέχθηκε η ενσωμάτωση των εισαγωγών της από τις βόρειες χώρες με έμμεσο τρόπο, με βάση τις συνολικές ετήσιες εισαγωγές της Ιταλίας για το έτος 2014, σύμφωνα με στοιχεία του εργαστηρίου e3mlab και η ετήσια αυτή ποσότητα επιμερίστηκε και εφαρμόστηκε σε ωριαίο επίπεδο, για την μείωση της ζήτησης της Ιταλίας σε κάθε ώρα επίλυσης του μοντέλου και σε κάθε σενάριο – ημέρα επίλυσης.

## **8 Αποτελέσματα αριθμητικής εφαρμογής του μοντέλου ενοποίησης των προ-ημερήσιων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας**

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την επίλυση του μοντέλου ενοποίησης των προ-ημερήσιων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και εξάγονται κάποια συμπεράσματα για τη συμπεριφορά του, ανάλογα και με τα διάφορα σενάρια επίλυσης που υλοποιήθηκαν. Παρακάτω, ακολουθούν κάποιες επεξηγήσεις για τον τρόπο που παρουσιάζονται τα αποτελέσματα:

1) Οι ροές ενέργειας, όπως προαναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, εμφανίζουν θετικό πρόσημο όταν κινούνται προς την κατεύθυνση, στην οποία είναι προσανατολισμένη η γραμμή μεταφοράς ενέργειας.

2) Η Ζήτηση των χωρών της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fygom, υπολογίζεται σε αυτό το κεφάλαιο ως σταθερή ποσότητα ως εξής:

*Ζήτηση = Ανελαστική Ζήτηση Φορτίου Ημέρας –*

*Υποχρεωτικές Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Υποχρεωτικά Υδροηλεκτρικά*

Ουσιαστικά, πρόκειται για την ζήτηση που καλούνται να καλύψουν όλες οι Θερμικές Μονάδες Παραγωγής Ενέργειας και τα Υδροηλεκτρικά, που συμμετέχουν με προσφορά στο μοντέλο ενοποίησης των αγορών ενέργειας (bidding). Στη Ζήτηση αυτή, προστίθεται και η ελαστική ζήτηση που δημιουργείται από τις Δηλώσεις Φορτίου των Προμηθευτών Φορτίου (bidding-demand response) και πρέπει επίσης να καλυφθεί από τις Μονάδες Παραγωγής.

3) Η Ζήτηση της Ιταλίας, αποτελεί τη ζήτηση που πρέπει να καλυφθεί από τις προσφορές (bidding) των Μονάδων Παραγωγής και αφού έχουν αφαιρεθεί οι υποχρεωτικές εγχύσεις των Υδροηλεκτρικών Μονάδων Παραγωγής και των Μονάδων ΑΠΕ, αλλά και οι εισαγωγές της από τις βόρειες χώρες. Παρακάτω, δίνεται η εξίσωση υπολογισμού της ζήτησης της Ιταλίας:

*Ζήτηση Ιταλίας = Ανελαστική Ζήτηση Φορτίου Ημέρας –*

*Υποχρεωτικές Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Υποχρεωτικά Υδροηλεκτρικά –*

*Επιμερισμένη ποσότητα εισαγωγών Ιταλίας από βόρειες χώρες*

4) Αν επιλεγεί οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας να συμμετέχουν στην αγορά με προσφορά (bidding) και συνεπώς να μην καθορίζεται κάποια ποσότητα υποχρεωτικής έγχυσης για αυτές στο σύστημα, σύμφωνα και με επιλογή που περιέχει το μοντέλο όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι προσφορές αυτές θα υποβάλλονται σε μηδενική τιμή και σε ποσότητα ακριβώς αυτή της υποχρεωτικής έγχυσης για την κάθε ώρα του κάθε φορτίου. Αυτό εξασφαλίζει την προτεραιότητά τους στην διαδικασία εκκαθάρισης ως προσφορές μηδενικού κόστους και συνεπώς, η σταθερή ποσότητα της Ζήτησης, θα υπολογίζεται και πάλι με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή αφαιρώντας και πάλι την ίδια ποσότητα ενέργειας για τις ΑΠΕ και έτσι, δεν μεταβάλλεται η μορφολογία και τα χαρακτηριστικά της.

5) Οι Τιμές Εκκαθάρισης της Αγοράς θα αναφέρονται σε όλους τους πίνακες και τα διαγράμματα του κεφαλαίου, με την ξενόγλωσση συντομογραφία MCP (Market Clearing Price).

6) Στα διαγράμματα με την παραγωγή των χωρών, με τον όρο Λιγνιτικά, θα αναφέρονται οι Μονάδες Παραγωγής που εμφανίζουν τεχνικά χαρακτηριστικά Λιγνιτικών Μονάδων, δηλαδή Μονάδες Λιγνίτη και Μονάδες Άνθρακα, ενώ με τον όρο Φυσικά Αέρια, θα αναφέρονται όλα τα είδη Μονάδων Φυσικού Αερίου.

## 8.1 Πρώτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής

Παρακάτω, παρατίθενται τα αποτελέσματα για το πρώτο σενάριο ανελαστικής ζήτησης και συγκεκριμένα για την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015. Αξίζει να σημειωθεί πως, για το σενάριο αποφασίστηκε να γίνουν οι εξής επιλογές (switches) που περιλαμβάνονται στο μοντέλο και υλοποιούνται, ανάλογα με την τιμή κάποιων παραμέτρων:

- 1) Οι προσφορές ενέργειας υποβάλλονται από τις Μονάδες Παραγωγής και όχι από τις Εταιρείες Παραγωγής και συνεπώς δεν υποβάλλονται προσφορές χαρτοφυλακίου.
- 2) Υπάρχει ποσοστό ελαστικής ζήτησης, δηλαδή ζήτησης που δημιουργείται από τους Προμηθευτές Φορτίου, περίπου στο 20% της ανελαστικής ζήτησης της κάθε χώρας.
- 3) Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας καταθέτουν προσφορές ενέργειας (bidding) σε μηδενική τιμή προσφοράς και συνεπώς, δεν καθορίζονται για αυτές ποσότητες υποχρεωτικής έγχυσης στο σύστημα.
- 4) Προβλέπεται η δυνατότητα περικοπών φορτίου, με την ύπαρξη κατάλληλης μεταβλητής που συμβολίζει τις περικοπές φορτίου της κάθε χώρας και για κάθε ώρα κατανομής.
- 5) Προβλέπεται μία ποσότητα Υδροηλεκτρικών, ως υποχρεωτική έγχυση στο σύστημα, που καλύπτει την ανελαστική ζήτηση, τις ώρες που αυτή υπερβαίνει το 80% της αιχμής του φορτίου, για τις 4 χώρες που ενσωματώθηκαν στο μοντέλο ενοποίησης.
- 6) Προβλέπεται όλες οι βηματικές ωριαίες προσφορές ενέργειας, να αποτελούν ταυτόχρονα και προσφορές κλίσης φορτίου, οι οποίες περιορίζουν την ενέργεια που μπορεί να γίνει αποδεκτή από μία Μονάδα Παραγωγής από ώρα σε ώρα, σύμφωνα και με το όριο μεταβολής της ισχύος εξόδου της κάθε Μονάδας Παραγωγής (ramping limit of unit).

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης μετά την επίλυση του μοντέλου ενοποίησης, προέκυψε ίση με 27.603.428,94 €.

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με την ζήτηση της κάθε χώρας, αλλά και τις τιμές εκκαθάρισης και πίνακας με τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών, που προέκυψαν για τις τέσσερις χώρες του μοντέλου και το πρώτο σενάριο ζήτησης.

Ωρες	Ελλάδα		Fyrom		Βουλγαρία		Ιταλία	
	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)
1	4260,040	51,3	959,656	48,935	2794,075	47,1	13970,937	68,5
2	4194,155	51,22	892,606	48,844	2667,747	47	12320,601	67,2
3	3974,536	47,8	817,732	47,124	2496,614	46,6	11368,981	65,4
4	3819,759	47,462	764,135	46,695	2291,319	46,1	10960,287	65
5	3811,570	47,438	739,531	46,910	2295,899	46,5	11006,868	65
6	3996,142	48,152	743,971	47,222	2391,820	46,5	11684,412	65,8
7	4075,445	48,4	777,514	47,049	2370,373	46	13638,401	68
8	4253,962	50,8	802,142	48,098	2564,463	46	15380,260	69,1
9	4625,571	63,658	881,496	54,279	2803,516	47	16252,328	69,5
10	4713,728	63,713	959,406	55,317	3006,329	48,8	17166,808	70
11	4431,064	63,658	958,664	55,293	2864,329	48,8	16074,535	69,2
12	4115,883	52,8	957,901	50,942	2752,501	49,5	15357,080	69
13	3948,109	50,5	957,414	48,529	2698,899	47	15489,275	69,1
14	3880,209	48,7	957,272	47,461	2685,371	46,5	16322,919	69,5
15	3969,475	48,8	957,687	47,505	2749,121	46,5	17390,199	69,8



16	4413,088	63,658	958,515	54,392	2887,530	47,2	18797,425	70
17	4811,319	64,713	959,151	56,204	3057,518	49,6	19502,639	70,2
18	5318,868	69,497	959,328	58,576	3169,873	50,1	19476,988	70,2
19	5496,020	70,2	959,560	58,884	3199,521	50,1	19441,967	70,2
20	5434,189	70,2	959,668	58,884	3202,507	50,1	19447,181	70,2
21	5202,131	69,497	959,675	58,576	3204,123	50,1	19427,802	70,2
22	5203,533	67,8	959,681	57,835	3204,371	50,1	19385,569	70,2
23	5476,309	70,097	959,656	58,838	3207,728	50,1	19458,217	70,2
24	4996,821	67,5	959,688	57,873	3209,469	50,4	17895,256	70,5

Πίνακας 17: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-750	-165,137	-145,481	500	54,738	54,738	176,460
2	-750	-180,667	-159,163	500	51,319	51,319	165,437
3	-750	-196,006	-172,676	500	47,942	47,942	154,550
4	-750	-205,101	-180,688	500	45,939	45,939	148,095
5	-750	-212,450	-187,163	500	44,321	44,321	142,878
6	-750	-212,409	-187,127	500	44,330	44,330	142,908
7	-750	-204,458	-180,122	500	46,081	46,081	148,551
8	-750	-200,738	-176,845	500	46,900	46,900	151,192
9	-750	-186,789	-164,556	500	49,971	49,971	161,092
10	-750	-170,102	-149,856	500	53,645	53,645	172,936
11	-750	-168,955	-148,845	500	53,898	53,898	173,750
12	-750	-164,963	-145,328	500	54,777	54,777	176,583
13	-750	-164,347	-144,785	500	54,912	54,912	177,021
14	-750	-160,944	-141,787	500	55,662	55,662	179,437
15	-750	-160,155	-141,092	500	55,835	55,835	179,996
16	-750	-164,518	-144,936	500	54,875	54,875	176,899
17	-750	-163,961	-144,446	500	54,997	54,997	177,295
18	-750	-166,942	-147,071	500	54,341	54,341	175,179
19	-750	-167,124	-147,232	434,170	54,301	54,301	175,050
20	-750	-167,755	-147,788	500	54,162	54,162	174,602
21	-750	-168,079	-148,073	500	54,091	54,091	174,372
22	-750	-166,191	-146,410	500	54,506	54,506	175,712
23	-750	-168,684	-148,606	500	53,957	53,957	173,943
24	-750	-155,252	-136,773	500	56,915	56,915	183,476

Πίνακας 18: Ροές στις διασυνδέσεις την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015

Από την εξέταση των αποτελεσμάτων προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1) Οι τιμές εκκαθάρισης διαμορφώνονται για την κάθε χώρα, ως το σημείο τομής της συγκεντρωτικής καμπύλης προσφοράς και της συγκεντρωτικής καμπύλης ζήτησης. Αναλυτικότερα, προκύπτουν ως το σημείο τομής, της τιμής της προσφοράς ενέργειας της ακριβότερης Μονάδας Παραγωγής που μπαίνει στο σύστημα της χώρας και της τιμής της φθηνότερης Δήλωσης Φορτίου που γίνεται αποδεκτή από τον αλγόριθμο. Από την εξέταση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως, οι τιμές εκκαθάρισης ακολουθούν την ανελαστική καμπύλη φορτίου, δηλαδή όταν η καμπύλη φορτίου των χωρών παρουσιάζει απότομη αλλαγή, οι τιμές εκκαθάρισης μεταβάλλονται με ανάλογο τρόπο. Το συμπέρασμα αυτό, εξάγεται από το γεγονός πως, από την 9<sup>η</sup> ώρα μέχρι και την 11<sup>η</sup> ώρα της ημέρας και από την 16<sup>η</sup> ώρα και μετά, διάστημα κατά το οποίο, η καμπύλη ζήτησης των χωρών παρουσιάζει την μέγιστη τιμή της, οι τιμές εκκαθάρισης αυξάνονται, καθώς στο σύστημα μπαίνουν και ακριβότερες Μονάδες Παραγωγής, ούτως ώστε να καλυφθεί η απότομη αλλαγή της καμπύλης φορτίου. Η τάση αυτή, ενισχύεται από την αδυναμία των Λιγνιτικών Μονάδων Παραγωγής να καλύψουν μεγάλες διακυμάνσεις της ζήτησης, ως αποτέλεσμα και του μικρού ρυθμού αυξομείωσης της παραγωγής τους (ramping limit), την οποία όμως μπορούν να καλύψουν οι Μονάδες Φυσικού Αερίου, οι οποίες παρουσιάζουν μεγαλύτερο ρυθμό αυξομείωσης στη δική τους παραγωγή και αποτελούν πιο ευέλικτες Μονάδες.

2) Όσον αφορά τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών, παρατηρείται πως η Βουλγαρία καλείται να εξάγει μεγάλες ποσότητες ενέργειας προς την Ελλάδα. Η συμπεριφορά αυτή προσομοιάζει με την πραγματικότητα, καθώς η Βουλγαρία αποτελεί την κύρια χώρα που εξάγει ενέργεια στην Ελλάδα. Παράλληλα, η Βουλγαρία παρουσιάζεται από τα αποτελέσματα να εξάγει ενέργεια και προς την Fygom και συνεπώς, να παρουσιάζει στο σύνολο συμπεριφορά εξαγωγικής χώρας. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό, στις φθηνότερες Μονάδες Παραγωγής που δραστηριοποιούνται στην Βουλγαρία, η οποία περιλαμβάνει Πυρηνικές Μονάδες Παραγωγής, που προσφέρουν ενέργεια σε χαμηλότερη τιμή ακόμα και από τις Λιγνιτικές Μονάδες Παραγωγής, αλλά και πολλές Λιγνιτικές Μονάδες Παραγωγής. Καθώς, λοιπόν, το πρόβλημα έχει μοντελοποιηθεί ως ελαχιστοποίηση της διαφοράς του συνολικού κόστους παραγωγής και της χρησιμότητας του φορτίου (load utility), ο αλγόριθμος στρέφεται σε φθηνότερες Μονάδες Παραγωγής κατά την επίλυση και αυτός είναι ένας επιπλέον λόγος που επιβεβαιώνει τα παραπάνω αποτελέσματα. Επίσης, η Fygom εξάγει προς την Ελλάδα και αυτό οφείλεται πρώτον, στην ύπαρξη και σε αυτή πολλών φθηνών Μονάδων Παραγωγής, κυρίως Λιγνιτικών και δεύτερον, στην ιδιαίτερα χαμηλή ζήτηση που παρουσιάζει και της επιτρέπει να έχει πλεόνασμα ενέργειας, το οποίο μπορεί να εξάγει. Τέλος, η Ελλάδα παρουσιάζεται να εξάγει ενέργεια στην Ιταλία και αυτό οφείλεται στο γεγονός πως, η Ιταλία αναπτύσσεται ενεργειακά με ένα πολύ διαφορετικό μίγμα Μονάδων σε σχέση με τις άλλες τρεις χώρες του μοντέλου. Αυτό συμβαίνει καθώς, σε αντίθεση με τις άλλες τρεις χώρες, το μεγαλύτερο ποσοστό της δυναμικότητας παραγωγής της προέρχεται από Μονάδες Φυσικού Αερίου, οι οποίες είναι απαραίτητο να ενταχθούν στο σύστημά της όλες τις ώρες της ημέρας για να καλυφθεί η ζήτηση της χώρας και κατά αυτό τον τρόπο, διαμορφώνουν την τιμή εκκαθάρισης σε όλες τις ώρες. Η ώθηση για ένταξη των Μονάδων Φυσικού Αερίου όλες τις ώρες της ημέρας, οφείλεται και στην πολύ μικρή δυνατότητα συναλλαγών ενέργειας της Ιταλίας με τις άλλες χώρες, εξαιτίας της μικρής χωρητικότητας μεταφοράς της γραμμής που την συνδέει με την Ελλάδα. Συνεπώς, καθώς η Ελλάδα εκκαθαρίζει τιμή από τις Λιγνιτικές Μονάδες τις περισσότερες ώρες, καλείται να εξάγει ενέργεια στην Ιταλία, καθώς η τιμή εκκαθάρισής της είναι μικρότερη όλες τις ώρες της ημέρας, από την τιμή εκκαθάρισης της Ιταλίας.

3) Όσον αφορά την συμφόρηση στις γραμμές διασύνδεσης, παρατηρείται πως υπάρχει συμφόρηση στην γραμμή Ελλάδα-Βουλγαρίας για όλες τις ώρες της ημέρας, ως αποτέλεσμα και του περιορισμού των συνολικών ροών ενέργειας, που έχει επιβληθεί για τις διασυνδέσεις της Ελλάδας, με την Βουλγαρία και την Fyrom. Παράλληλα, παρατηρείται συμφόρηση στη γραμμή Ελλάδα-Ιταλίας όλες τις ώρες της ημέρας, εκτός από την 19<sup>η</sup> ώρα, λόγω της πολύ μικρής χωρητικότητας της μεταξύ τους διασύνδεσης. Ακόμα, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, παρατηρείται πως, οι τιμές εκκαθάρισης των χωρών της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom δεν ταυτίζονται σε καμία ώρα της ημέρας, ενώ η χώρα με την μικρότερη τιμή εκκαθάρισης παρουσιάζεται να εξάγει ηλεκτρική ενέργεια, σε αυτή με την μεγαλύτερη τιμή, αποτέλεσμα που συνάδει με το μηχανισμό των Έμμεσων Δημοπρασιών που εξηγήθηκε αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο. Κατά τον ίδιο τρόπο, παρατηρείται πως οι τιμές εκκαθάρισης της Ελλάδας και της Ιταλίας, προκύπτουν διαφορετικές για 23 ώρες της ημέρας, εκτός της 19<sup>ης</sup> ώρας, δηλαδή προκύπτουν διαφορετικές, μόνο όταν η χωρητικότητα της μεταξύ τους γραμμής δεν επαρκεί για τις μεταξύ τους συναλλαγές.

4) Για τις ανάγκες κάλυψης της ζήτησης γίνονται αποδεκτές σε αυτό το φορτίο 134 μπλοκ προσφορές όλων των ειδών και 4 ευέλικτες ωριαίες προσφορές από τις Μονάδες Παραγωγής, ενώ παρατηρείται πως, το κοινωνικό πλεόνασμα που προκύπτει από την εκτέλεση της κάθε μπλοκ προσφοράς είναι θετικό. Συνεπώς, καμία μπλοκ προσφορά δεν επιφέρει ζημία στην Μονάδα που την υποβάλλει κατά την αποδοχή της και δεν είναι Παραδόξως Αποδεκτή (Paradoxically Accepted Block).

## 8.2 Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής

Το δεύτερο σενάριο, επιλέχθηκε να είναι η ημέρα της 3<sup>ης</sup> Ιανουαρίου 2015, καθώς με αυτό τον τρόπο επιχειρήθηκε να συγκριθούν, δύο ημέρες σε πολύ κοντινό χρονικό διάστημα και με διαφορετικό επίπεδο φορτίου. Οι επιλογές (switches) που έγιναν, είναι οι ίδιες με αυτές του πρώτου φορτίου, συνεπώς συνοπτικά, υποβάλλονται προσφορές από τις Μονάδες Παραγωγής, προβλέπεται ποσοστό ελαστικής ζήτησης στο 20% της ανελαστικής ζήτησης, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας συμμετέχουν με προσφορά (bidding) στην εκκαθάριση της αγοράς, υπάρχει δυνατότητα περικοπών φορτίου, ενώ καθορίζεται και μια ποσότητα άνω του 80% της αιχμής της ανελαστικής ζήτησης για την Ελλάδα, την Βουλγαρία, την Fyrom και την Ιταλία, από την πλευρά των Υδροηλεκτρικών, ως υποχρεωτική έγχυση στο σύστημα.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προκύπτει μετά την επίλυση ίση με 34.785.040,79 €. Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με την ζήτηση και τις τιμές εκκαθάρισης, για όλες τις χώρες και για το δεύτερο φορτίο.

Ωρες	Ελλάδα		Fyrom		Βουλγαρία		Ιταλία	
	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση(MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση(MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση(MW)	MCP (€/MW)
1	4389,548	63,658	1108,513	56,081	3585,819	50,2	15256,302	68,5
2	4325,683	60,7	994,818	54,732	3323,035	50,1	13438,976	67,8
3	4139,814	49,6	901,835	49,6	3205,277	49,6	12486,144	67,2
4	4082,545	49,48	853,992	49,48	3158,078	49,48	12011,658	66
5	4141,872	48,7	839,676	48,7	3168,928	48,7	12218,211	67
6	4538,207	63,658	856,345	55,856	3271,159	49,8	13379,120	67,6
7	5114,372	63,713	939,928	56,105	3628,986	50,2	17248,689	69,3

8	5610,027	71	1006,782	59,515	4054,920	50,6	21083,510	71
9	5911,594	71,3	1108,031	59,758	4016,713	50,8	22401,445	71,3
10	5610,595	70,5	1108,005	59,296	3881,817	50,6	19753,064	70,5
11	5193,324	69,497	1107,302	58,689	3706,821	50,3	17782,087	70
12	4895,386	67,6	1106,604	57,916	3582,584	50,4	16819,548	70
13	4738,007	64,713	1106,139	56,486	3520,998	50,1	17002,986	69,9
14	4768,213	64,713	1106,311	56,486	3524,756	50,1	18361,776	70,3
15	4870,552	63,8	1106,583	56,087	3568,129	50,1	20594,109	70,3
16	5158,726	69,497	1107,138	58,633	3698,234	50,2	23056,060	72,2
17	5652,935	71,025	1107,805	59,3	3870,688	50,2	24412,034	73,4
18	6463,416	73,2	1108,149	60,645	4011,669	50,9	24374,039	73,2
19	6526,950	72,015	1108,139	60,24	4056,337	51,1	24305,388	73,1
20	6434,600	73	1108,266	61,12	4059,970	51,9	24310,254	73
21	5940,098	71,315	1107,458	59,877	4044,932	51	24277,840	72,75
22	5870,594	71,225	1106,752	59,726	4031,812	50,8	24214,056	73,2
23	5575,925	71,025	1105,878	59,638	4015,564	50,8	23362,218	72,7
24	4963,442	69,497	1106,008	61,222	4017,970	54,8	20220,227	72

Πίνακας 19: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών, που προέκυψαν από την επίλυση του μοντέλου, για το δεύτερο φορτίο.

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-750	-137,526	-121,157	500	60,818	60,818	196,058
2	-750	-161,949	-142,673	500	55,440	55,440	178,723
3	-735,5553	-173,932	-153,230	500	51,047	51,047	164,561
4	-743,2173	-186,685	-164,464	500	49,170	49,170	158,510
5	-731,2044	-186,062	-163,916	500	47,848	47,848	154,248
6	-750	-191,439	-168,652	500	48,947	48,947	157,792
7	-750	-173,634	-152,967	500	52,868	52,868	170,429
8	-750	-162,736	-143,366	478,623	55,267	55,267	178,165
9	-750	-141,293	-124,476	446,143	59,988	59,988	193,384
10	-750	-140,171	-123,487	269,546	60,235	60,235	194,181
11	-750	-140,077	-123,404	500	60,256	60,256	194,248
12	-750	-137,811	-121,408	500	60,755	60,755	195,856
13	-750	-136,177	-119,968	500	61,115	61,115	197,016
14	-750	-133,339	-117,468	500	61,740	61,740	199,030
15	-750	-131,476	-115,827	500	62,150	62,150	200,352
16	-750	-136,690	-120,421	500	61,002	61,002	196,651
17	-750	-136,616	-120,355	500	61,018	61,018	196,704
18	-750	-135,800	-119,636	462,775	61,198	61,198	197,283
19	-750	-136,002	-119,815	500	61,153	61,153	197,139

20	-750	-136,880	-120,588	500	60,960	60,960	196,516
21	-750	-137,583	-121,207	500	60,805	60,805	196,018
22	-750	-138,140	-121,698	500	60,682	60,682	195,622
23	-750	-137,377	-121,025	500	60,851	60,851	196,164
24	-750	-126,049	-111,046	500	63,345	63,345	204,204

*Πίνακας 20: Ροές στις διασυνδέσεις την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015*

Από την εξέταση των παραπάνω πινάκων, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα για το δεύτερο φορτίο:

1) Οι τιμές εκκαθάρισης και πάλι ανταποκρίνονται στις μεταβολές της καμπύλης ζήτησης, καθώς όπως παρατηρείται, κατά την 6<sup>η</sup> ώρα της ημέρας, όταν η ζήτηση παρουσιάζει μεγάλη και απότομη αύξηση, μπαίνουν στο σύστημα της Ελλάδας κυρίως, Μονάδες Φυσικού Αερίου, καθώς αυτές μπορούν να ανταποκριθούν στην απότομη αλλαγή της ζήτησης, σε αντίθεση με τις Λιγνιτικές Μονάδες. Κατά αυτό τον τρόπο, στο ίδιο διάστημα παρατηρείται και αύξηση των τιμών εκκαθάρισης και στις άλλες χώρες του μοντέλου, εξαιτίας της αυξημένης ζήτησης. Συνεπώς, καθώς μπαίνουν στο σύστημα ακριβότερες Μονάδες, οι τιμές εκκαθάρισης αυξάνονται, αφού πλέον η τιμή εκκαθάρισης δεν διαμορφώνεται από τις φθηνές Λιγνιτικές Μονάδες, αλλά από το σημείο τομής των προσφορών των Μονάδων μεγαλύτερου κόστους παραγωγής και των Δηλώσεων Φορτίου των Προμηθευτών Φορτίου. Ανάλογη εικόνα παρατηρείται και μετά την 16<sup>η</sup> ώρα της ημέρας, όπου και πάλι παρατηρείται ιδιαίτερη αύξηση στην καμπύλη ζήτησης των χωρών του συστήματος. Τέλος, οι τιμές εκκαθάρισης προκύπτουν μεγαλύτερες από το πρώτο φορτίο και αυτό συμβαίνει καθώς, λόγω της μεγαλύτερης ζήτησης που παρουσιάζεται στο δεύτερο φορτίο, εισέρχονται στο σύστημα των τεσσάρων χωρών, ακριβότερες Μονάδες Παραγωγής, προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση, οι οποίες και διαμορφώνουν τις αυξημένες τιμές εκκαθάρισης.

2) Όσον αφορά τις ροές στις διασυνδέσεις, παρατηρείται πως και πάλι η Βουλγαρία φέρεται να εξάγει μεγάλα ποσά ενέργειας στην Ελλάδα, ενώ εξάγει ενέργεια και στη Fyrom, λόγω των πιο φθηνών Μονάδων Παραγωγής που δραστηριοποιούνται σε αυτή, όπως τονίστηκε και στα αποτελέσματα του πρώτου φορτίου. Παράλληλα, η Ελλάδα παρουσιάζεται να εισάγει ενέργεια από την Fyrom, ωστόσο σε μικρότερα ποσά σε σχέση με τις εισαγωγές από την Βουλγαρία και να εξάγει ενέργεια στην Ιταλία, για τους ίδιους λόγους που αναλύθηκαν και παραπάνω.

3) Όσον αφορά τη συμφόρηση στις διασυνδέσεις προκύπτει πως, εμφανίζεται συμφόρηση στη γραμμή Ελλάδας-Βουλγαρίας σε όλες τις ώρες της ημέρας εκτός από 3 ώρες, όπου η χωρητικότητα της γραμμής διασύνδεσης επαρκεί για τις συναλλαγές μεταξύ τους. Κατά συνέπεια, σύμφωνα και με το μηχανισμό των Έμμεσων Δημοπρασιών, οι τιμές εκκαθάρισης προκύπτουν διαφορετικές για τις χώρες της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom, όταν η διασυνδετική ικανότητα των γραμμών δεν επαρκεί για τις μεταξύ τους συναλλαγές ενέργειας. Αναλυτικότερα, η Βουλγαρία διαμορφώνει συνεχώς την χαμηλότερη τιμή εκκαθάρισης, εξαιτίας και των Μονάδων Παραγωγής χαμηλότερου κόστους που αναπτύσσονται στην Επικράτειά της και έπεται η Fyrom, με την Ελλάδα να εμφανίζει πάντα υψηλότερες τιμές εκκαθάρισης, λόγω των ακριβότερων Μονάδων Φυσικού Αερίου που απαιτείται να ενταχθούν στο σύστημά της, τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Έτσι, στο παρόν φορτίο, οι αγορές ενέργειας της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom ενοποιούνται και αποκτούν την ίδια τιμή εκκαθάρισης για τις 3 αυτές ώρες, της εν λόγω ημέρας, καθώς η χωρητικότητα

στις μεταξύ τους διασυνδέσεις επαρκεί για την πραγματοποίηση των συναλλαγών. Η απουσία συμφόρησης οφείλεται σε ένα βαθμό, στο ότι η καμπύλη ζήτησης της Βουλγαρίας παρουσιάζει μεγαλύτερη αύξηση σε σχέση με το πρώτο φορτίο, τόσο ποσοστιαία, όσο και σε καθαρούς αριθμούς, από την αύξηση της καμπύλης ζήτησης της Ελλάδας. Ενδεικτικά, η αιχμή της Βουλγαρίας παρουσιάζει αύξηση στο δεύτερο φορτίο της τάξης του 26,52% σε σχέση με το πρώτο φορτίο, ενώ η αιχμή της Ελλάδας παρουσιάζει αύξηση της τάξης του 18,74%. Κατά συνέπεια, το πλεόνασμα ενέργειας της Βουλγαρίας είναι μικρότερο και σε αυτό το στοιχείο, οφείλεται σε μεγάλο βαθμό η απουσία συμφόρησης για 3 ώρες, στη γραμμή Ελλάδας-Βουλγαρίας. Αντίστοιχα, η γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας δεν παρουσιάζει συμφόρηση για 4 ώρες της ημέρας και αυτό παρατηρείται, κυρίως τις ώρες που απαιτείται η είσοδος Μονάδων Φυσικού Αερίου στο σύστημα της Ελλάδας, που αυξάνουν την τιμή εκκαθάρισης της και την εξισώνουν με αυτή της Ιταλίας. Κατά αυτό τον τρόπο, δημιουργείται μία ενοποιημένη αγορά της Ελλάδας και της Ιταλίας για 4 ώρες την εν λόγω ημέρα, μέσω της απουσίας συμφόρησης στην μεταξύ τους γραμμή και της ενοποίησης των τιμών εκκαθάρισης τους.

4) Όσον αφορά τις μπλοκ προσφορές, παρατηρείται πως γίνονται αποδεκτές 164 μπλοκ προσφορές όλων των ειδών και 6 ευέλικτες ωριαίες προσφορές. Ο αριθμός τους προκύπτει μεγαλύτερος από το προηγούμενο φορτίο, λόγω και της μεγαλύτερης ζήτησης, ενώ και εδώ καμία μπλοκ προσφορά δεν προκύπτει Παραδόξως Αποδεκτή.

### 8.3 Τρίτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής

Το φορτίο της τρίτης βαθμίδας ζήτησης, αντιστοιχεί στην ημέρα της 29<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2015. Το εν λόγω φορτίο παρουσιάζει μικρότερη ζήτηση, σε σχέση με το δεύτερο φορτίο, στις χώρες της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom, ωστόσο εμφανίζει πολύ μεγαλύτερη ζήτηση στην Ιταλία και κατά αυτό τον τρόπο, η συνολική ζήτηση που καλούνται να καλύψουν οι Μονάδες Παραγωγής στις τέσσερις χώρες, προκύπτει μεγαλύτερη από το δεύτερο φορτίο. Όσον αφορά τις επιλογές (switches) που περιλαμβάνονται στο μοντέλο, διατηρήθηκαν οι ίδιες με τα προηγούμενα φορτία και παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα επίλυσης του εν λόγω φορτίου.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, προέκυψε ίση με 38.874.524,3 €. Συνεπώς, προέκυψε μεγαλύτερη σε σχέση με τις δύο μικρότερες βαθμίδες φορτίου που προηγήθηκαν, εξαιτίας της εισαγωγής στο σύστημα, περισσότερων και ακριβότερων Μονάδων Παραγωγής, για την κάλυψη της μεγάλης ζήτησης, ιδιαίτερα στην Ιταλία.

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τη ζήτηση και τις τιμές εκκαθάρισης για τις τέσσερις χώρες του μοντέλου.

Ωρες	Ελλάδα		Fyrom		Βουλγαρία		Ιταλία	
	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)
1	3580,310	47,64	999,171	47,64	3012,596	47,64	21603,775	70,5
2	3373,027	47,39	893,263	46,607	2791,554	46	20214,876	70,2
3	3242,099	47,39	822,704	46,607	2702,027	46	19433,955	70
4	3201,373	47,2	779,669	46,524	2701,544	46	19168,462	70
5	3282,649	47,39	763,415	46,607	2739,808	46	19357,617	69,8
6	3674,008	47,39	795,423	46,495	2804,740	45,8	20694,530	70,2

7	4440,510	63,658	924,650	55,687	3132,884	49,5	24880,005	73,4
8	4660,858	63,713	996,924	56,105	3589,117	50,2	24795,642	73,4
9	4629,752	63,713	997,996	56,105	3594,106	50,2	22618,516	72,2
10	4304,713	63,658	998,176	56,081	3473,471	50,2	20754,633	70,9
11	3844,921	51,1	997,614	50,537	3276,516	50,1	19472,940	70,2
12	3462,124	49,39	996,690	49,39	3116,642	49,39	19100,706	70,2
13	3202,983	47,462	994,904	47,462	3024,550	47,462	19605,826	70,2
14	3184,578	47,51	995,640	47,51	2998,638	47,51	21002,161	70,5
15	3369,760	47,6	996,628	47,6	3002,982	47,6	22951,473	72,1
16	3463,223	47,7	996,125	47,7	3010,573	47,7	25289,539	73,2
17	3760,889	49,5	997,091	49,5	3101,177	49,5	27116,188	75
18	4168,638	63,6	998,447	55,999	3352,465	50,1	27455,200	74,9
19	5003,310	68	1000,524	57,978	3526,976	50,2	27413,054	75
20	5276,402	69,797	1001,184	58,764	3612,718	50,2	27371,776	75
21	4902,019	66,658	1000,979	57,392	3623,413	50,2	27302,082	75
22	4955,900	65,713	1001,781	56,979	3622,505	50,2	27201,452	74,7
23	4699,507	63,713	1001,700	56,105	3634,979	50,2	27162,086	74,8
24	4301,461	63,713	1001,977	56,274	3645,443	50,5	24098,752	73,8

Πίνακας 21: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών, που προέκυψαν από την επίλυση του μοντέλου, για το τρίτο φορτίο.

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-720,943	-147,348	-129,810	500	55,126	55,126	177,708
2	-750	-175,547	-154,653	500	52,446	52,446	169,071
3	-750	-191,147	-168,396	500	49,012	49,012	157,999
4	-750	-199,973	-176,171	500	47,068	47,068	151,734
5	-750	-204,219	-179,912	500	46,133	46,133	148,721
6	-750	-196,050	-172,715	500	47,932	47,932	154,519
7	-750	-176,578	-155,561	500	52,219	52,219	168,340
8	-750	-161,149	-141,968	500	55,616	55,616	179,291
9	-750	-159,809	-140,787	500	55,911	55,911	180,242
10	-750	-158,928	-140,011	500	56,105	56,105	180,868
11	-750	-155,028	-136,576	500	56,964	56,964	183,636
12	-652,987	-125,703	-110,741	500	51,637	51,637	166,463
13	-673,052	-134,311	-118,324	500	52,179	52,179	168,210
14	-686,674	-136,375	-120,143	500	53,379	53,379	172,079
15	-689,270	-136,696	-120,425	500	53,624	53,624	172,867
16	-689,680	-138,220	-121,768	500	53,338	53,338	171,946
17	-693,849	-140,570	-123,838	500	53,327	53,327	171,911
18	-750	-159,858	-140,831	500	55,901	55,901	180,207

19	-750	-156,225	-137,630	500	56,701	56,701	182,786
20	-750	-158,636	-139,754	500	56,170	56,170	181,074
21	-750	-154,855	-136,423	500	57,002	57,002	183,758
22	-750	-156,927	-138,248	500	56,546	56,546	182,288
23	-750	-155,685	-137,155	500	56,819	56,819	183,169
24	-750	-157,241	-138,525	500	56,477	56,477	182,065

*Πίνακας 22: Ροές στις διασυνδέσεις την 29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015*

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εξέταση των αποτελεσμάτων είναι τα εξής:

- 1) Οι τιμές εκκαθάρισης παρουσιάζουν την μέγιστη τιμή τους, όταν η καμπύλη ζήτησης φτάσει στην αιχμή της, όπως ήταν αναμενόμενο. Τις ώρες αιχμής της ημέρας, εισέρχονται στο σύστημα και οι ακριβότερες Μονάδες Παραγωγής, όπως είναι οι Μονάδες Φυσικού Αερίου για την Ελλάδα, οι οποίες διαμορφώνουν την τιμή εκκαθάρισης τις ώρες αυτές, ως το σημείο τομής με τις Δηλώσεις Φορτίου των Προμηθευτών, όπως αναλύθηκε παραπάνω. Αυτό συμβαίνει, καθώς τις ώρες αιχμής εξαντλείται η δυναμικότητα των Λιγνιτικών Μονάδων Παραγωγής της Ελλάδας, που αποτελούν και τις φθηνότερες Μονάδες καθώς, δεν μπορούν να καλύψουν την μεγάλη ζήτηση που παρατηρείται, το εν λόγω διάστημα. Αντίστοιχα, παρατηρείται πως, λόγω της χαμηλής ζήτησης της Βουλγαρίας, δεν απαιτείται η ένταξη Μονάδων μεγαλύτερου κόστους στο σύστημά της, για την κάλυψή της.
- 2) Όσον αφορά τις συναλλαγές ενέργειας μεταξύ των χωρών, παρατηρείται η ίδια ακριβώς συμπεριφορά με τα προηγούμενα φορτία, με την Βουλγαρία να εξάγει στην Ελλάδα και τη Fygom, λόγω και των φθηνότερων Μονάδων Παραγωγής της. Η Ελλάδα εμφανίζεται να εισάγει ενέργεια από τη Fygom, ενώ εξάγει ενέργεια στην Ιταλία, λόγω και των χαμηλότερων τιμών εκκαθάρισης που παρουσιάζει, εξαιτίας του διαφορετικού ενεργειακού μίγματος με την Ιταλία, όπως αναλύθηκε παραπάνω.
- 3) Τέλος, όσον αφορά τη συμμόρφωση στις γραμμές μεταφοράς, παρατηρείται συμμόρφωση στην γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας και για όλες τις ώρες της ημέρας, καθώς λόγω της ιδιαιτερότητας του εν λόγω φορτίου, η ζήτηση της Ιταλίας παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη συγκριτικά με τα προηγούμενα επίπεδα ζήτησης, σε αντίθεση με την ζήτηση των τριών άλλων χωρών, που εμφανίζεται μειωμένη. Συνεπώς, η μειωμένη ζήτηση της Ελλάδας οδηγεί σε μειωμένες τιμές εκκαθάρισης που επιτρέπουν την ενοποίησή της με τις χώρες της Βουλγαρίας και της Fygom, για 7 ώρες της ημέρας. Κατά αυτό τον τρόπο, εξισώνονται οι τιμές εκκαθάρισης των τριών χωρών εκτός της Ιταλίας καθώς, η χωρητικότητα των μεταξύ τους γραμμών επαρκεί για τις συναλλαγές, σύμφωνα και με το μηχανισμό των Έμμεσων Δημοπρασιών.
- 4) Γίνονται αποδεκτές 175 μπλοκ προσφορές όλων των ειδών και 6 ευέλικτες ωριαίες προσφορές, για την κάλυψη των αναγκών του εν λόγω φορτίου στις τέσσερις χώρες, καμία από τις οποίες δεν είναι Παραδόξως Αποδεκτή.



#### 8.4 Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής

Το τέταρτο σενάριο ζήτησης αναφέρεται στην ημέρα της 8<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου 2015. Η επιλογή του, έγκειται στην πολύ μεγάλη αιχμή που παρατηρείται σε όλες τις χώρες του μοντέλου, την εν λόγω ημέρα. Όπως και στο προηγούμενο φορτίο, οι επιλογές (switches) διατηρούνται ίδιες και αυτό επιτρέπει και την καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαφόρων φορτίων, τα αποτελέσματα των οποίων μελετήθηκαν, κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προέκυψε μετά την επίλυση ίση με 41.102.728,79 €. Η τιμή της είναι μεγαλύτερη από τα προηγούμενα φορτία και αυτό είναι αναμενόμενο καθώς, η ζήτηση που καλούνται να καλύψουν οι Μονάδες Παραγωγής, είναι πολύ μεγάλη και απαιτεί την είσοδο στο σύστημα ακριβών Μονάδων που αυξάνουν το συνολικό κόστος παραγωγής των τεσσάρων αγορών.

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τη ζήτηση και τις τιμές εκκαθάρισης των τεσσάρων χωρών του μοντέλου, για το εν λόγω φορτίο.

Ωρες	Ελλάδα		Fyrom		Βουλγαρία		Ιταλία	
	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)
1	3599,634	50,1	1186,659	50,1	3548,091	50,1	16984,374	69,8
2	3588,483	49,5	1054,419	49,5	3328,033	49,5	15255,261	68,4
3	3547,120	48,8	977,621	48,8	3222,722	48,8	14462,126	67,6
4	3552,839	47,39	911,735	47,39	3114,001	47,39	14258,651	68
5	3747,506	47,51	919,776	47,51	3158,957	47,51	14785,639	68
6	4298,666	63,3	948,737	55,868	3267,865	50,1	16884,833	69,1
7	5313,052	69,497	1074,852	58,633	3644,621	50,2	23601,780	72,7
8	5691,817	71,125	1171,608	59,738	3985,445	50,9	28316,443	75,5
9	5848,399	71,315	1206,967	59,877	3957,886	51	25719,733	74,2
10	5797,915	71,315	1207,017	59,877	3894,567	51	22740,507	72,7
11	5337,450	70,5	1205,268	59,409	3785,118	50,8	20600,870	70,5
12	5024,399	69,497	1203,858	58,914	3715,274	50,7	19660,320	70,4
13	4972,935	69,497	1204,047	58,914	3725,142	50,7	19915,527	70,2
14	4706,113	63,713	1203,992	56,387	3724,366	50,7	21421,992	71
15	4922,605	67,5	1205,207	58,098	3815,166	50,8	23475,843	72,8
16	5195,562	69,497	1206,542	59,083	3925,190	51	26108,244	74,1
17	5321,296	69,497	1205,770	60,040	4036,819	52,7	28294,300	75,7
18	6017,403	71,325	1207,360	66,976	4177,086	63,6	28916,247	75,5
19	6376,657	71,475	1207,544	69,575	4272,392	68,1	28845,163	75,5
20	6345,972	72,015	1207,388	70,205	4345,001	68,8	29131,585	75,5
21	5835,295	71,225	1207,729	70,029	4411,483	69,1	29412,185	75,5
22	5817,869	71,075	1207,496	70,076	4460,908	69,3	29657,330	75,7
23	5493,043	70,544	1207,496	69,9	4462,298	69,4	28629,076	75,5
24	4899,893	70,097	1207,423	70,097	4461,720	70,097	24808,032	74

Πίνακας 23: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών, που προέκυψαν από την επίλυση του μοντέλου, για το τέταρτο φορτίο.

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-559,449	-57,361	-50,533	500	55,323	55,323	178,345
2	-577,906	-92,147	-81,179	500	49,906	49,906	160,881
3	-587,819	-111,943	-98,618	500	46,751	46,751	150,712
4	-662,209	-148,638	-130,946	500	47,708	47,708	153,796
5	-637,847	-140,123	-123,445	500	46,623	46,623	150,300
6	-750	-172,212	-151,714	500	53,181	53,181	171,439
7	-750	-149,034	-131,295	500	58,284	58,284	187,890
8	-750	-128,831	-113,497	500	62,732	62,732	202,230
9	-750	-120,222	-105,913	500	64,627	64,627	208,340
10	-750	-118,485	-104,382	500	65,010	65,010	209,573
11	-750	-118,936	-104,780	431,578	64,911	64,911	209,252
12	-750	-118,649	-104,527	500	64,974	64,974	209,457
13	-750	-118,764	-104,628	500	64,949	64,949	209,375
14	-750	-110,269	-97,144	500	66,819	66,819	215,404
15	-750	-111,743	-98,442	500	66,494	66,494	214,358
16	-750	-114,906	-101,229	500	65,798	65,798	212,113
17	-750	-117,129	-103,188	500	65,308	65,308	210,535
18	-750	-120,521	-106,176	500	64,562	64,562	208,128
19	-750	-146,450	-129,018	500	58,853	58,853	189,724
20	-750	-156,939	-138,259	500	56,543	56,543	182,279
21	-750	-157,710	-138,939	500	56,374	56,374	181,732
22	-750	-158,985	-140,062	500	56,093	56,093	180,827
23	-750	-155,872	-137,319	500	56,778	56,778	183,036
24	-596,761	-90,245	-79,503	500	52,615	52,615	169,614

Πίνακας 24: Ροές στις διασυνδέσεις την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015

Από την εξέταση των πινάκων με τα αποτελέσματα προκύπτει πως:

1) Οι τιμές εκκαθάρισης προκύπτουν μεγαλύτερες από τα προηγούμενα φορτία. Αυτό συμβαίνει, καθώς η πολύ μεγάλη ζήτηση που παρατηρείται, ξεπερνά την συνολική δυναμικότητα των Λιγνιτικών Μονάδων Παραγωγής, κυρίως στην Ελλάδα από την 6<sup>η</sup> ώρα της ημέρας και αυτό έχει ως συνέπεια να μπαίνουν στο σύστημα από το πρωί της εν λόγω ημέρας μέχρι και το τέλος της, Μονάδες μεγαλύτερου κόστους παραγωγής, οι οποίες και διαμορφώνουν την τιμή εκκαθάρισης των περισσοτέρων ωρών της ημέρας. Συγκεκριμένα, παρατηρείται πως, για την Ελλάδα η δυναμικότητα παραγωγής των Λιγνιτικών Μονάδων ανέρχεται σε 3912 MW για το 2015 και η ζήτηση του εν λόγω φορτίου είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να ξεπερνά τις περισσότερες ώρες αυτή τη δυναμικότητα, αθροισμένη με τις εισαγωγές της Ελλάδας. Κατά συνέπεια, το μοντέλο οδηγείται στην ένταξη στο σύστημα, των ακριβότερων Μονάδων Φυσικού Αερίου, ούτως ώστε να διαχειριστεί και να ανταπεξέλθει στο μέγεθος, αλλά και στις μεγάλες διακυμάνσεις της ζήτησης.

2) Για τις ροές στις διασυνδέσεις, προκύπτουν τα ίδια αποτελέσματα με τα προηγούμενα φορτία. Συνεπώς, η Βουλγαρία εξάγει στην Ελλάδα και τη Fyrom, ενώ η Ελλάδα εισάγει από τη Fyrom και εξάγει στην Ιταλία.

3) Συμφόρηση παρατηρείται στη γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας, όλες τις ώρες της ημέρας εκτός από την 11<sup>η</sup> ώρα, ενώ στη γραμμή Ελλάδας-Βουλγαρίας, παρατηρείται συμφόρηση για 18 ώρες της ημέρας και παρατηρείται επάρκεια της διασύνδεσης στην αρχή και το τέλος της ημέρας. Έτσι, τις πρώτες 5 ώρες της ημέρας και την τελευταία ώρα της ημέρας, δημιουργούνται δύο ζώνες τιμής, όπου η πρώτη περιλαμβάνει τις χώρες της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom, καθώς αυτές οι χώρες αποκτούν την ίδια τιμή εκκαθάρισης, λόγω της επάρκειας των μεταξύ τους διασυνδετικών γραμμών και η δεύτερη μόνο την Ιταλία. Αντίθετα, την 11<sup>η</sup> ώρα δημιουργούνται 3 ζώνες τιμής, η πρώτη αποτελεί την ενοποιημένη αγορά Ελλάδας-Ιταλίας, η δεύτερη την Βουλγαρία και η τρίτη, την Fyrom.

4) Όσον αφορά την αποδοχή των μπλοκ προσφορών, γίνονται αποδεκτές 182 μπλοκ προσφορές όλων των ειδών και 6 ευέλικτες ωριαίες προσφορές, από τις οποίες και εδώ καμία δεν είναι Παραδόξως Αποδεκτή.

#### 8.5 Πέμπτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής

Το πέμπτο σενάριο ζήτησης, αναφέρεται στην 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015 και αποτελεί την μεγαλύτερη βαθμίδα φορτίου που επιλέχθηκε για τις ανάγκες επίλυσης του μοντέλου της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Το φορτίο αυτό περιλαμβάνει, την μεγαλύτερη αιχμή όλου του έτους για την Ελλάδα και μία από τις μεγαλύτερες αιχμές φορτίου και για την Ιταλία. Το γεγονός αυτό, σχετίζεται με την εποχή που εντοπίζεται η συγκεκριμένη ημέρα, η οποία και δικαιολογεί το ακραίο φορτίο στην Ελλάδα και την Ιταλία, λόγω τουριστικής περιόδου. Οι επιλογές (switches) διατηρούνται και εδώ ίδιες, συγκριτικά με τα προηγούμενα φορτία.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προκύπτει ίση με 49.991.980,33 €, πολύ μεγαλύτερη από οποιοδήποτε άλλο φορτίο μελετήθηκε.

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με την ζήτηση και τις τιμές εκκαθάρισης των τεσσάρων χωρών για το πέμπτο και μεγαλύτερο φορτίο.

Ωρες	Ελλάδα		Fyrom		Βουλγαρία		Ιταλία	
	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)
1	6584,001	72,4	781,806	58,100	2987,087	47	30864,961	76
2	6188,688	71,315	721,460	57,231	2834,153	46,3	28331,112	75
3	5897,084	71,025	662,082	56,936	2652,107	46	27090,296	74,2
4	5643,697	69,497	650,148	56,155	2568,257	45,8	26107,194	73,7
5	5508,820	67,2	628,055	55,152	2561,154	45,8	25671,645	73,4
6	5484,621	66	623,832	54,627	2595,075	45,8	24188,366	71,1
7	6209,246	71,315	669,044	57,062	2770,923	46	24157,923	73,2
8	7088,141	75	759,150	59,236	2904,034	47	26895,857	75
9	7162,913	74	848,152	58,517	2799,709	46,5	24439,751	74
10	6915,885	72,75	872,378	57,971	2635,146	46,5	22483,758	72,75
11	6915,399	72	872,087	57,643	2480,111	46,5	21142,557	72
12	7002,161	72,1	871,510	57,405	2368,465	46	21029,010	72,1
13	7040,781	71,5	871,183	57,031	2308,822	45,8	20535,235	71,5

14	6742,257	72,4	871,009	57,255	2301,671	45,5	21663,867	72,4
15	6439,069	73,4	870,960	57,692	2331,380	45,5	23866,289	73,4
16	6286,713	71,915	871,031	57,212	2396,867	45,8	26323,136	74,7
17	6501,031	74,3	871,851	58,367	2489,145	46	28893,916	76,3
18	6872,701	77	872,914	59,828	2633,088	46,5	31381,329	77
19	7141,632	78,1	874,102	60,365	2781,206	46,6	33640,971	78,1
20	7509,788	79,2	874,887	61,353	2912,381	47,5	34373,040	79,2
21	7720,308	79,7	875,158	62,303	2983,640	48,8	34426,781	79,4
22	7805,006	80,726	875,271	62,977	3000,159	49,2	34425,303	79,6
23	8090,254	80,726	875,526	62,920	2998,253	49,1	34343,791	79,8
24	7553,204	81,3	875,668	64,072	2994,325	50,7	33999,730	81,3

Πίνακας 25: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών, που προέκυψαν από την επίλυση του μοντέλου, για το πέμπτο φορτίο.

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-750	-208,329	-183,532	500	45,229	45,229	145,804
2	-750	-220,336	-194,110	500	42,585	42,585	137,281
3	-750	-232,976	-205,246	500	39,802	39,802	128,309
4	-750	-235,498	-207,467	500	39,247	39,247	126,520
5	-750	-240,180	-211,592	500	38,216	38,216	123,196
6	-750	-241,056	-212,364	500	38,023	38,023	122,574
7	-750	-231,413	-203,869	500	40,146	40,146	129,419
8	-750	-214,677	-189,125	175,274	43,831	43,831	141,298
9	-750	-196,073	-172,735	-147,924	47,927	47,927	154,503
10	-750	-188,870	-166,390	24,168	49,513	49,513	159,615
11	-750	-186,868	-164,626	-126,660	49,954	49,954	161,036
12	-750	-186,112	-163,960	-220,448	50,120	50,120	161,573
13	-750	-185,746	-163,638	-441,163	50,201	50,201	161,832
14	-750	-183,293	-161,476	105,100	50,741	50,741	163,574
15	-750	-182,592	-160,858	492,928	50,895	50,895	164,071
16	-750	-182,997	-161,215	500	50,806	50,806	163,784
17	-750	-187,711	-165,369	500	49,768	49,768	160,437
18	-750	-189,169	-166,653	279,933	49,447	49,447	159,403
19	-750	-189,148	-166,634	18,732	49,452	49,452	159,418
20	-750	-188,951	-166,461	-335,948	49,495	49,495	159,558
21	-750	-187,322	-165,026	-500	49,854	49,854	160,714
22	-750	-186,800	-164,566	-500	49,969	49,969	161,084
23	-750	-187,654	-165,318	-500	49,781	49,781	160,478
24	-750	-165,487	-145,789	-255,708	54,661	54,661	176,212

Πίνακας 26: Ροές στις διασυνδέσεις την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015

Εξάγονται, λοιπόν, τα εξής συμπεράσματα:

1) Οι τιμές εκκαθάρισης προκύπτουν πολύ μεγαλύτερες για την Ελλάδα σε σχέση με τα υπόλοιπα φορτία, καθώς η ζήτησή της είναι πάρα πολύ μεγάλη και απαιτεί την ένταξη στο σύστημα ορισμένων πολύ ακριβών Μονάδων Παραγωγής για την κάλυψη του πολύ μεγάλου φορτίου. Αντίστοιχα, υψηλή τιμή έχουν και στην Ιταλία, καθώς και εκεί παρατηρείται ακραία αιχμή φορτίου και πολύ μεγάλη ζήτηση καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας μελέτης. Αντίθετα, στη Fygom και τη Βουλγαρία, οι τιμές εκκαθάρισης δεν παρουσιάζουν ανάλογη αύξηση, καθώς η ζήτηση των εν λόγω χωρών εμφανίζεται μικρή και δεν παρουσιάζει τα ακραία χαρακτηριστικά της Ελλάδας και της Ιταλίας.

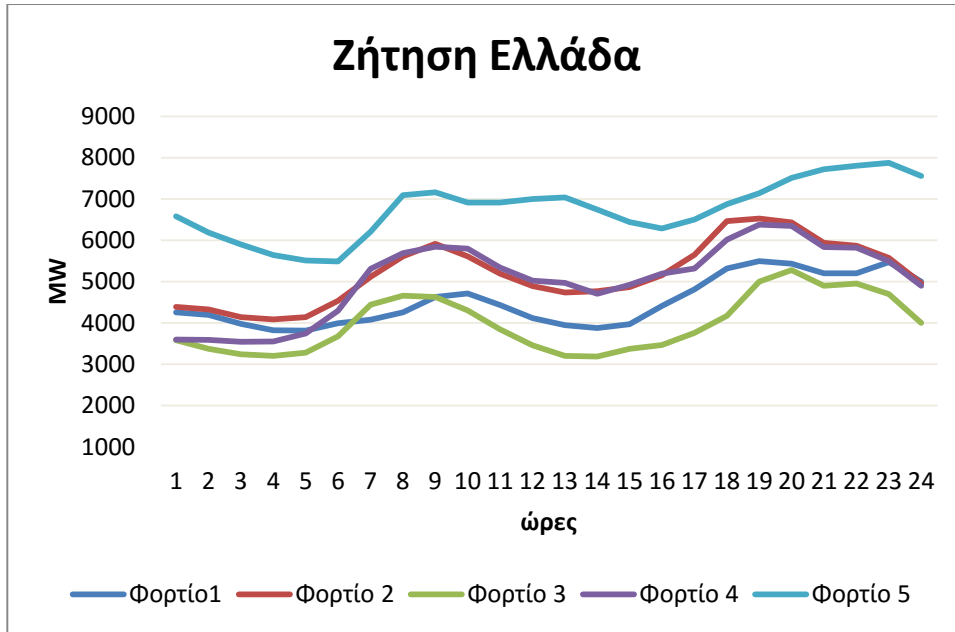
2) Όσον αφορά τις συναλλαγές ενέργειας, η ίδια συμπεριφορά διατηρείται όσον αφορά την Ελλάδα, την Βουλγαρία και την Fygom, με την Βουλγαρία να εξάγει μεγάλες ποσότητες ενέργειας κυρίως στην Ελλάδα και δευτερευόντως στην Fygom και την Ελλάδα να εισάγει ενέργεια από την Fygom. Αντίθετα, μεγάλη διαφοροποίηση παρατηρείται στη γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας, καθώς παρατηρείται πως η Ελλάδα εξάγει ενέργεια στην Ιταλία, 15 ώρες της ημέρας και η Ιταλία εξάγει ενέργεια στην Ελλάδα, 9 ώρες. Αυτό συμβαίνει, εξαιτίας της ακραίας ζήτησης της Ελλάδας, που επιβάλλει την εισαγωγή στο σύστημά της, Μονάδων πολύ μεγάλου κόστους παραγωγής που αυξάνουν την τιμή εκκαθάρισής της, η οποία σε ορισμένες ώρες ξεπερνά την τιμή εκκαθάρισης της Ιταλίας.

3) Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η συμφόρηση, καθώς παρατηρείται πως η γραμμή Ελλάδας-Βουλγαρίας φτάνει στο όριο της σε όλες τις ώρες της ημέρας, σε αντίθεση με την γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας, όπου παρατηρείται συμφόρηση μόλις 12 ώρες της ημέρας και τις υπόλοιπες 12 ώρες, η διασυνδεδετική τους γραμμή επαρκεί για τη διενέργεια των συναλλαγών ενέργειας. Η συμφόρηση στη γραμμή Ελλάδας-Βουλγαρίας, εξηγείται, όπως προαναφέρθηκε από το γεγονός πως η μικρή ζήτηση της Βουλγαρίας της επιτρέπει να διατηρεί ένα πλεόνασμα ενέργειας, το οποίο τροφοδοτεί στην Ελλάδα, η οποία αδυνατεί να καλύψει της μεγάλες ανάγκες ζήτησής της. Συνεπώς, διαμορφώνονται 4 ζώνες τιμής για τις 12 ώρες που υπάρχει συμφόρηση στη γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας, όπου κάθε ζώνη αντιστοιχεί σε μία χώρα και η χώρα με την μικρότερη τιμή εκκαθάρισης, εξάγει σε αυτή με την μεγαλύτερη τιμή εκκαθάρισης. Αντίστοιχα, διαμορφώνονται 3 ζώνες τιμής για τις 12 ώρες που επαρκεί η χωρητικότητα μεταφοράς της γραμμής Ελλάδας-Ιταλίας, μία ζώνη για την ενοποιημένη αγορά Ελλάδας-Ιταλίας, μία ζώνη για την Βουλγαρία και μία ζώνη για την Fygom.

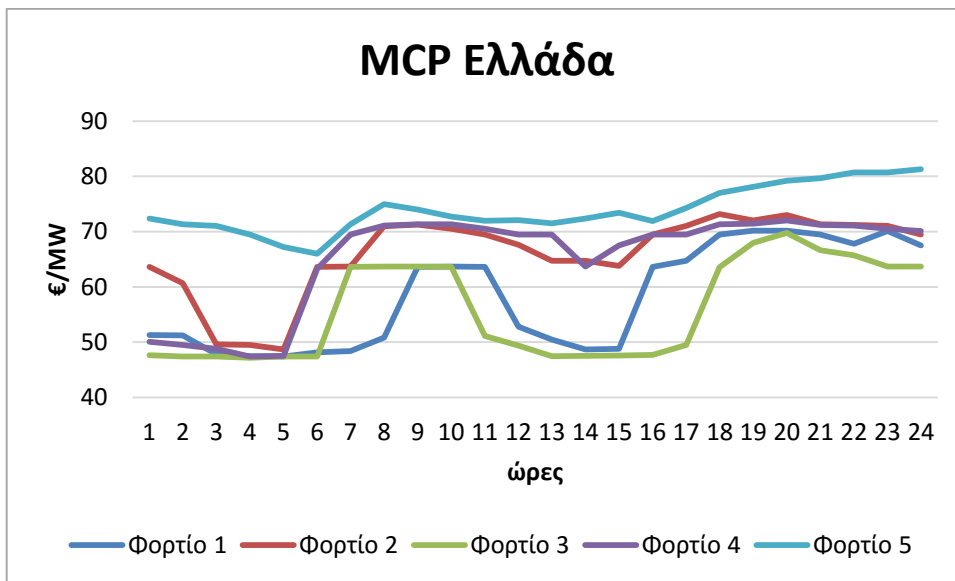
4) Για τις ανάγκες κάλυψης του πολύ μεγάλου φορτίου σε Ελλάδα και Ιταλία, εκκαθαρίζονται 206 μπλοκ προσφορές όλων των ειδών, πολύ περισσότερες από αυτές που εκκαθαρίζονται στα υπόλοιπα φορτία και 7 ευέλικτες ωριαίες προσφορές, όπου καμία δεν είναι Παραδόξως Αποδεκτή.

#### 8.6 Συνολική σύγκριση των 5 Φορτίων Ζήτησης για Προσφορές από Μονάδες Παραγωγής

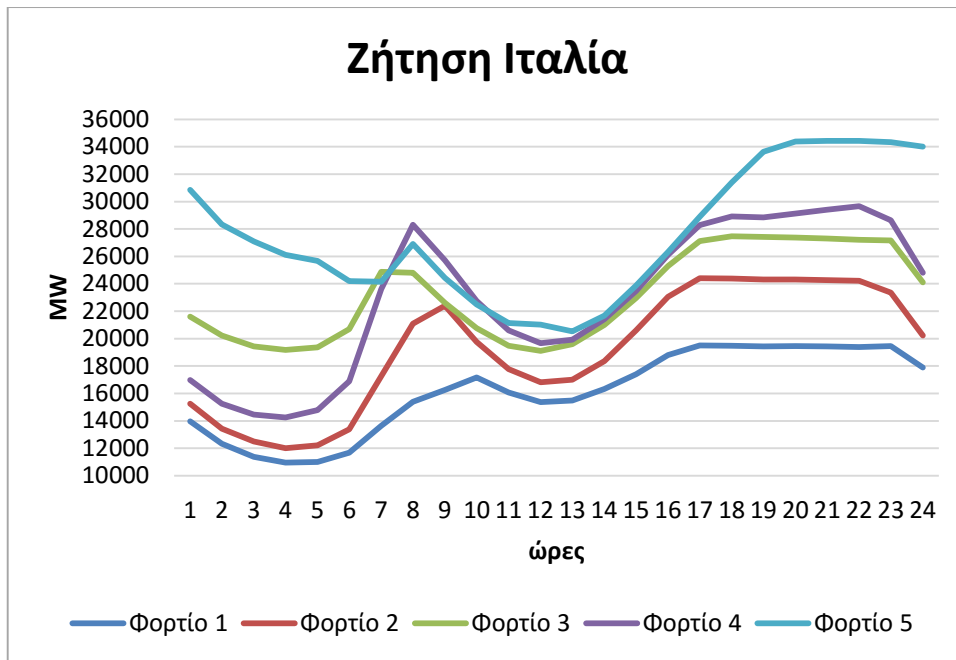
Μετά την αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων για τα 5 φορτία που επιλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση του μοντέλου, κρίνεται απαραίτητη μια συγκεντρωτική παράθεση των αποτελεσμάτων. Για το σκοπό αυτό, παρακάτω παρατίθενται τα συγκεντρωτικά διαγράμματα για την ζήτηση και τις τιμές εκκαθάρισης, όλων των χωρών του μοντέλου. Όπως παρατηρείται από τα συγκεντρωτικά διαγράμματα, τις περισσότερες ώρες επίλυσης διαμορφώνονται 4 ζώνες τιμής, για τις 4 χώρες του μοντέλου, λόγω της συμφόρησης των γραμμών μεταφοράς, ενώ παρατηρείται ενοποίηση της Ελλάδας με την Ιταλία, κυρίως στην πέμπτη και μεγαλύτερη βαθμίδα ζήτησης.



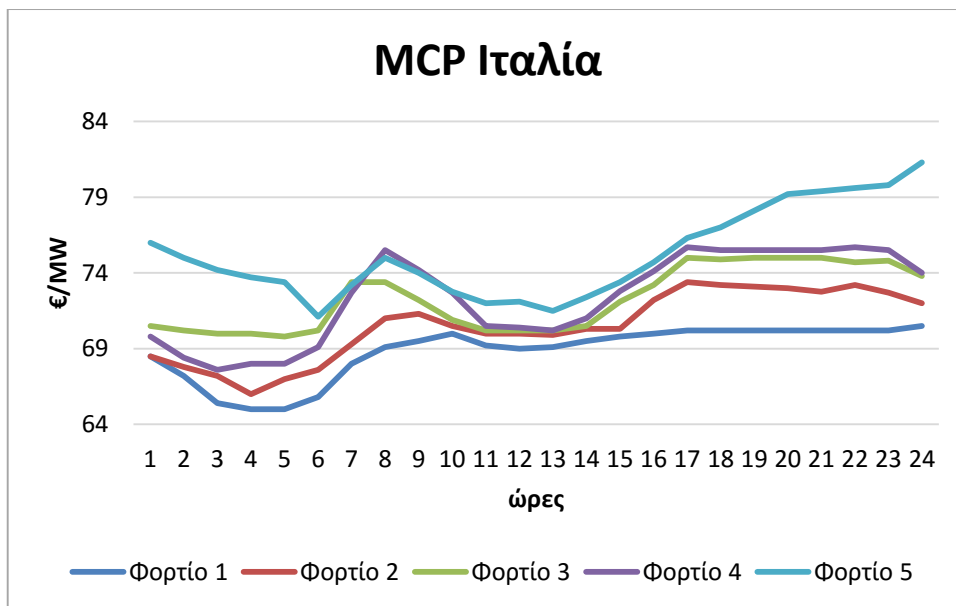
Διάγραμμα 18: Συγκριτική παράθεση της ζήτησης της Ελλάδας για τα 5 σενάρια ζήτησης



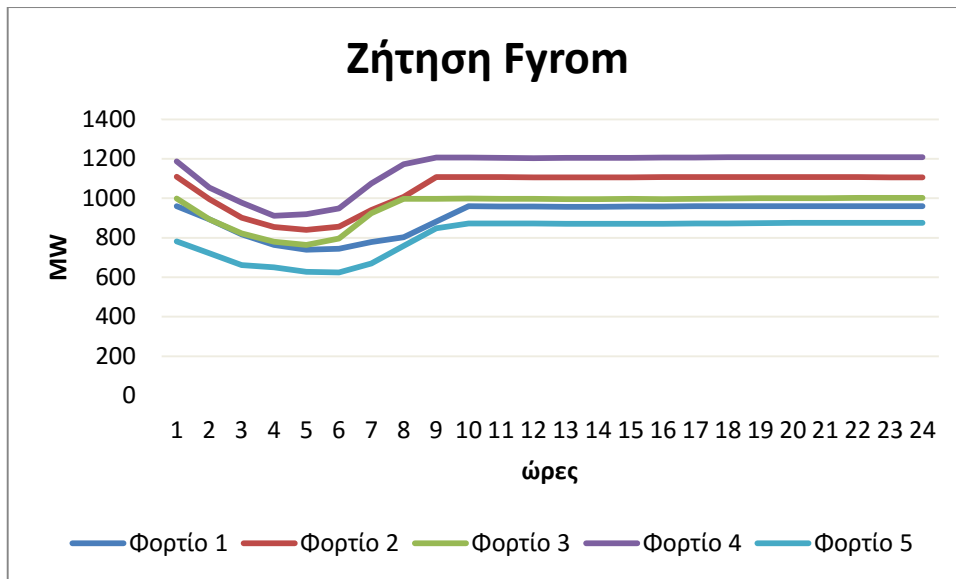
Διάγραμμα 19: Τιμές εκκαθάρισης της Ελλάδας για τα 5 σενάρια ζήτησης και προσφορές ενέργειας από τις Μονάδες Παραγωγής



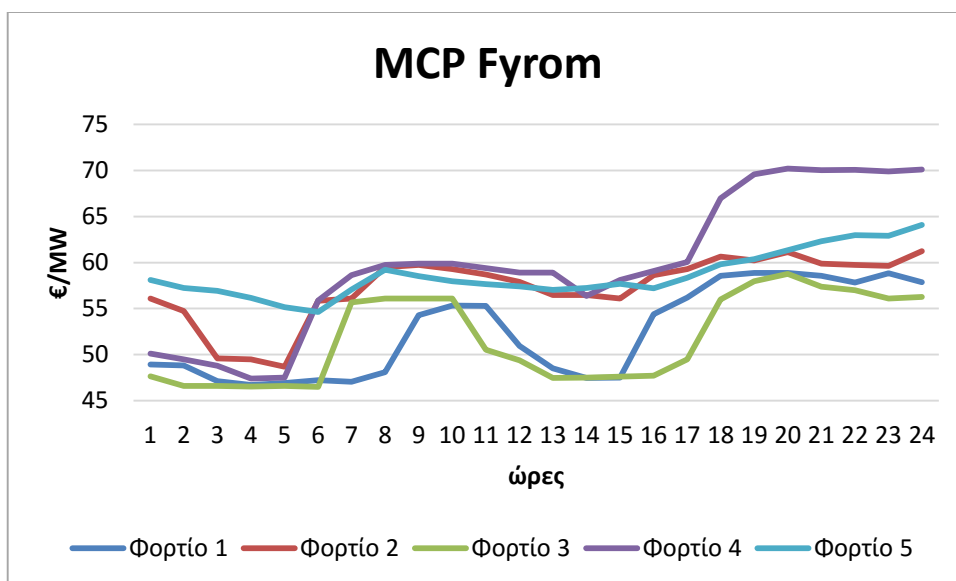
Διάγραμμα 20: Συγκριτική παράθεση της ζήτησης της Ιταλίας για τα 5 σενάρια ζήτησης



Διάγραμμα 21: Τιμές εκκαθάρισης της Ιταλίας για τα 5 σενάρια ζήτησης και προσφορές ενέργειας από τις Μονάδες Παραγωγής

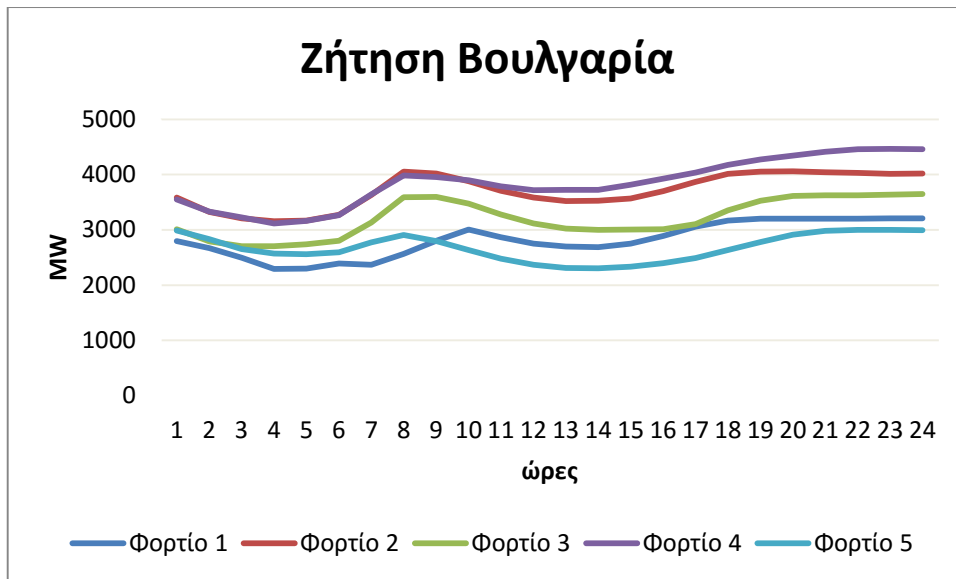


Διάγραμμα 22: Συγκριτική παράθεση της ζήτησης της Fyrom για τα 5 σενάρια ζήτησης

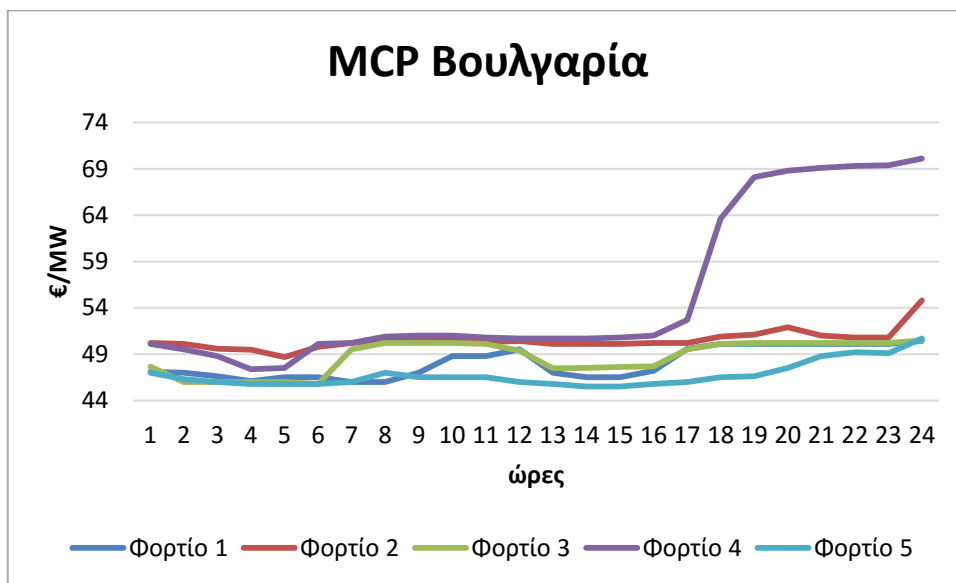


Διάγραμμα 23: Τιμές εκκαθάρισης της Fyrom για τα 5 σενάρια ζήτησης και προσφορές ενέργειας από τις Μονάδες Παραγωγής





Διάγραμμα 24: Συγκριτική παράθεση της ζήτησης της Βουλγαρίας για τα 5 σενάρια ζήτησης



Διάγραμμα 25: Τιμές εκκαθάρισης της Βουλγαρίας για τα 5 σενάρια ζήτησης και προσφορές ενέργειας από τις Μονάδες Παραγωγής

Από την εξέταση των παραπάνω συγκεντρωτικών διαγραμμάτων προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1) Παρατηρείται πως, οι τιμές εκκαθάρισης πράγματι ακολουθούν τις αυξομειώσεις της καμπύλης ζήτησης για το κάθε φορτίο, κατά τη διάρκεια της ημέρας. Συνεπώς, όταν υπάρχει έντονη αύξηση της καμπύλης ζήτησης, που συμβαίνει κυρίως μετά την 6<sup>η</sup> ώρα της ημέρας και την 16<sup>η</sup> ώρα, εισέρχονται στο σύστημα ακριβότερες Μονάδες Παραγωγής, καθώς κυρίως για την Ελλάδα, αυτές τις ώρες η ζήτηση ξεπερνά την δυναμικότητα παραγωγής των Λιγνιτικών Μονάδων, ενώ ταυτόχρονα παρατηρούνται έντονες μεταβολές στη ζήτηση, που δεν μπορούν

να αντιμετωπιστούν από το χαμηλό ρυθμό αυξομείωσης της ισχύος εξόδου (ramping limit), που παρουσιάζουν οι Λιγνιτικές Μονάδες.

2) Παρατηρείται επίσης πως, για την χώρα της Ιταλίας οι τιμές εκκαθάρισης για όλα τα φορτία προκύπτουν από Μονάδες Φυσικού Αερίου. Αυτό συμβαίνει γιατί, η μικρή δυναμικότητα του ενεργειακού της συστήματος σε Μονάδες Λιγνίτη και Άνθρακα, δεν επαρκεί για την κάλυψη της μεγάλης ζήτησής της και σε συνδυασμό με την πολύ μικρή χωρητικότητα των διασυνδέσεών της με τις άλλες χώρες, επιβάλλει την ένταξη στο σύστημά της για όλες τις ώρες της ημέρας, Μονάδων Φυσικού Αερίου, που διαμορφώνουν και την τιμή εκκαθάρισης.

3) Συγκρίνοντας τις τιμές εκκαθάρισης όλων των φορτίων και για τις τέσσερις χώρες προκύπτει πως, αυξημένη βαθμίδα ζήτησης, οδηγεί σε αυξημένες τιμές εκκαθάρισης. Έτσι, παρατηρείται για παράδειγμα πως, οι τιμές εκκαθάρισης της πέμπτης και μεγαλύτερης βαθμίδας ζήτησης, για τις χώρες της Ελλάδας και της Ιταλίας, προκύπτουν μεγαλύτερες από τις άλλες βαθμίδες, αποτέλεσμα αναμενόμενο, λόγω της ένταξης στο σύστημα, πολλών και ακριβών Μονάδων Παραγωγής, για την κάλυψη της ακραίας ζήτησης σε Ελλάδα και Ιταλία. Αντίστοιχα, για τη Βουλγαρία και τη Fygom, η τέταρτη βαθμίδα εμφανίζει τη μεγαλύτερη ζήτηση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εμφανίζονται για αυτή τη βαθμίδα ζήτησης, οι υψηλότερες τιμές εκκαθάρισης, όπως αναμενόταν. Μάλιστα, για την Βουλγαρία και την Fygom παρατηρείται πως, στο τέταρτο φορτίο οι τιμές εκκαθάρισης αυξάνονται σημαντικά από την 18<sup>η</sup> ώρα και μετά, καθώς απαιτείται η ένταξη στο σύστημά τους Μονάδων μεγαλύτερου κόστους και κατά αυτό τον τρόπο πραγματοποιείται και η ενοποίησή τους με την Ελλάδα την τελευταία ώρα της εν λόγω ημέρας, μέσω της ταύτισης των τιμών εκκαθάρισης των τριών χωρών.

4) Παρατηρείται πως, οι τιμές εκκαθάρισης της Fygom κυρίως και της Βουλγαρίας σε μικρότερο βαθμό, δεν προσομοιάζουν σε όλες τις βαθμίδες ζήτησης με την καμπύλη ζήτησης της χώρας. Αυτό συμβαίνει καθώς, στις περιπτώσεις που επαρκεί η χωρητικότητα των γραμμών μεταφοράς μεταξύ των χωρών της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fygom για τις συναλλαγές ενέργειας, δημιουργείται μία ζώνη τιμής για τις τρεις αυτές χώρες, λόγω της απουσίας συμφόρησης στις μεταξύ τους γραμμές. Όμως, οι τιμές εκκαθάρισης προκύπτουν κυρίως από προσφορές της Ελλάδας, η οποία παρουσιάζει την μεγαλύτερη ζήτηση από τις τρεις και παράλληλα, απαιτείται η ένταξη στο σύστημά της των Μονάδων Φυσικού Αερίου τις περισσότερες ώρες, λόγω της εξάντλησης της δυναμικότητας των Λιγνιτικών Μονάδων της. Το γεγονός αυτό, οδηγεί τις τιμές εκκαθάρισης να προσομοιάζουν περισσότερο στην καμπύλη ζήτησης της Ελλάδας, όταν υπάρχει ενοποίηση των τριών χωρών. Η εικόνα αυτή παρατηρείται κυρίως στο τρίτο και τέταρτο φορτίο, ενώ στο πέμπτο και μεγαλύτερο φορτίο, λόγω και της συμφόρησης στη γραμμή Ελλάδας-Βουλγαρίας σε όλες τις ώρες της ημέρας, διαμορφώνονται διαφορετικές ζώνες τιμής και οι τιμές εκκαθάρισης της Fygom και της Βουλγαρίας εμφανίζονται να ακολουθούν την καμπύλη ζήτησής τους, σε μεγαλύτερο βαθμό.

5) Η μικρή αύξηση των τιμών εκκαθάρισης, που παρατηρείται την τελευταία ώρα της ημέρας, κυρίως στο 2<sup>ο</sup>, 4<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> φορτίο, οφείλεται στην μικρή δυνατότητα αυξομείωσης της ισχύος εξόδου των Λιγνιτικών Μονάδων από ώρα σε ώρα (ramping limit), που επιβάλλει την είσοδο στο σύστημα πιο ευέλικτων Μονάδων, όπως είναι οι Μονάδες Φυσικού Αερίου. Αν δεν είχαν υλοποιηθεί οι προσφορές κλίσης φορτίου, δεν θα υπήρχε ο περιορισμός της αυξομείωσης παραγωγής των Μονάδων και κατά συνέπεια, δεν θα παρατηρούνταν αυτή η αύξηση των τιμών εκκαθάρισης. Η παρατήρηση αυτή, επιβεβαιώνεται στην περίπτωση υποβολής προσφορών χαρτοφυλακίου, όπου δεν εμφανίζεται αυτή η αύξηση, λόγω της απουσίας προσφορών κλίσης φορτίου.

## 8.7 Πρώτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding)

Έπειτα από την παράθεση και τη συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων των 5 σεναρίων ζήτησης, όπου θεωρήθηκαν προσφορές ενέργειας ανά Μονάδα Παραγωγής, κρίνεται απαραίτητη η επίλυση του μοντέλου για τα 5 σενάρια ζήτησης και προσφορές ενέργειας χαρτοφυλακίου, δηλαδή προσφορές από Εταιρείες Παραγωγής, ως συγκεντρωτικές προσφορές των Μονάδων Παραγωγής που βρίσκονται στην ιδιοκτησία τους. Στα πλαίσια αυτά, θα επιχειρηθεί στη συνέχεια συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων και θα εξηγηθούν οι ποιοτικές διαφορές που προκύπτουν κατά την υποβολή προσφορών χαρτοφυλακίου, σε σχέση με τις προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής.

Όσον αφορά τις επιλογές (switches) του μοντέλου, για την επίλυση των σεναρίων ζήτησης επιλέχθηκε σύμφωνα με την τιμή μίας παραμέτρου στο μοντέλο, οι προσφορές να υποβάλλονται πλέον από Εταιρείες Παραγωγής και όχι από Μονάδες Παραγωγής. Επίσης, θεωρήθηκε πως οι βηματικές ωριαίες προσφορές που υποβάλλονται από τις Εταιρείες Παραγωγής, δεν μπορούν να είναι και προσφορές κλίσης φορτίου, καθώς η κάθε Εταιρεία έχει υπό την ιδιοκτησία της, Μονάδες Παραγωγής με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά και συνεπώς, διαφορετικά όρια μεταβολής στην ισχύ εξόδου τους από ώρα σε ώρα. Οι άλλες επιλογές (switches) διατηρήθηκαν ίδιες, με στόχο, όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω, την κατά το δυνατόν καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων, με αυτά που προέκυψαν για υποβολή προσφορών ανά Μονάδα Παραγωγής.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, που προέκυψε από την επίλυση του μοντέλου, είναι ίση με 28.421.117,13 €.

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με την ζήτηση και τις τιμές εκκαθάρισης των τεσσάρων χωρών του μοντέλου, για την πρώτη βαθμίδα ζήτησης που επιλέχθηκε.

Ωρες	Ελλάδα		Fyrom		Βουλγαρία		Ιταλία	
	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)
1	4260,040	53,007	959,656	47,4	2794,075	43,048	13970,937	57,092
2	4194,155	53,007	892,606	46,726	2667,747	41,85	12320,601	57,092
3	3974,536	52,72	817,732	46,6	2496,614	41,85	11368,981	57,092
4	3819,759	52,007	764,135	46,289	2291,319	41,85	10960,287	57,092
5	3811,570	52,007	739,531	43,374	2295,899	36,673	11006,868	57,092
6	3996,142	53,007	743,971	46,6	2391,820	41,627	11684,412	57,092
7	4075,445	53,007	777,514	43,811	2370,373	36,673	13638,401	61,66
8	4253,962	53,007	802,142	46,6	2564,463	41,627	15380,260	63,092
9	4625,571	54,007	881,496	47,163	2803,516	41,85	16252,328	64,088
10	4713,728	55,007	959,406	49,458	3006,329	45,15	17166,808	64,092
11	4431,064	54,007	958,664	48,655	2864,329	44,5	16074,535	64,088
12	4115,883	53,007	957,901	48,218	2752,501	44,5	15357,080	63,092
13	3948,109	53,007	957,414	47,6	2698,899	43,403	15489,275	63,092
14	3880,209	53,007	957,272	46,6	2685,371	41,627	16322,919	64,092
15	3969,475	53,007	957,687	48,218	2749,121	44,5	17390,199	64,39
16	4413,088	54,007	958,515	48,655	2887,530	44,5	18797,425	64,39
17	4811,319	55,007	959,151	49,458	3057,518	45,15	19502,639	64,39
18	5318,868	56,007	959,328	49,895	3169,873	45,15	19476,988	65,088
19	5496,020	57,007	959,560	50,332	3199,521	45,15	19441,967	65,088

20	5434,189	57,007	959,668	50,332	3202,507	45,15	19447,181	65,088
21	5202,131	56,007	959,675	49,895	3204,123	45,15	19427,802	65
22	5203,533	56,007	959,681	49,895	3204,371	45,15	19385,569	64,5
23	5476,309	56,007	959,656	49,895	3207,728	45,15	19458,217	64,39
24	4996,821	55,007	959,688	49,458	3209,469	45,15	17895,256	64,39

*Πίνακας 27: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου*

Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών, που προέκυψαν από την επίλυση του μοντέλου για το πρώτο φορτίο.

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-750	-105,487	-92,931	500	67,872	67,872	218,799
2	-750	-117,850	-103,823	500	65,150	65,150	210,024
3	-750	-122,065	-107,536	500	64,222	64,222	207,032
4	-750	-61,286	-53,992	500	77,604	77,604	250,171
5	-750	-65,790	-57,960	500	76,612	76,612	246,974
6	-750	-102,386	-90,200	500	68,554	68,554	220,999
7	-750	-57,276	-50,459	500	78,487	78,487	253,018
8	-750	-132,535	-116,760	500	61,916	61,916	199,600
9	-750	-122,509	-107,928	500	64,124	64,124	206,717
10	-750	-121,427	-106,974	500	64,362	64,362	207,484
11	-750	-120,097	-105,802	500	64,655	64,655	208,429
12	-750	-112,607	-99,204	500	66,304	66,304	213,745
13	-750	-106,216	-93,574	500	67,711	67,711	218,281
14	-750	-95,692	-84,302	500	70,028	70,028	225,751
15	-750	-108,639	-95,709	500	67,178	67,178	216,561
16	-750	-115,983	-102,178	500	65,561	65,561	211,349
17	-750	-115,363	-101,632	500	65,697	65,697	211,789
18	-750	-121,325	-106,884	500	64,385	64,385	207,557
19	-750	-121,583	-107,111	500	64,328	64,328	207,374
20	-750	-122,431	-107,858	500	64,141	64,141	206,772
21	-750	-122,864	-108,240	500	64,046	64,046	206,465
22	-750	-123,864	-109,121	500	63,826	63,826	205,755
23	-750	-123,669	-108,949	500	63,869	63,869	205,894
24	-750	-117,400	-103,427	500	65,249	65,249	210,343

*Πίνακας 28: Ροές στις διασυνδέσεις την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου*

Από τους παραπάνω πίνακες εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

1) Όσον αφορά τις τιμές εκκαθάρισης, προκύπτει πως είναι αρκετά μικρότερες, από τις αντίστοιχες που προέκυψαν κατά την επίλυση για το πρώτο φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως, η τιμολόγηση των προσφορών χαρτοφυλακίου των Εταιρειών Παραγωγής, θεωρήθηκε ίση με την μέση τιμή των τιμών, των προσφορών που θα υποβάλλονταν από τις Μονάδες Παραγωγής, που τους ανήκουν. Συνεπώς, η υψηλότερη τιμολόγηση των προσφορών των Μονάδων Φυσικού Αερίου, αντισταθμίζεται κατά αυτό τον τρόπο, από την πολύ χαμηλότερη τιμολόγηση των Λιγνιτικών Μονάδων, της ίδιας Εταιρείας. Επίσης, παρατηρείται πως η Εταιρεία Παραγωγής της Ελλάδας, που κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό δυναμικότητας παραγωγής, δηλαδή η Δ.Ε.Η, διαμορφώνει μονοπωλιακά χαρακτηριστικά στην αγορά και μπορεί κατά αυτό τον τρόπο, να την ελέγχει. Αναλυτικότερα, η δυναμικότητα παραγωγής των Θερμικών Μονάδων της Δ.Ε.Η, ανέρχεται στα 7070,2 MW, χωρίς τα Υδροηλεκτρικά, στα οποία επίσης έχει αποκλειστική πρόσβαση. Η δυναμικότητα αυτή υπερκαλύπτει τις ανάγκες ζήτησης της χώρας στα περισσότερα φορτία και σε συνδυασμό με την χαμηλότερη τιμολόγηση των προσφορών της, εξαιτίας των Λιγνιτικών Μονάδων που της ανήκουν, της χαρίζει μονοπωλιακή θέση στην αγορά. Κατά συνέπεια, η τιμή εκκαθαρίζεται όλες τις ώρες της ημέρας από τις δικές της προσφορές και δεν επιτρέπει την είσοδο στην αγορά, των υπολοίπων Εταιρειών, που κατέχουν μόνο Μονάδες Φυσικού Αερίου. Ανάλογη εικόνα, παρατηρείται και στην Fygom, με την Βουλγαρία και την Ιταλία να αποτελούν τις μόνες χώρες που παρουσιάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό, χαρακτηριστικά περισσότερο απελευθερωμένων χονδρεμπορικών αγορών ενέργειας, καθώς εισέρχονται στο σύστημά τους περισσότερες Εταιρείες Παραγωγής.

2) Όσον αφορά τις ροές στις διασυνδέσεις, παρατηρείται, όπως ήταν αναμενόμενο η ίδια συμπεριφορά με τα αποτελέσματα που προέκυψαν με προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, με την Βουλγαρία, λόγω των φθηνότερων Μονάδων Παραγωγής της, να εξάγει μεγάλες ποσότητες ενέργειας στην Ελλάδα, αλλά να εξάγει και στην Fygom. Επίσης, η Ελλάδα εμφανίζεται εκ νέου να εισάγει ενέργεια από την Fygom και να εξάγει στην Ιταλία, εξαιτίας και του διαφορετικού ενεργειακού μίγματος της Ιταλίας, όπως έχει αναλυθεί και παραπάνω.

3) Ιδιαίτερο στοιχείο αποτελεί, η συμφόρηση που παρατηρείται για όλες τις ώρες της ημέρας, στις γραμμές Ελλάδας-Βουλγαρίας και Ελλάδας-Ιταλίας. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι, η Βουλγαρία με τις φθηνές Μονάδες Παραγωγής που διαθέτει, καλύπτει την ζήτησή της και παράγει και πλεόνασμα ενέργειας που μπορεί να εξάγει στις άλλες χώρες και κυρίως στην Ελλάδα. Επίσης, οφείλεται σε ένα βαθμό και στον περιορισμό της συνολικής συναλλασσόμενης ποσότητας ενέργειας, που επιβλήθηκε στις διασυνδέσεις της Ελλάδας με την Βουλγαρία και τη Fygom. Παράλληλα, το διαφορετικό ενεργειακό μίγμα της Ιταλίας και η μικρή χωρητικότητα της διασυνδετικής της γραμμής με την Ελλάδα, δεν της επιτρέπει να εξισώσει τις τιμές εκκαθάρισής της με τις άλλες χώρες. Κατά συνέπεια, διαμορφώνονται τέσσερις ζώνες τιμής, μία για κάθε χώρα, με την Βουλγαρία να εμφανίζει τις μικρότερες τιμές εκκαθάρισης, την Fygom να ακολουθεί και την Ελλάδα και την Ιταλία να εμφανίζουν υψηλότερες τιμές εκκαθάρισης. Η διαμόρφωση διαφορετικών ζωνών τιμής και οι εξαγωγές από χώρες με χαμηλότερη τιμή, σε χώρες με υψηλότερη τιμή εκκαθάρισης, συνάδουν και με το μηχανισμό των Έμμεσων Δημοπρασιών, όπως περιγράφηκε στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο.

### 8.8 Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding)

Για την επίλυση του δεύτερου σεναρίου ζήτησης, επιλέχθηκαν οι ίδιες επιλογές (switches) με το πρώτο σενάριο και παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα της επίλυσης.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προέκυψε ίση με 34.676.846,96 €, μεγαλύτερη όπως αναμενόταν από το πρώτο σενάριο ζήτησης.

Παρακάτω, παρατίθενται πίνακες με την ζήτηση, τις τιμές εκκαθάρισης της κάθε χώρας, αλλά και τις ροές στις μεταξύ τους διασυνδέσεις.

Ωρες	Ελλάδα		Fyrom		Βουλγαρία		Ιταλία	
	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)
1	4389,548	54,007	1108,513	49,6	3585,819	46,179	15256,302	60,088
2	4325,683	53,045	994,818	48,6	3323,035	45,15	13438,976	57,092
3	4139,814	53,007	901,835	48,584	3205,277	45,15	12486,144	57,092
4	4082,545	53,007	853,992	48,584	3158,078	45,15	12011,658	57,092
5	4141,872	53,007	839,676	48,584	3168,928	45,15	12218,211	57,092
6	4538,207	54,007	856,345	49,021	3271,159	45,15	13379,120	57,092
7	5114,372	55,007	939,928	49,992	3628,986	46,1	17248,689	64,092
8	5610,027	57,007	1006,782	53,907	4054,920	51,5	21083,510	64,39
9	5911,594	58,007	1108,031	54,71	4016,713	52,15	22401,445	65,39
10	5610,595	57,007	1108,005	53,71	3881,817	51,15	19753,064	64,39
11	5193,324	56,007	1107,302	52,344	3706,821	49,5	17782,087	64,092
12	4895,386	56,007	1106,604	51,584	3582,584	48,15	16819,548	64
13	4738,007	55,007	1106,139	50,6	3520,998	47,179	17002,986	64,092
14	4768,213	55,007	1106,311	50,6	3524,756	47,179	18361,776	64,39
15	4870,552	56,007	1106,583	51,584	3568,129	48,15	20594,109	65,39
16	5158,726	56,007	1107,138	52,147	3698,234	49,15	23056,060	66,98
17	5652,935	57,007	1107,805	53,71	3870,688	51,15	24412,034	67,39
18	6463,416	59,007	1108,149	55,6	4011,669	52,955	24374,039	67,795
19	6526,950	60,007	1108,139	56,344	4056,337	53,5	24305,388	66,98
20	6434,600	59,007	1108,266	55,907	4059,970	53,5	24310,254	66,98
21	5940,098	58,007	1107,458	55,273	4044,932	53,15	24277,840	66,98
22	5870,594	58,007	1106,752	55,019	4031,812	52,7	24214,056	66,98
23	5575,925	57,007	1105,878	54,6	4015,564	52,731	23362,218	66,092
24	4963,442	55,007	1106,008	53,539	4017,970	52,4	20220,227	64,39

Πίνακας 29: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-750	-95,140	-83,816	500	70,150	70,150	226,143
2	-750	-109,614	-96,567	500	66,963	66,963	215,870
3	-750	-126,754	-111,667	500	63,189	63,189	203,704
4	-750	-137,127	-120,805	500	60,906	60,906	196,341

5	-750	-140,235	-123,543	500	60,221	60,221	194,135
6	-750	-143,851	-126,729	500	59,425	59,425	191,568
7	-750	-132,965	-117,138	500	61,822	61,822	199,295
8	-750	-151,114	-133,127	500	57,826	57,826	186,414
9	-750	-136,480	-120,236	500	61,048	61,048	196,800
10	-750	-127,939	-112,711	500	62,928	62,928	202,863
11	-750	-113,346	-99,854	500	66,142	66,142	213,221
12	-750	-102,265	-90,093	500	68,581	68,581	221,085
13	-750	-97,316	-85,732	500	69,671	69,671	224,599
14	-750	-95,113	-83,792	500	70,156	70,156	226,162
15	-750	-96,701	-85,191	500	69,806	69,806	225,035
16	-750	-107,574	-94,770	500	67,412	67,412	217,318
17	-750	-122,979	-108,341	500	64,020	64,020	206,383
18	-750	-133,122	-117,277	500	61,787	61,787	199,184
19	-750	-136,736	-120,461	500	60,992	60,992	196,619
20	-750	-137,764	-121,367	500	60,765	60,765	195,889
21	-750	-131,327	-115,696	500	62,182	62,182	200,458
22	-750	-131,956	-116,249	500	62,044	62,044	200,012
23	-750	-125,845	-110,866	500	63,389	63,389	204,349
24	-750	-117,311	-103,348	500	65,268	65,268	210,406

*Πίνακας 30: Ροές στις διασυνδέσεις την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου*

Η ίδια κατεύθυνση παρατηρείται από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, σε σχέση και με την πρώτη βαθμίδα ζήτησης. Συγκεκριμένα:

- 1) Οι τιμές εκκαθάρισης προκύπτουν μεγαλύτερες, λόγω της μεγαλύτερης ζήτησης ενέργειας σε όλες τις χώρες και της ανάγκης ένταξης ακριβότερων Μονάδων Παραγωγής για την κάλυψή της.
- 2) Οι ροές στις διασυνδέσεις ακολουθούν τις ίδιες κατευθύνσεις, δηλαδή η Βουλγαρία εξάγει ενέργεια σε Ελλάδα και Fygom και η Ελλάδα εισάγει ενέργεια από την Fygom και εξάγει ενέργεια στην Ιταλία.
- 3) Συμφόρηση εμφανίζεται στη γραμμή Ελλάδας-Βουλγαρίας και στη γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας, σε όλες τις ώρες της ημέρας. Συνεπώς, δεν παρατηρείται ενοποίηση των χωρών σε καμία ώρα της ημέρας και άρα, διαμορφώνονται 4 ζώνες τιμής, μία για την κάθε χώρα, ενώ η χώρα με την μικρότερη τιμή εκκαθάρισης, εξάγει σε αυτή με την μεγαλύτερη τιμή σε όλες τις περιπτώσεις, σύμφωνα και με τις Έμμεσες Δημοπρασίες.

#### 8.9 Τρίτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding)

Στο τρίτο σενάριο ζήτησης, διατηρήθηκαν οι ίδιες επιλογές (switches) και παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα επίλυσης του εν λόγω φορτίου.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προκύπτει ίση με 38.401.156,45 €, αισθητά μεγαλύτερη από το δεύτερο φορτίο και αυτό οφείλεται στην πολύ μεγαλύτερη ζήτηση της

Ιταλίας, που υπερκαλύπτει την πώση της ζήτησης στις τρεις άλλες χώρες, σε σχέση με το δεύτερο φορτίο.

Ακολουθούν πίνακες με τη ζήτηση, τις τιμές εκκαθάρισης και τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών του μοντέλου.

Ωρες	Ελλάδα		Fyrom		Βουλγαρία		Ιταλία	
	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)
1	3580,310	52,007	999,171	48,147	3012,596	45,15	21603,775	64,8
2	3373,027	51,007	893,263	46,6	2791,554	43,179	20214,876	64,39
3	3242,099	51,007	822,704	46,6	2702,027	43,179	19433,955	64,39
4	3201,373	51,007	779,669	46,6	2701,544	43,179	19168,462	64,092
5	3282,649	51,007	763,415	46,6	2739,808	43,179	19357,617	64,39
6	3674,008	52,007	795,423	46,6	2804,740	42,403	20694,530	64,39
7	4440,510	54,007	924,650	49,021	3132,884	45,15	24880,005	66,98
8	4660,858	55,007	996,924	50,021	3589,117	46,15	24795,642	66,98
9	4629,752	55,007	997,996	50,049	3594,106	46,2	22618,516	66,092
10	4304,713	54,007	998,176	49,33	3473,471	45,7	20754,633	65,092
11	3844,921	53,007	997,614	48,584	3276,516	45,15	19472,940	64,39
12	3462,124	52,007	996,690	48,147	3116,642	45,15	19100,706	64,39
13	3202,983	51,4	994,904	47,881	3024,550	45,15	19605,826	64,39
14	3184,578	51,007	995,640	47,344	2998,638	44,5	21002,161	65,092
15	3369,760	52,007	996,628	47,781	3002,982	44,5	22951,473	66,092
16	3463,223	52,007	996,125	47,781	3010,573	44,5	25289,539	67,795
17	3760,889	52,007	997,091	48,147	3101,177	45,15	27116,188	67,795
18	4168,638	53,007	998,447	48,584	3352,465	45,15	27455,200	67,795
19	5003,310	56,007	1000,524	50,458	3526,976	46,15	27413,054	67,8
20	5276,402	56,007	1001,184	51,584	3612,718	48,15	27371,776	67,98
21	4902,019	55,007	1000,979	50,781	3623,413	47,5	27302,082	67,795
22	4955,900	55,007	1001,781	50,584	3622,505	47,15	27201,452	67,795
23	4699,507	55,007	1001,700	50,584	3634,979	47,15	27162,086	67,795
24	4301,461	54,007	1001,977	49,781	3645,443	46,5	24098,752	66,39

Πίνακας 31: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-750	-104,765	-92,295	500	68,031	68,031	219,311
2	-750	-104,995	-92,498	500	67,980	67,980	219,148
3	-750	-69,371	-61,114	500	75,824	75,824	244,433
4	-750	-69,326	-61,075	500	75,833	75,833	244,465
5	-750	-83,746	-73,778	500	72,659	72,659	234,230
6	-750	-108,910	-95,947	500	67,118	67,118	216,369
7	-750	-128,755	-113,430	500	62,749	62,749	202,284



8	-750	-120,281	-105,964	500	64,615	64,615	208,298
9	-750	-118,778	-104,641	500	64,945	64,945	209,365
10	-750	-110,545	-97,387	500	66,758	66,758	215,209
11	-750	-103,419	-91,109	500	68,327	68,327	220,266
12	-750	-104,226	-91,821	500	68,149	68,149	219,694
13	-750	-164,111	-144,578	500	54,964	54,964	177,189
14	-750	-160,657	-141,535	500	55,725	55,725	179,640
15	-750	-161,050	-141,881	500	55,638	55,638	179,361
16	-750	-162,447	-143,111	500	55,331	55,331	178,370
17	-750	-163,502	-144,041	500	55,098	55,098	177,621
18	-750	-161,378	-142,170	500	55,566	55,566	179,128
19	-750	-111,927	-98,605	500	66,454	66,454	214,228
20	-750	-119,906	-105,634	500	64,697	64,697	208,565
21	-750	-119,574	-105,341	500	64,770	64,770	208,800
22	-750	-114,731	-101,075	500	65,836	65,836	212,237
23	-750	-113,310	-99,823	500	66,149	66,149	213,246
24	-750	-115,095	-101,396	500	65,756	65,756	211,979

*Πίνακας 32: Ροές στις διασυνδέσεις την 29<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου*

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτουν τα εξής:

- 1) Οι τιμές εκκαθάρισης προκύπτουν μεγαλύτερες από τα προηγούμενα φορτία για την Ιταλία και μικρότερες για τις άλλες τρεις χώρες. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται, στην μικρότερη ζήτηση των τριών αυτών χωρών και στη μεγαλύτερη ζήτηση της Ιταλίας, που οδηγεί τις τιμές εκκαθάρισης να μειωθούν και να αυξηθούν αντίστοιχα, με την εισαγωγή ή μη στο σύστημά τους, ακριβότερων Μονάδων Παραγωγής.
- 2) Οι εισαγωγές και εξαγωγές παρουσιάζουν την ίδια μορφολογία με τα προηγούμενα φορτία.
- 3) Συμφόρηση παρατηρείται, σε όλες τις ώρες της ημέρας στη γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας και στη γραμμή Ελλάδας-Βουλγαρίας και συνεπώς, δημιουργούνται διαφορετικές ζώνες τιμής για όλες τις ώρες και στις τέσσερις χώρες.

#### 8.10 Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding)

Για το τέταρτο σενάριο ζήτησης, θεωρήθηκαν και πάλι οι ίδιες επιλογές (switches) και παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα επίλυσής του.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, προέκυψε ίση με 40.382.773,5 €. Συνεπώς, μεγαλύτερη από τις τρεις προηγούμενες βαθμίδες, λόγω της αυξημένης ζήτησης σε όλες τις χώρες.

Ωρες	Ελλάδα		Fyrom		Βουλγαρία		Ιταλία	
	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)
1	3599,634	52,007	1186,659	49,6	3548,091	47,731	16984,374	64,092
2	3588,483	52,007	1054,419	48,147	3328,033	45,15	15255,261	63,092
3	3547,120	52,007	977,621	48,147	3222,722	45,15	14462,126	62,092
4	3552,839	52,007	911,735	48,147	3114,001	45,15	14258,651	62,092
5	3747,506	52,007	919,776	48,147	3158,957	45,15	14785,639	63,088
6	4298,666	54,007	948,737	49,021	3267,865	45,15	16884,833	64,092
7	5313,052	56,007	1074,852	51,584	3644,621	48,15	23601,780	66,092
8	5691,817	57,007	1171,608	54,6	3985,445	52,731	28316,443	68,533
9	5848,399	58,007	1206,967	55,273	3957,886	53,15	25719,733	67,795
10	5797,915	58,007	1207,017	55,273	3894,567	53,15	22740,507	66,39
11	5337,450	57,007	1205,268	54,273	3785,118	52,15	20600,870	65,092
12	5024,399	56,007	1203,858	53,751	3715,274	52	19660,320	64,7
13	4972,935	56,007	1204,047	53,751	3725,142	52	19915,527	64,7
14	4706,113	55,007	1203,992	53,399	3724,366	52,15	21421,992	65,39
15	4922,605	56,007	1205,207	53,92	3815,166	52,3	23475,843	66,98
16	5195,562	56,007	1206,542	54,596	3925,190	53,5	26108,244	67,795
17	5321,296	57,007	1205,770	55,6	4036,819	54,508	28294,300	68,795
18	6017,403	59,007	1207,360	59,007	4177,086	59,007	28916,247	69,795
19	6376,657	60,007	1207,544	60,007	4272,392	60,007	28845,163	69,795
20	6345,972	60,007	1207,388	60,007	4345,001	60,007	29131,585	69,98
21	5835,295	59,007	1207,729	59,007	4411,483	59,007	29412,185	70,1
22	5817,869	58,007	1207,496	58,007	4460,908	58,007	29657,330	70,1
23	5493,043	57,7	1207,496	57,7	4462,298	57,7	28629,076	68,533
24	4899,893	56,007	1207,423	56,007	4461,720	56,007	24808,032	66,98

Πίνακας 33: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-750	-73,738	-64,962	500	74,862	74,862	241,333
2	-750	-93,242	-82,144	500	70,568	70,568	227,490
3	-750	-109,959	-96,871	500	66,887	66,887	215,624
4	-750	-124,304	-109,508	500	63,729	63,729	205,443
5	-750	-122,601	-108,008	500	64,104	64,104	206,651
6	-750	-123,554	-108,848	500	63,894	63,894	205,975
7	-750	-111,550	-98,273	500	66,537	66,537	214,495
8	-750	-117,625	-103,625	500	65,199	65,199	210,183
9	-750	-114,171	-100,582	500	65,960	65,960	212,635
10	-750	-112,146	-98,797	500	66,406	66,406	214,072

11	-750	-105,387	-92,844	500	67,894	67,894	218,869
12	-750	-105,008	-92,509	500	67,977	67,977	219,139
13	-750	-105,148	-92,633	500	67,946	67,946	219,039
14	-750	-94,479	-83,233	500	70,296	70,296	226,612
15	-750	-100,548	-88,580	500	68,959	68,959	222,305
16	-750	-101,204	-89,158	500	68,815	68,815	221,839
17	-750	-111,756	-98,454	500	66,491	66,491	214,349
18	-723,159	-112,845	-99,413	500	62,991	62,991	203,066
19	-679,223	-98,939	-87,163	500	60,717	60,717	195,733
20	-642,126	-87,446	-77,038	500	58,741	58,741	189,364
21	-606,415	-77,293	-68,093	500	56,639	56,639	182,588
22	-595,272	-73,014	-64,323	500	56,228	56,228	181,262
23	-590,384	-66,501	-58,586	500	57,068	57,068	183,970
24	-620,073	-76,959	-67,799	500	58,372	58,372	188,173

Πίνακας 34: Ροές στις διασυνδέσεις την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου

Όσον αφορά τα αποτελέσματα επίλυσης, παρατηρείται πως, οι τιμές εκκαθάρισης προκύπτουν μεγαλύτερες από τα προηγούμενα φορτία, λόγω της αυξημένης ζήτησης σε όλες τις χώρες. Ακόμα, παρατηρείται συμφόρηση στη γραμμή Ελλάδα-Ιταλία σε όλες τις ώρες της ημέρας και στη γραμμή Ελλάδα-Βουλγαρία σε 17 ώρες της ημέρας. Συνέπεια αυτού του γεγονότος, είναι η δημιουργία δύο ζωνών τιμής για τις 7 ώρες της ημέρας που επαρκεί η χωρητικότητα της γραμμής Ελλάδα-Βουλγαρία, όπου η Ιταλία παρουσιάζει υψηλότερες τιμές εκκαθάρισης, από την ενοποιημένη αγορά των τριών άλλων χωρών. Αντίστοιχα, δημιουργούνται 4 ζώνες τιμής, μία για την κάθε χώρα για τις υπόλοιπες 17 ώρες της ημέρας, εξαιτίας της συμφόρησης στις μεταξύ τους γραμμές μεταφοράς.

#### 8.11 Πέμπτο Σενάριο Ζήτησης – Προσφορές Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding)

Για το πέμπτο και τελευταίο σενάριο ζήτησης, θεωρήθηκαν και πάλι οι ίδιες επιλογές (switches) και παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα επίλυσής του.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, προέκυψε ίση με 47.770.786,22 €, μεγαλύτερη από όλες τις προηγούμενες βαθμίδες ζήτησης, λόγω της ακραίας συμπεριφοράς του φορτίου, στις χώρες της Ελλάδας και της Ιταλίας.

Ωρες	Ελλάδα		Fyrom		Βουλγαρία		Ιταλία	
	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)	Ζήτηση (MW)	MCP (€/MW)
1	6584,001	59,007	781,806	50,84	2987,087	44,5	30864,961	69,98
2	6188,688	58,007	721,460	48,911	2834,153	41,85	28331,112	67,795
3	5897,084	57,007	662,082	48,474	2652,107	41,85	27090,296	66,98
4	5643,697	57,007	650,148	47,307	2568,257	39,777	26107,194	66,98
5	5508,820	56,007	628,055	46,6	2561,154	39,298	25671,645	66,092
6	5484,621	56,007	623,832	47,6	2595,075	41,074	24188,366	65,092
7	6209,246	51,007	669,044	46,6	2770,923	43,179	24157,923	66,98

8	7088,141	60,8	759,150	50,131	2904,034	41,85	26895,857	67,795
9	7162,913	66,45	848,152	52,6	2799,709	41,85	24439,751	67,7
10	6915,885	63,5	872,378	51,311	2635,146	41,85	22483,758	66,980
11	6915,399	63,9	872,087	51,486	2480,111	41,85	21142,557	66,092
12	7002,161	66,092	871,510	49,403	2368,465	36,45	21029,010	66,092
13	7040,781	65,39	871,183	49,6	2308,822	37,344	20535,235	65,39
14	6742,257	60,8	871,009	49,627	2301,671	40,956	21663,867	66,092
15	6439,069	52,72	870,960	46,6	2331,380	41,85	23866,289	67,4
16	6286,713	51,007	871,031	45,852	2396,867	41,85	26323,136	67,795
17	6501,031	52,4	871,851	46,6	2489,145	42,098	28893,916	70,39
18	6872,701	63,1	872,914	51,136	2633,088	41,85	31381,329	72,63
19	7141,632	67,5	874,102	50,6	2781,206	37,483	33640,971	73,333
20	7509,788	68,021	874,887	54,778	2912,381	44,5	34373,040	73,545
21	7720,308	68,021	875,158	54,778	2983,640	44,5	34426,781	73,545
22	7805,006	69,021	875,271	55,215	3000,159	44,5	34425,303	73,545
23	8090,254	70,417	875,526	55,825	2998,253	44,5	34343,791	73,39
24	7553,204	68,021	875,668	54,778	2994,325	44,5	33999,730	73,2

Πίνακας 35: Ζήτηση και Τιμές Εκκαθάρισης των χωρών την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-750	-174,408	-153,649	500	52,697	52,697	169,880
2	-750	-173,021	-152,427	500	53,002	53,002	170,864
3	-750	-178,652	-157,388	500	51,763	51,763	166,868
4	-750	-173,431	-152,788	500	52,912	52,912	170,573
5	-750	-169,235	-149,091	500	53,836	53,836	173,552
6	-750	-181,639	-160,019	500	51,105	51,105	164,748
7	-750	-92,862	-81,809	500	70,651	70,651	227,760
8	-750	-172,010	-151,536	500	53,225	53,225	171,582
9	-750	-174,990	-154,162	500	52,569	52,569	169,467
10	-750	-154,216	-135,861	500	57,143	57,143	184,212
11	-750	-153,248	-135,007	500	57,356	57,356	184,899
12	-750	-137,913	-121,497	437,576	60,732	60,732	195,784
13	-750	-139,133	-122,573	315,244	60,464	60,464	194,917
14	-750	-142,164	-125,243	500	59,796	59,796	192,766
15	-750	-35,121	-30,940	500	83,365	83,365	268,743
16	-750	-28,702	-25,286	500	84,778	84,778	273,299
17	-750	-57,837	-50,953	500	78,363	78,363	252,620
18	-750	-152,613	-134,448	500	57,496	57,496	185,349
19	-750	-150,252	-132,368	500	58,016	58,016	187,025
20	-750	-184,823	-162,824	500	50,404	50,404	162,488
21	-750	-182,931	-161,158	500	50,821	50,821	163,830

22	-750	-182,325	-160,624	500	50,954	50,954	164,260
23	-750	-190,561	-167,879	500	49,141	49,141	158,415
24	-750	-184,560	-162,593	500	50,462	50,462	162,674

*Πίνακας 36: Ροές στις διασυνδέσεις την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2015 με προσφορές χαρτοφυλακίου*

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει πως:

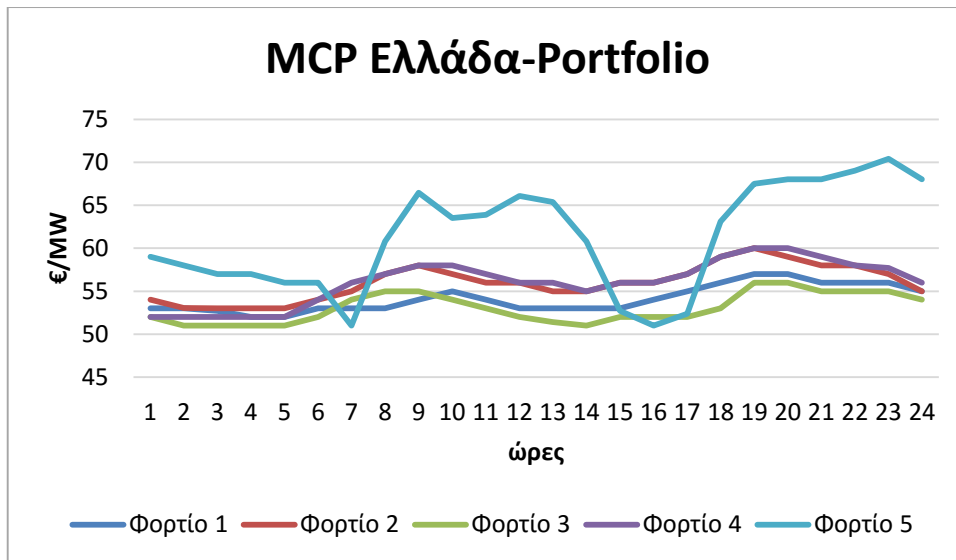
1) Οι τιμές εκκαθάρισης προκύπτουν αυξημένες, σε σχέση με τα υπόλοιπα φορτία, για την Ελλάδα και την Ιταλία, οι οποίες αποτελούν τις δύο μεγαλύτερες χώρες του μοντέλου και εμφανίζουν ακραία χαρακτηριστικά στη ζήτησή τους. Χαρακτηριστικά, η αιχμή φορτίου που παρουσιάζουν την εν λόγω ημέρα είναι η μέγιστη όλου του έτους για την Ελλάδα και μία από τις μεγαλύτερες για την Ιταλία. Αντίθετα, οι τιμές εκκαθάρισης της Fygom και της Βουλγαρίας, δεν παρουσιάζουν αύξηση αλλά αντίθετα εμφανίζονται μειωμένες, καθώς και η ζήτησή τους δεν παρουσιάζει τα ακραία χαρακτηριστικά των δύο άλλων χωρών, αλλά αποτελεί την ζήτηση με την μικρότερη αιχμή, συγκριτικά με τα υπόλοιπα φορτία που επιλύθηκαν. Ακόμα, χαρακτηριστικό στοιχείο του μεγάλου ελέγχου της Δ.Ε.Η στο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας, είναι το γεγονός πως, ακόμα και σε αυτές τις ακραίες συνθήκες φορτίου, η τιμή εκκαθάρισης προκύπτει από το σημείο τομής των προσφορών ενέργειας της Δ.Ε.Η και των Δηλώσεων Φορτίου των Προμηθευτών για τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Συνεπώς, δεν απαιτείται ούτε σε αυτή την περίπτωση, η είσοδος στην αγορά και άλλων ελληνικών Εταιρειών Παραγωγής για την κάλυψη της μεγάλης ζήτησης της Ελλάδας, παρά μόνο στις 5 τελευταίες ώρες όπου εισέρχονται στην αγορά, λόγω της αιχμής του φορτίου, οι Εταιρείες Elpedison και Mytilinaïois.

2) Οι εισαγωγές και εξαγωγές παρουσιάζουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τα υπόλοιπα φορτία, με τις ποσότητες των εξαγωγών προς την Ελλάδα να παρουσιάζονται μεγάλες, καθώς η μικρή ζήτηση των Fygom και Βουλγαρίας, τους επιτρέπει να καλύψουν εύκολα τις δικές τους ενεργειακές ανάγκες και παράλληλα, ο στόχος της ελαχιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου, τις οδηγεί να εξάγουν πολύ από το πλεόνασμα ενέργειας που έχουν, στην Ελλάδα. Αυτό συμβαίνει καθώς, η κάλυψη της ζήτησης των χωρών από τις ροές στις διασυνδέσεις, είναι κατά πολύ οικονομικότερη και δεν προσθέτει επιπλέον κόστος στο σύστημα, σε αντίθεση την είσοδο ακριβών Μονάδων Παραγωγής για την κάλυψή της.

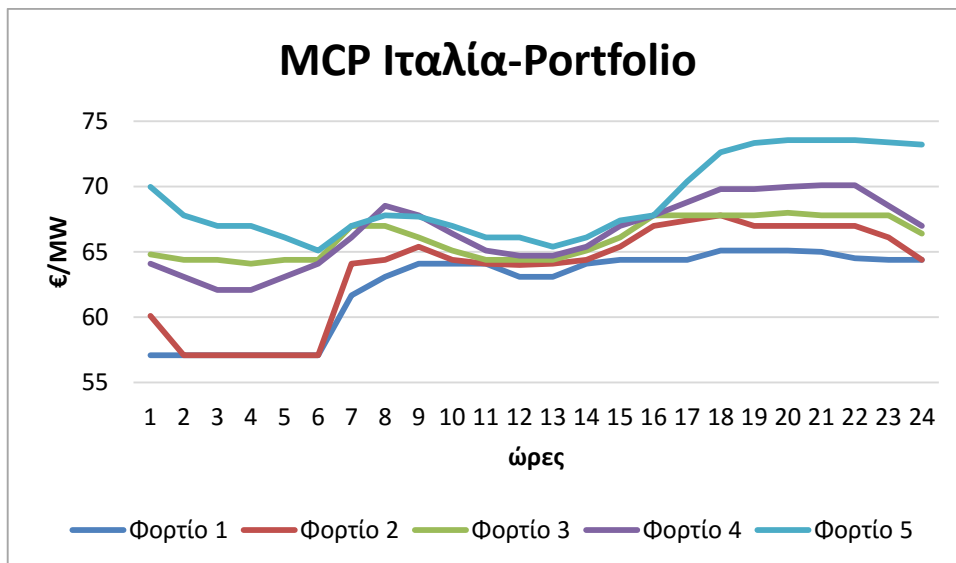
3) Η γραμμή Ελλάδας-Βουλγαρίας, παρουσιάζει συμφόρηση σε όλες τις ώρες της ημέρας και το γεγονός αυτό δημιουργεί διαφορετικές ζώνες τιμής για τις χώρες της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fygom, καθώς η χωρητικότητα των μεταξύ τους γραμμών διασύνδεσης, δεν είναι επαρκής για την διενέργεια των συναλλαγών ενέργειας, με αποτέλεσμα οι τιμές εκκαθάρισής τους, να μην μπορούν να εξισωθούν. Αντίθετα, στη γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας παρατηρείται πως, η χωρητικότητα μεταφοράς της επαρκεί για τις συναλλαγές, την 12<sup>η</sup> και 13<sup>η</sup> ώρα της ημέρας και συνεπώς για αυτές τις 2 ώρες δημιουργείται μια ενοποιημένη αγορά για την Ελλάδα και την Ιταλία, μέσω της ταύτισης των τιμών εκκαθάρισής τους.

#### 8.12 Συνολική σύγκριση των 5 Φορτίων Ζήτησης για Προσφορές ενέργειας Χαρτοφυλακίου (Portfolio Bidding)

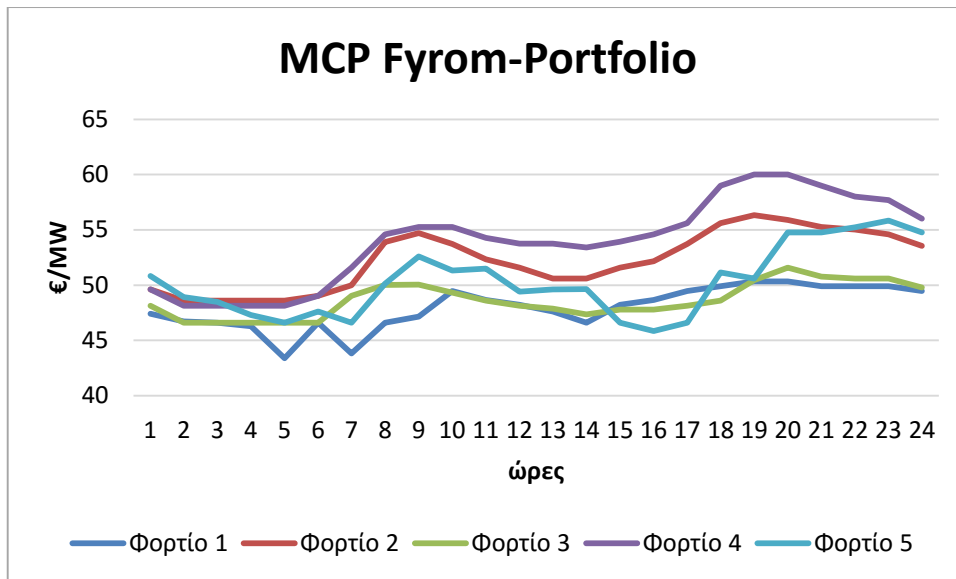
Παρακάτω, παρατίθενται συγκεντρωτικά διαγράμματα για τις τιμές εκκαθάρισης όλων των χωρών του μοντέλου με θεώρηση προσφορών χαρτοφυλακίου, με σκοπό τη διερεύνηση της συμπεριφοράς του μοντέλου ενοποίησης των αγορών στις διαφορετικές βαθμίδες ζήτησης και τη διευκόλυνση της σύγκρισης των αποτελεσμάτων για τα 5 σενάρια επίλυσης.



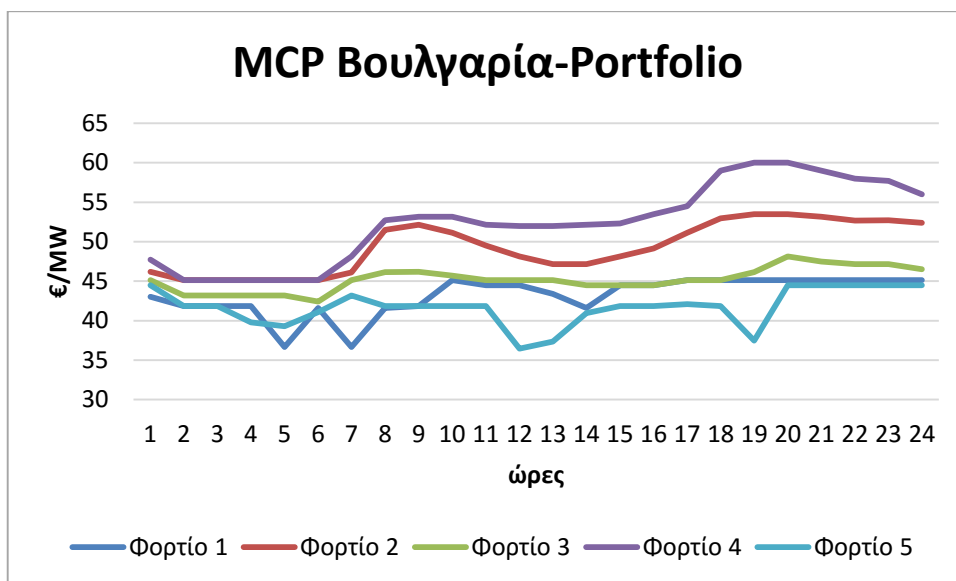
Διάγραμμα 26: Τιμές εκκαθάρισης της Ελλάδας για τα 5 σενάρια ζήτησης με προσφορές χαρτοφυλακίου (portfolio bidding)



Διάγραμμα 27: Τιμές εκκαθάρισης της Ιταλίας για τα 5 σενάρια ζήτησης με προσφορές χαρτοφυλακίου (portfolio bidding)



Διάγραμμα 28: Τιμές εκκαθάρισης της Fyrom για τα 5 σενάρια ζήτησης με προσφορές χαρτοφυλακίου (portfolio bidding)



Διάγραμμα 29: Τιμές εκκαθάρισης της Βουλγαρίας για τα 5 σενάρια ζήτησης με προσφορές χαρτοφυλακίου (portfolio bidding)

Από τα διαγράμματα παρατηρείται πως:

1) Όπως και στην περίπτωση της υποβολής προσφορών ανά Μονάδα Παραγωγής, οι μεταβολές των τιμών εκκαθάρισης κατά τη διάρκεια της ημέρας, προσομοιάζουν με τις μεταβολές της καμπύλης φορτίου, ιδιαίτερα για τις χώρες της Ελλάδας και της Ιταλίας. Συνεπώς, όπως ήταν αναμενόμενο, αύξηση της ζήτησης μέσα στην ημέρα, οδηγεί σε αύξηση των τιμών εκκαθάρισης, ως συνέπεια της αποδοχής από το μοντέλο, προσφορών μεγαλύτερου κόστους για την κάλυψη της ζήτησης.

2) Από την σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για όλα τα φορτία, προκύπτει πως οι τιμές εκκαθάρισης μεγαλώνουν, όσο αυξάνεται η βαθμίδα της ζήτησης που πρέπει να καλυφθεί από τις Μονάδες Παραγωγής. Συνεπώς και πάλι στην πέμπτη και τελευταία βαθμίδα ζήτησης, οι τιμές εκκαθάρισης αποκτούν τη μέγιστη τιμή τους, συγκριτικά με τα άλλα φορτία, για τις χώρες της Ελλάδας και της Ιταλίας, καθώς σε αυτή τη βαθμίδα παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ζήτησή τους. Αντίστοιχα, η Fygom και η Βουλγαρία παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές εκκαθάρισης στην τρίτη και τέταρτη βαθμίδα ζήτησης, καθώς σε αυτές τις βαθμίδες εμφανίζεται για αυτές η υψηλότερη ζήτηση. Όσον αφορά τις χαμηλότερες τιμές εκκαθάρισης, η Ιταλία εμφανίζει τις μικρότερες τιμές στο πρώτο φορτίο, η Ελλάδα στο τρίτο φορτίο και οι Βουλγαρία και Fygom στο πέμπτο και πρώτο φορτίο, καθώς σε αυτά εμφανίζουν την μικρότερη ζήτησή τους.

3) Οι ροές στις διασυνδέσεις παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά σε όλες τις επιλύσεις, καθώς παρατηρείται πως, η Βουλγαρία εξάγει ενέργεια στην Ελλάδα και τη Fygom, ενώ η Ελλάδα εξάγει ενέργεια στην Ιταλία και εισάγει ενέργεια από τη Fygom. Το γεγονός αυτό οφείλεται, όπως προαναφέρθηκε, στην ύπαρξη Μονάδων χαμηλού κόστους παραγωγής στην Βουλγαρία, όπως οι Πυρηνικές Μονάδες της που της επιτρέπουν να διαμορφώνει χαμηλότερη τιμή εκκαθάρισης από τις υπόλοιπες χώρες και καθ' επέκταση να εξάγει ενέργεια στις χώρες που συνδέονται με αυτή. Αντίστοιχα, η χαμηλή ζήτηση της Fygom σε συνδυασμό με τις εισαγωγές της από την Βουλγαρία, δεν επιβάλλει την είσοδο στο σύστημά της πολλών και ακριβών Μονάδων για την κάλυψη της ζήτησής της και της επιτρέπει να διατηρεί ένα πλεόνασμα ενέργειας, το οποίο εξάγει στην Ελλάδα. Τέλος, η ανάγκη εισαγωγής στο σύστημα της Ιταλίας, Μονάδων Φυσικού Αερίου σε όλες τις ώρες και σε όλα τα φορτία επίλυσης, οδηγεί στην διενέργεια εξαγωγών από την Ελλάδα προς την Ιταλία, κυρίως τις ώρες που η Ελλάδα διαμορφώνει την τιμή εκκαθάρισής της, από τις Λιγνιτικές Μονάδες της.

4) Παρατηρείται συμφόρηση στις γραμμές Ελλάδας-Βουλγαρίας και Ελλάδας-Ιταλίας, στο συντριπτικό ποσοστό των ωρών επίλυσης του μοντέλου για τα 5 επίπεδα ζήτησης. Συγκεκριμένα, παρατηρείται επάρκεια της χωρητικότητας της γραμμής Ελλάδας-Βουλγαρίας σε μόλις 7 ώρες στο τέταρτο φορτίο και αντίστοιχα, επάρκεια της χωρητικότητας της γραμμής Ελλάδας-Ιταλίας, σε 2 ώρες στην πέμπτη και μεγαλύτερη βαθμίδα ζήτησης. Ως εκ τούτου, όταν υπάρχει διπλή συμφόρηση στις γραμμές Ελλάδας-Βουλγαρίας και Ελλάδας-Ιταλίας, διαμορφώνονται τέσσερις ζώνες τιμής, μία για την κάθε χώρα και μόνο στην περίπτωση επάρκειας των διασυνδέσεων, δημιουργείται μία ζώνη τιμής, για τις χώρες που ενοποιούνται σε κάθε περίπτωση, μέσω της ταύτισης των τιμών εκκαθάρισής τους.

#### 8.13 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων για προσφορά ενέργειας ανά Μονάδα Παραγωγής και προσφορά ενέργειας από Εταιρείες Παραγωγής (Portfolio)

Προκειμένου να συγκριθούν τα εξαγόμενα αποτελέσματα, για προσφορά ενέργειας ανά Μονάδα Παραγωγής και προσφορών χαρτοφυλακίου Μονάδων, παρατίθεται παρακάτω συγκριτικός πίνακας με την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, όπως προέκυψε από την επίλυση των 5 σεναρίων ζήτησης και για τις δύο θεωρήσεις προσφορών.



	Φορτίο 1	Φορτίο 2	Φορτίο 3	Φορτίο 4	Φορτίο 5
Προσφορές Μονάδων (€)	27.603.428,94	34.785.040,79	38.874.524,3	41.102.728,79	49.991.980,33
Χαρτοφυλάκιο (€)	28.421.117,13	34.676.846,96	38.401.156,45	40.382.773,5	47.770.786,22
Διαφορά(€)	-817.688,19	108.193,83	473.367,85	719.955,29	2.221.194,11

*Πίνακας 37: Συγκριτικός πίνακας με την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και προσφορές χαρτοφυλακίου και στις 5 βαθμίδες ζήτησης*

Τα παρακάτω συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν, έπειτα από την σύγκριση των αποτελεσμάτων για προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και προσφορές χαρτοφυλακίου:

1) Όπως παρατηρείται, η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προκύπτει χαμηλότερη, στην περίπτωση υποβολής προσφορών χαρτοφυλακίου από τις Εταιρείες Παραγωγής, στα τέσσερα από τα πέντε επίπεδα ζήτησης. Μάλιστα η τάση αυτή αυξάνεται, όσο αυξάνεται και η βαθμίδα φορτίου. Η αντικειμενική συνάρτηση, ορίζεται ως η ελαχιστοποίηση της διαφοράς του κόστους παραγωγής και της χρησιμότητας του φορτίου (load utility). Η χρησιμότητα του φορτίου, προκύπτει από τις Δηλώσεις Φορτίου των Προμηθευτών Φορτίου, οι οποίοι δημιουργούν την ελαστική ζήτηση που εισάγεται στο μοντέλο. Καθώς, λοιπόν, το ποσοστό της ελαστικής ζήτησης ορίζεται σταθερά στο 20% της ανελαστικής ζήτησης για την κάθε βαθμίδα φορτίου, η ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης έγκειται περισσότερο, στην μείωση όσο το δυνατόν περισσότερο, του κόστους παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής. Αυτή η ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης, ταυτίζεται ουσιαστικά με την μεγιστοποίηση του συνολικού κοινωνικού πλεονάσματος (total social surplus), ως άθροισμα του πλεονάσματος των παραγωγών (producer surplus), του πλεονάσματος των καταναλωτών (consumer surplus) και του εσόδου συμφόρησης (congestion rent). Παρατηρώντας τα παραπάνω συγκριτικά αποτελέσματα, εξάγεται πως, η θεώρηση για προσφορές χαρτοφυλακίου από τις Εταιρείες Παραγωγής, οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα, με εξαίρεση το 1<sup>ο</sup> φορτίο, καθώς οδηγεί σε αισθητά μικρότερη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, ουσιαστικά δημιουργώντας μικρότερο συνολικό κόστος παραγωγής και κατά αυτό τον τρόπο, μεγιστοποιεί τελικά το συνολικό κοινωνικό πλεόνασμα. Αυτό συμβαίνει καθώς, η τιμολόγηση στις προσφορές χαρτοφυλακίου, όπως έχει αναλυθεί, ορίστηκε να είναι στη μέση τιμή των προσφορών των Μονάδων Παραγωγής που ανήκουν στην κάθε Εταιρεία. Ωστόσο, οι περισσότερες Εταιρείες Παραγωγής, όπως η Δ.Ε.Η, περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα Μονάδων Παραγωγής με διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά. Κατά συνέπεια, οι υψηλές τιμές που υποβάλλουν προσφορές οι Μονάδες μεγαλύτερου κόστους παραγωγής, όπως είναι οι Μονάδες Φυσικού Αερίου, αντισταθμίζονται από τις χαμηλότερες τιμές των οικονομικότερων Μονάδων, όπως οι Λιγνιτικές που ανήκουν στην ίδια Εταιρεία Παραγωγής. Το γεγονός αυτό, έχει σαν αποτέλεσμα τελικά την μείωση των τιμών, στις οποίες υποβάλλονται προσφορές ενέργειας από τους παραγωγούς και κατά συνέπεια, τη μείωση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης.

2) Οι τιμές εκκαθάρισης παρουσιάζουν για τους ίδιους λόγους, μεγάλες διαφορές καθώς στην περίπτωση προσφορών χαρτοφυλακίου, εμφανίζουν αισθητά μικρότερες τιμές, σε σχέση με τις προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής. Αυτό το αποτέλεσμα, οφείλεται στο γεγονός πως, οι τιμές στις οποίες υποβάλλεται ενέργεια από τις Μονάδες Παραγωγής είναι κατά πολύ μεγαλύτερες, από τις τιμές στις οποίες υποβάλλεται ενέργεια από τις Εταιρείες Παραγωγής. Συνεπώς, στις προσφορές χαρτοφυλακίου, οι Μονάδες Παραγωγής που τιμολογούν υψηλά τις προσφορές τους, λόγω μεγαλύτερου κόστους παραγωγής, δεν έχουν τη δυνατότητα να

διαμορφώσουν την τιμή εκκαθάρισης, ως οι πιο ακριβές Μονάδες που μπαίνουν στο σύστημα. Η συγκεκριμένη θεώρηση, λοιπόν, οδηγεί σε μικρότερες τιμές εκκαθάρισης.

3) Από τα συνολικά αποτελέσματα παρατηρείται επίσης πως, σε όλες τις βαθμίδες ζήτησης, προκύπτει πολύ περισσότερη συμφόρηση στην επίλυση με προσφορές χαρτοφυλακίου, ιδιαίτερα στις γραμμές Ελλάδας-Βουλγαρίας και Ελλάδας-Ιταλίας. Συγκεκριμένα, σε σύνολο 5 ημερών του έτους που εξετάστηκαν, δηλαδή σε σύνολο 120 ωρών μελέτης του μοντέλου και προσφορές ενέργειας ανά Μονάδα Παραγωγής, οι χώρες της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom, ενοποιούνται σε μία αγορά, μόλις 16 ώρες, ενώ η Ελλάδα ενοποιείται με την Ιταλία σε μία αγορά, μέσω της ταυτοποίησης των τιμών τους, 18 ώρες. Το ποσοστό ενοποίησης, λοιπόν, ανέρχεται σε 13,33% για τις χώρες της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom και σε ποσοστό 15% για τις χώρες της Ελλάδας και της Ιταλίας. Όλες τις υπόλοιπες ώρες μελέτης, παρουσιάζεται συμφόρηση στις γραμμές Ελλάδας-Βουλγαρίας και Ελλάδας-Ιταλίας και αυτή η συμφόρηση έχει σαν συνέπεια την μη ταύτιση των τιμών εκκαθάρισης των χωρών και συνεπώς, τη μη ενοποίησή τους σε μία ενιαία αγορά, σύμφωνα και με το μηχανισμό των Έμμεσων Δημοπρασιών. Το αντίστοιχο ποσοστό για προσφορές ενέργειας από χαρτοφυλάκιο Μονάδων, δηλαδή από Εταιρείες Παραγωγής, ανέρχεται σε 5,83% για τη δημιουργία ενοποιημένης αγοράς των χωρών της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom και 1,67% για τη δημιουργία ενοποιημένης αγοράς της Ελλάδας με την Ιταλία. Παρατηρείται συνεπώς στην περίπτωση των προσφορών χαρτοφυλακίου, η ύπαρξη έντονης συμφόρησης στις γραμμές Ελλάδας-Βουλγαρίας και Ελλάδας-Ιταλίας, η οποία δεν επιτρέπει την ενοποίηση των χωρών σε μία ενιαία αγορά. Αυτή η διαφορά, οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αποδοχή των μπλοκ προσφορών, οι οποίες με την αδιαιρετότητα που εισάγουν στην επίλυση του μοντέλου και με την διάρκειά τους που εκτείνεται σε πολλές ώρες της ημέρας, οδηγούν σε μικρότερη ευελιξία το συνολικό σύστημα και οδηγούν πολλές φορές σε πλεόνασμα ενέργειας τις Μονάδες Παραγωγής, η οποία ενέργεια, εξάγεται στη συνέχεια από την χώρα που παρουσιάζει το εν λόγω πλεόνασμα, προκαλώντας συμφόρηση. Κατά αυτό τον τρόπο, στην περίπτωση της θεώρησης προσφορών ανά Μονάδα Παραγωγής προκύπτει πως, η ενοποίηση των αγορών της Ελλάδας και της Ιταλίας είναι πολύ συχνότερη, εξαιτίας των μεγαλύτερων τιμών εκκαθάρισης της Ελλάδας που της επιτρέπουν, κυρίως στο 5<sup>ο</sup> και μεγαλύτερο επίπεδο ζήτησης, να ενοποιηθεί με την Ιταλία σε 12 από τις 24 ώρες της ημέρας.

#### 8.14 Επίλυση σεναρίων ζήτησης χωρίς την επιβολή μέγιστων συνολικών NTC συναλλαγών ενέργειας μεταξύ των χωρών του μοντέλου ενοποίησης

Προκειμένου να μελετηθεί πληρέστερα η συμπεριφορά του μοντέλου ενοποίησης των αγορών ενέργειας, θεωρήθηκαν και σεναρία που επιλύονται παρακάτω, όπου οι συνολικές συναλλαγές ενέργειας μεταξύ των χωρών και διαμέσου των γραμμών μεταφοράς που τις συνδέουν, δεν περιορίζονται αθροιστικά στο όριο των NTC περιορισμών για τις συναλλαγές ενέργειας της Ελλάδας, με την Βουλγαρία και την Fyrom, όπως αυτοί επιβλήθηκαν από την εξίσωση (33) του μοντέλου ενοποίησης των αγορών, η οποία περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 6. Αντίθετα, θεωρήθηκε πως, οι συναλλαγές ενέργειας περιορίζονται μόνο από την Διαθέσιμη Μεταφορική Ικανότητα της κάθε γραμμής μεταφοράς και κατά συνέπεια επιτρέπεται η διενέργεια περισσότερων συναλλαγών ενέργειας κυρίως μεταξύ της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom, καθώς η χωρητικότητα της γραμμής Ελλάδας-Ιταλίας, δεν περιορίστηκε στις προηγούμενες επιλύσεις και συνεπώς, παραμένει η ίδια. Πραγματοποιήθηκε, λοιπόν, μία ανάλυση ευαισθησίας, ούτως ώστε να μελετηθεί η πιθανότητα ύπαρξης μικρότερης συμφόρησης στις γραμμές μεταφοράς, καθώς στις

προηγούμενες επιλύσεις, παρατηρήθηκαν αρκετά φαινόμενα συμφόρησης, ιδιαίτερα στις γραμμές Ελλάδας-Βουλγαρίας και Ελλάδας-Ιταλίας.

Η ανάλυση ευαισθησίας για τους NTC περιορισμούς συναλλαγών, πραγματοποιήθηκε για την 1<sup>η</sup>, την 2<sup>η</sup> και την 4<sup>η</sup> βαθμίδα ζήτησης και έγινε επίλυση για προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής. Επίσης, πραγματοποιήθηκε μία επίλυση για το 4<sup>ο</sup> φορτίο και για προσφορές χαρτοφυλακίου. Στο τέλος της ενότητας, γίνεται μία σύγκριση των αποτελεσμάτων και εξάγονται συμπεράσματα για την ανάλυση ευαισθησίας, των NTC περιορισμών συναλλαγών ενέργειας.

#### 8.14.1 Πρώτο Σενάριο Ζήτησης με Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και υψηλό NTC

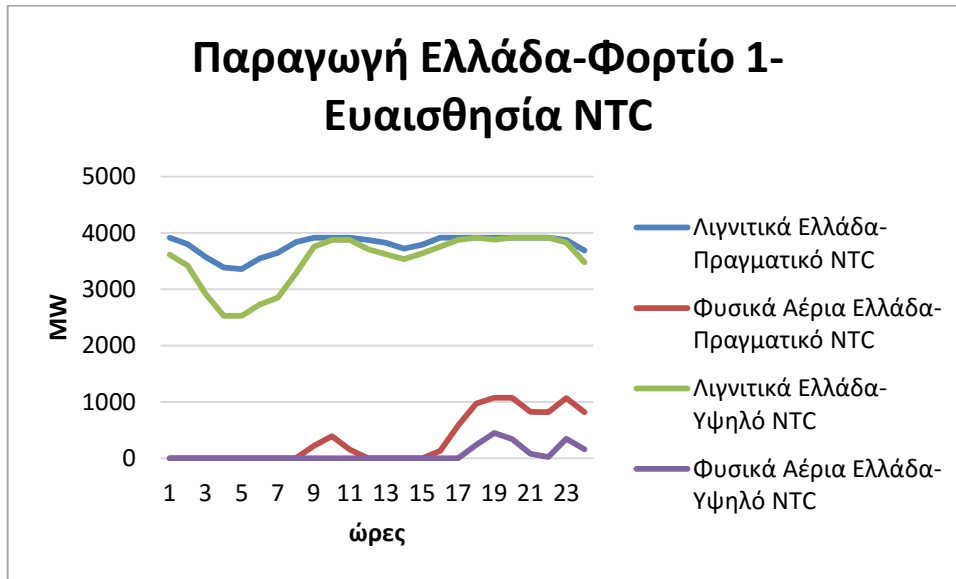
Παρακάτω, παρατίθενται τα αποτελέσματα της επίλυσης του μοντέλου, για την πρώτη βαθμίδα ζήτησης, με θεώρηση προσφορών ανά Μονάδα Παραγωγής, χωρίς τους NTC περιορισμούς στην συνολικές συναλλαγές ενέργειας των χωρών του μοντέλου. Οι επιλογές του μοντέλου διατηρήθηκαν οι ίδιες με τις προηγούμενες επιλύσεις, όπως αναλύθηκαν παραπάνω.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προέκυψε ίση με 27.435.315,17 €, συνεπώς μικρότερη από την τιμή της, με το πραγματικό-περιορισμένο NTC των γραμμών. Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών για την συγκεκριμένη επίλυση και διαγράμματα για την σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης όλων των χωρών, καθώς και την παραγωγή των Μονάδων Παραγωγής όλων των χωρών, πριν και μετά την απαλοιφή, των NTC περιορισμών στις διασυνοριακές συναλλαγές.

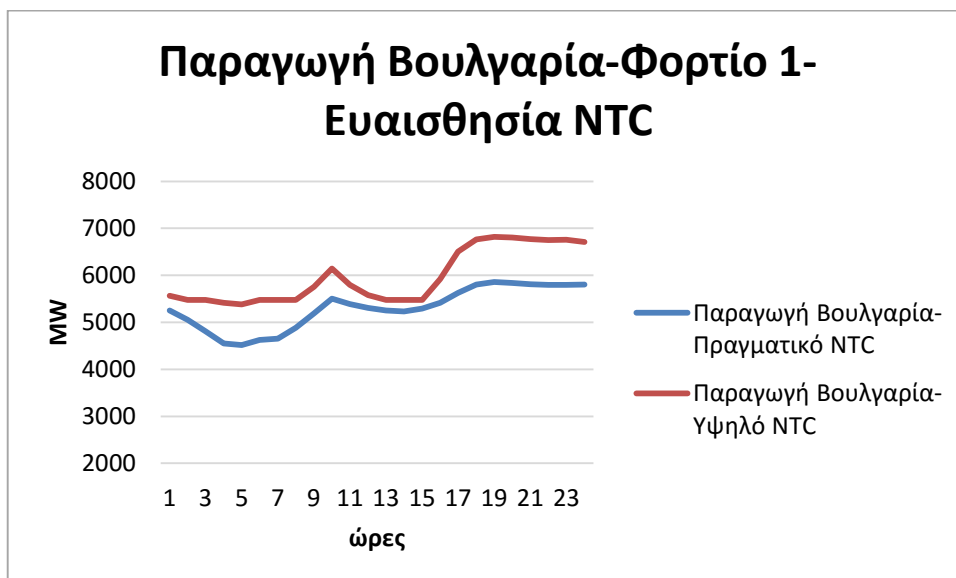
Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-886,552	-208,016	-183,257	500	61,883	61,883	199,494
2	-935,955	-238,891	-210,456	500	61,086	61,086	196,924
3	-1046,550	-288,788	-254,415	500	63,533	63,533	204,812
4	-1137,473	-324,792	-286,133	500	66,650	66,650	214,859
5	-1127,904	-327,279	-288,325	500	64,940	64,940	209,347
6	-1127,130	-329,853	-290,592	500	64,279	64,279	207,217
7	-1125,321	-321,353	-283,103	500	65,931	65,931	212,542
8	-1020,892	-284,875	-250,967	500	61,278	61,278	197,543
9	-996,023	-259,957	-229,015	500	63,744	63,744	205,492
10	-1026,863	-252,544	-222,485	500	69,122	69,122	222,829
11	-924,910	-219,547	-193,415	500	64,004	64,004	206,329
12	-870,551	-202,406	-178,314	500	61,175	61,175	197,211
13	-849,350	-195,110	-171,887	500	60,206	60,206	194,087
14	-858,914	-195,135	-171,909	500	61,362	61,362	197,814
15	-835,299	-187,022	-164,761	500	60,280	60,280	194,327
16	-966,480	-227,878	-200,755	500	67,219	67,219	216,693
17	-1131,610	-278,546	-245,392	500	76,120	76,120	245,388
18	-1170	-293,670	-258,715	500	77,453	77,453	249,686
19	-1170	-293,890	-258,909	500	77,405	77,405	249,530

20	-1170	-294,629	-259,561	500	77,242	77,242	249,005
21	-1170	-295,008	-259,894	500	77,159	77,159	248,736
22	-1170	-295,883	-260,666	500	76,966	76,966	248,115
23	-1170	-295,713	-260,515	500	77,003	77,003	248,236
24	-1170	-296,554	-261,257	500	76,818	76,818	247,639

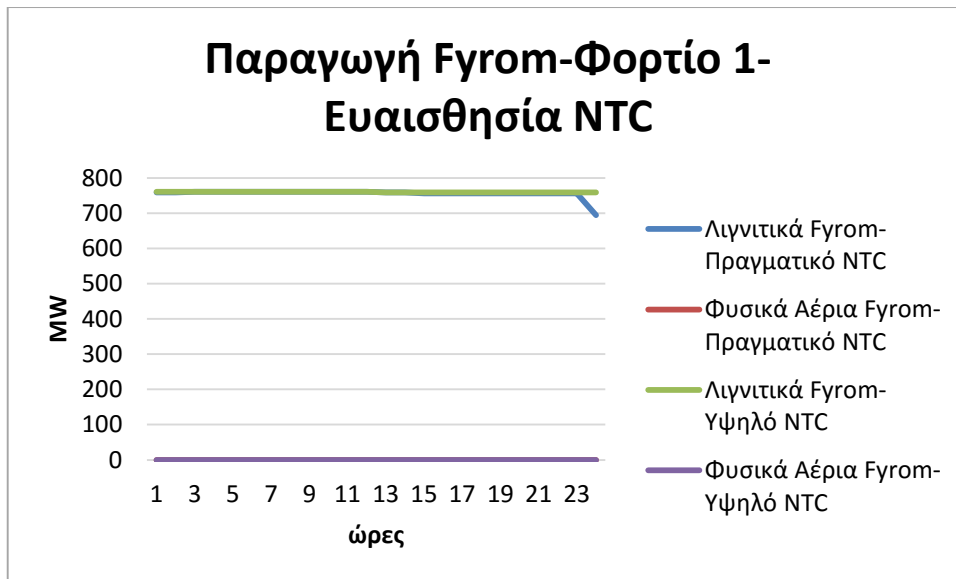
Πίνακας 38: Ροές στις διασυνδέσεις την 2<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



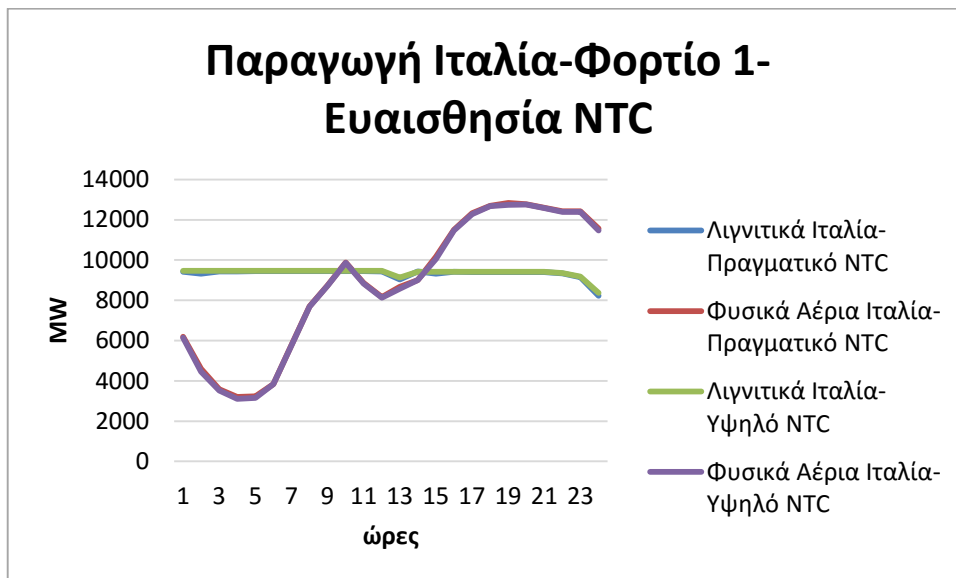
Διάγραμμα 30: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Ελλάδα, το 1<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



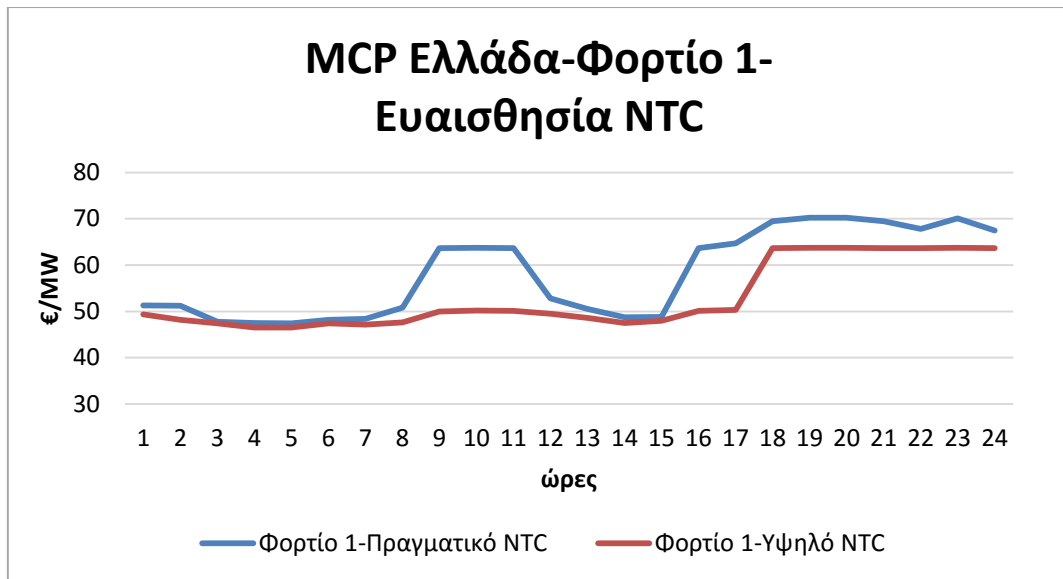
Διάγραμμα 31: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Βουλγαρία, το 1<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



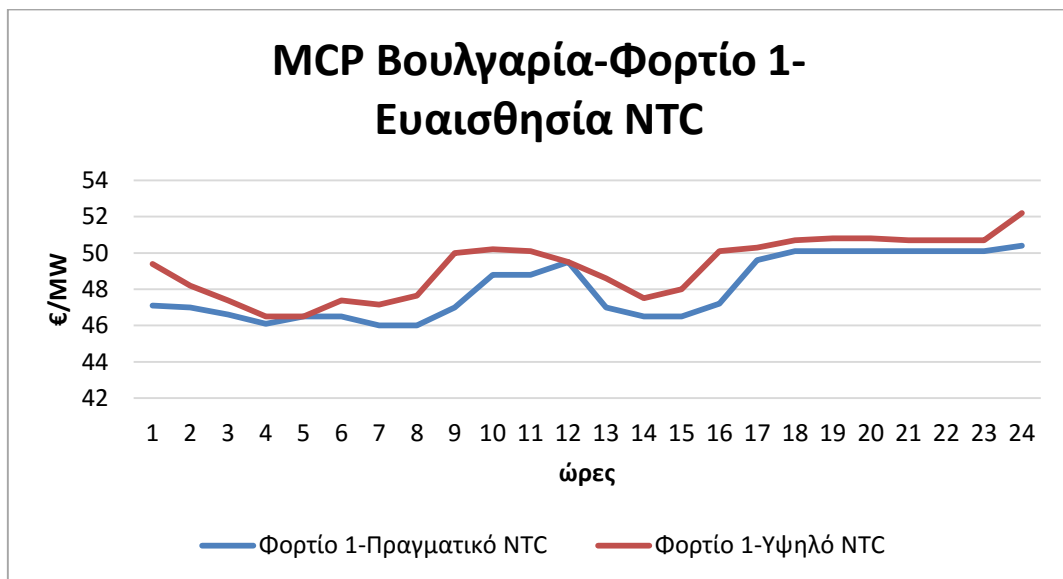
Διάγραμμα 32: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Fyrom, το 1<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



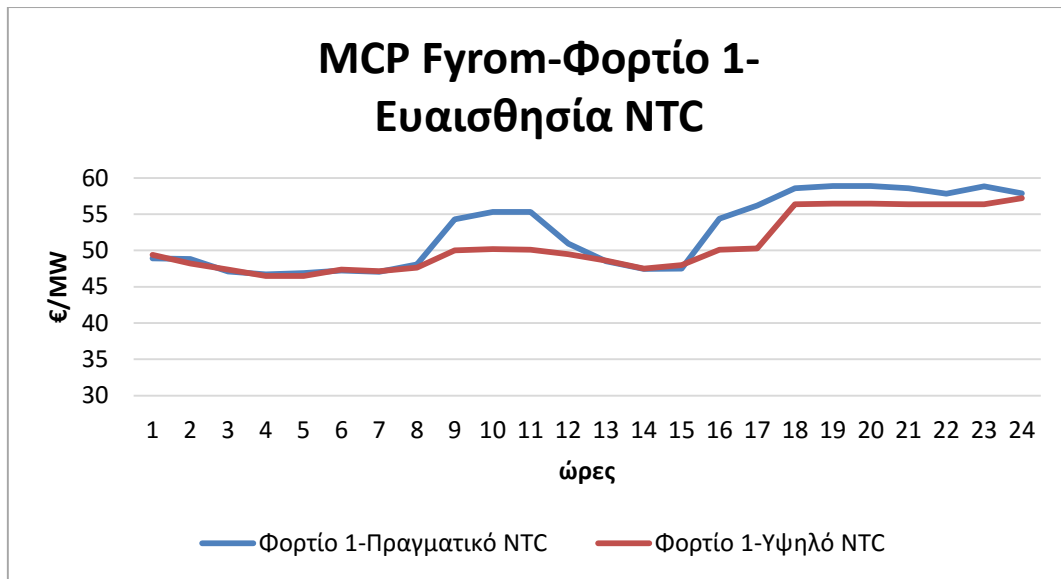
Διάγραμμα 33: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Ιταλία, το 1<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



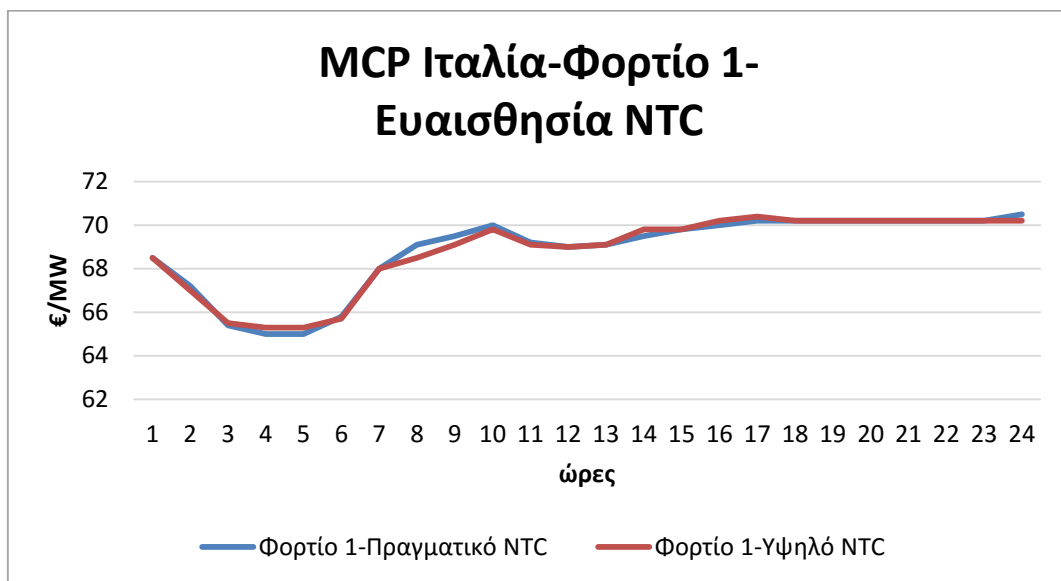
Διάγραμμα 34: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Ελλάδα, το 1<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 35: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Βουλγαρία, το 1<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 36: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Fyrom, το 1<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 37: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Ιταλία, το 1<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών

#### 8.14.2 Δεύτερο Σενάριο Ζήτησης με Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και υψηλό NTC

Παρακάτω, παρατίθενται τα αποτελέσματα της επίλυσης του μοντέλου, για την δεύτερη βαθμίδα ζήτησης, με θεώρηση προσφορών ανά Μονάδα Παραγωγής, χωρίς τους NTC περιορισμούς στην συνολικές συναλλαγές ενέργειας των χωρών του μοντέλου. Οι επιλογές

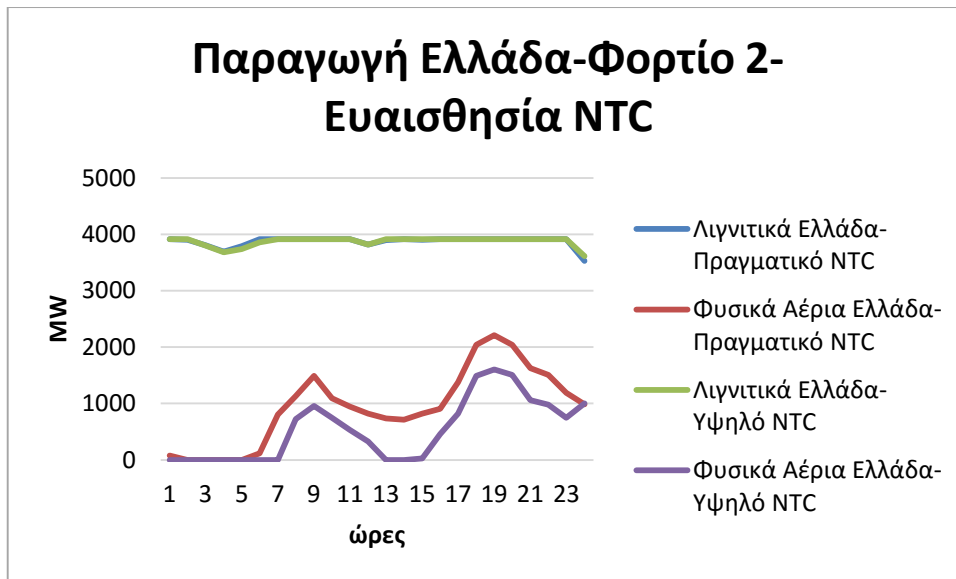
του μοντέλου διατηρήθηκαν οι ίδιες με τις προηγούμενες επιλύσεις, όπως αναλύθηκαν παραπάνω.

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προέκυψε ίση με 34.686.631,03 €, συνεπώς μικρότερη από την τιμή της, με το πραγματικό-περιορισμένο NTC των γραμμών. Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών για την συγκεκριμένη επίλυση και διαγράμματα για την σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης όλων των χωρών, καθώς και την παραγωγή των Μονάδων Παραγωγής όλων των χωρών, πριν και μετά την απαλοιφή, των NTC περιορισμών στις διασυνοριακές συναλλαγές.

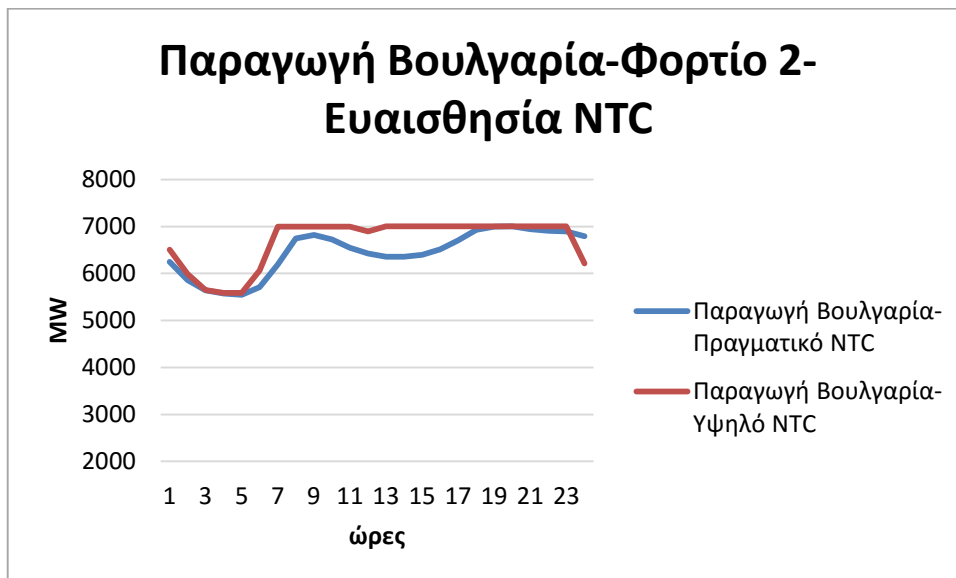
Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-859,298	-167,665	-147,708	500	67,457	67,457	217,463
2	-802,558	-174,919	-154,099	500	58,968	58,968	190,096
3	-738,738	-175,238	-154,380	500	51,146	51,146	164,881
4	-749,716	-189,021	-166,522	500	49,445	49,445	159,397
5	-748,987	-192,276	-169,390	500	48,640	48,640	156,800
6	-903,391	-236,618	-208,455	500	57,631	57,631	185,786
7	-1141,025	-295,775	-260,570	500	73,470	73,470	236,846
8	-960,530	-232,346	-204,691	500	65,512	65,512	211,192
9	-1013,553	-251,330	-221,415	500	67,773	67,773	218,480
10	-1010,863	-227,073	-200,046	500	72,787	72,787	234,643
11	-1029,907	-227,705	-200,602	500	74,961	74,961	241,651
12	-1039,427	-230,416	-202,991	500	75,520	75,520	243,454
13	-1111,379	-252,525	-222,468	500	79,392	79,392	255,935
14	-1110,151	-249,707	-219,985	500	79,863	79,863	257,455
15	-1096,896	-243,986	-214,946	500	79,513	79,513	256,325
16	-1041,908	-227,355	-200,294	500	76,495	76,495	246,599
17	-1012,921	-231,349	-203,813	500	72,095	72,095	232,413
18	-1024,400	-262,243	-231,030	500	66,687	66,687	214,980
19	-998,451	-254,352	-224,078	500	65,273	65,273	210,420
20	-996,785	-254,563	-224,263	500	65,024	65,024	209,619
21	-1002,029	-251,572	-221,628	500	66,320	66,320	213,795
22	-986,753	-239,468	-210,965	500	67,129	67,129	216,404
23	-955,680	-216,738	-190,940	500	68,360	68,360	220,371
24	-672,169	-134,572	-118,554	500	52,014	52,014	167,679

Πίνακας 39: Ροές στις διασυνδέσεις την 3<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015 με προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών

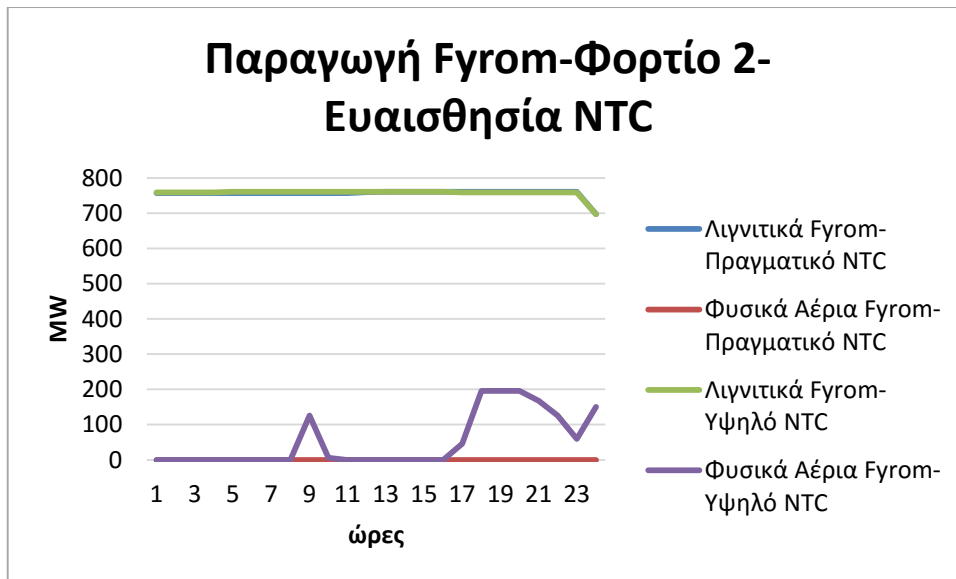




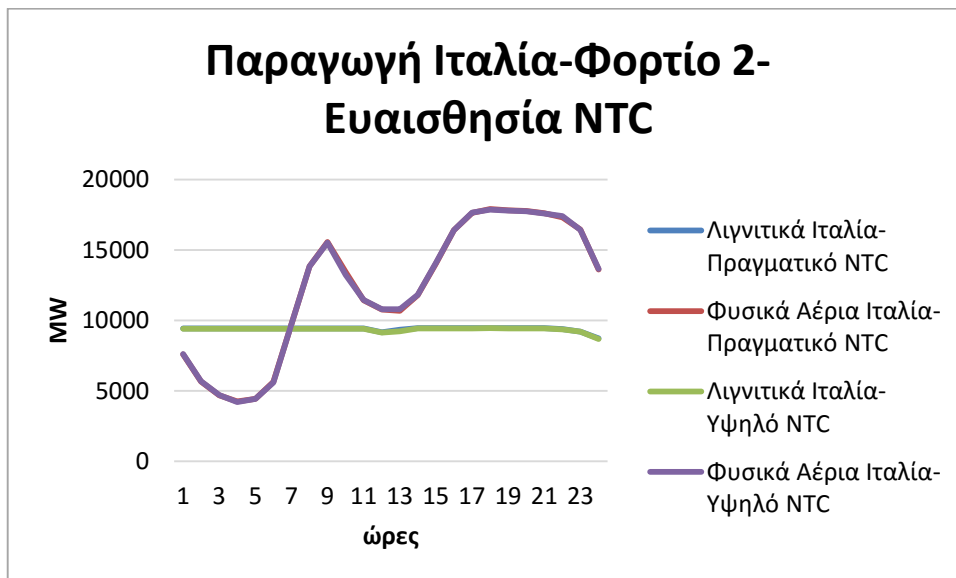
Διάγραμμα 38: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Ελλάδα, το 2<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



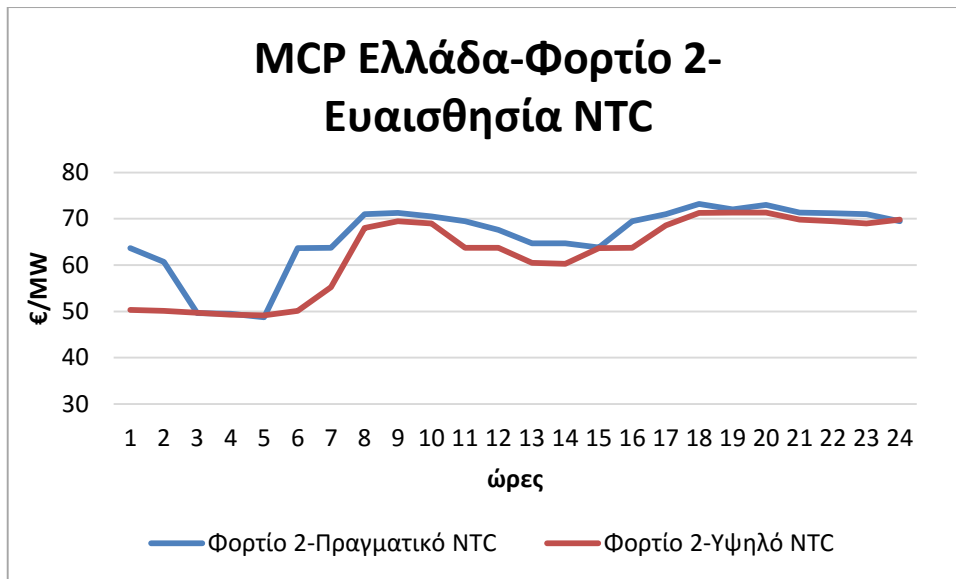
Διάγραμμα 39: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Βουλγαρία, το 2<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



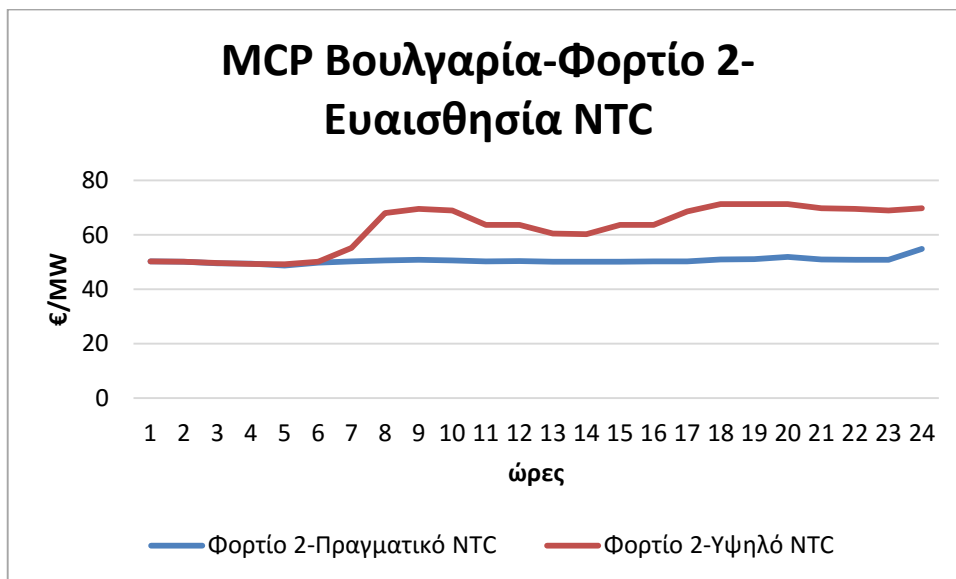
Διάγραμμα 40: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Fyrom, το 2<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



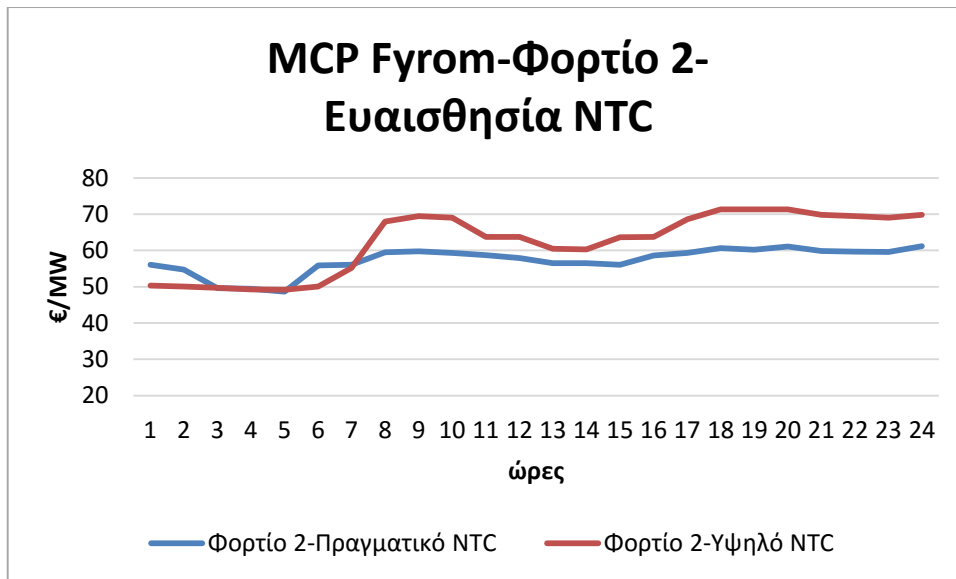
Διάγραμμα 41: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Ιταλία, το 2<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



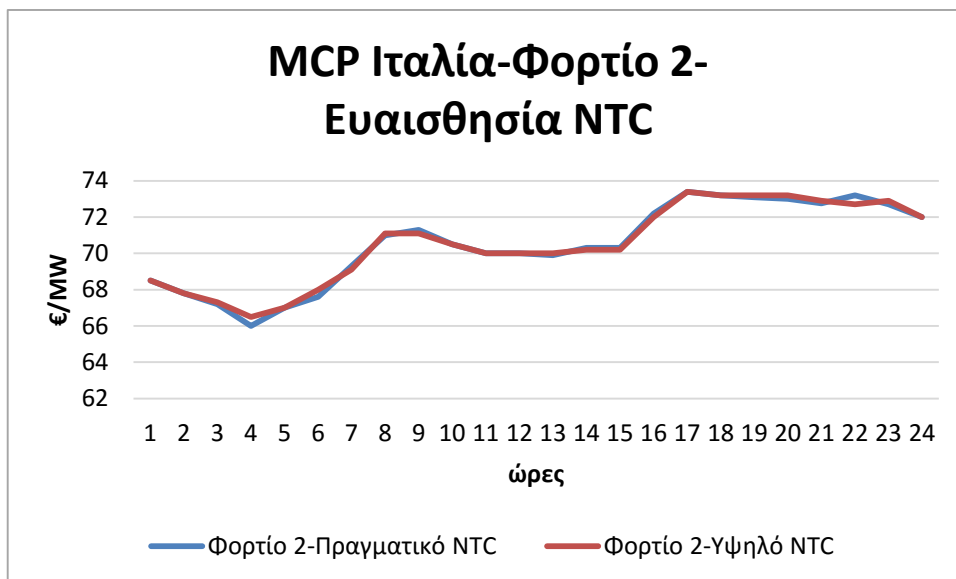
Διάγραμμα 42: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Ελλάδα, το 2<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 43: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Βουλγαρία, το 2<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 44: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Fyrom, το 2<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 45: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Ιταλία, το 2<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών

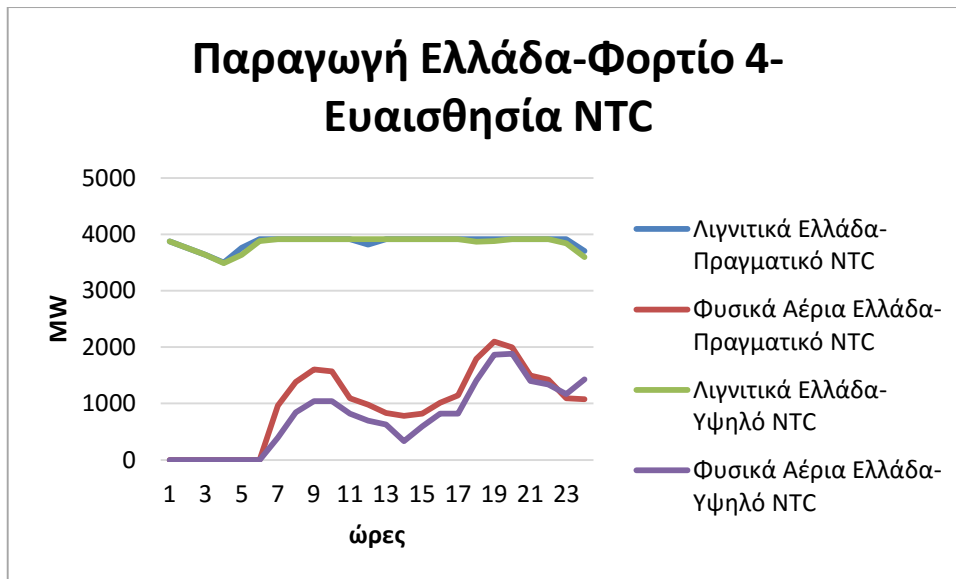
#### 8.14.3 Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης με Προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και υψηλό NTC

Παρακάτω, παρατίθενται τα αποτελέσματα της επίλυσης του μοντέλου, για την τέταρτη βαθμίδα ζήτησης, με θεώρηση προσφορών ανά Μονάδα Παραγωγής, χωρίς τους NTC περιορισμούς στην συνολικές συναλλαγές ενέργειας των χωρών του μοντέλου. Οι επιλογές του μοντέλου διατηρήθηκαν οι ίδιες με τις προηγούμενες επιλύσεις, όπως αναλύθηκαν παραπάνω.

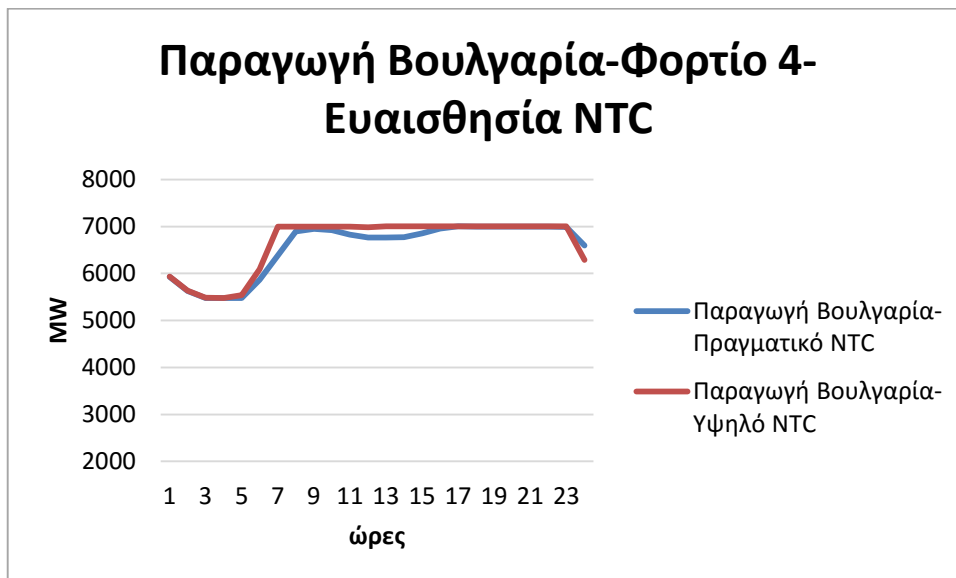
Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προέκυψε ίση με 41.071.111,18 €, συνεπώς μικρότερη από την τιμή της, με το πραγματικό-περιορισμένο NTC των γραμμών. Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών για την συγκεκριμένη επίλυση και διαγράμματα για την σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης όλων των χωρών, καθώς και την παραγωγή των Μονάδων Παραγωγής όλων των χωρών, πριν και μετά την απαλοιφή, των NTC περιορισμών στις διασυνοριακές συναλλαγές.

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-559,892	-57,069	-50,276	500	55,441	55,441	178,726
2	-578,773	-91,576	-80,676	500	50,137	50,137	161,626
3	-588,685	-111,371	-98,115	500	46,982	46,982	151,457
4	-661,425	-148,308	-130,656	500	47,685	47,685	153,722
5	-664,393	-147,901	-130,297	500	48,135	48,135	155,173
6	-841,443	-196,613	-173,211	500	58,915	58,915	189,924
7	-1089,124	-253,896	-223,676	500	76,387	76,387	246,248
8	-991,147	-230,963	-203,472	500	69,535	69,535	224,162
9	-1004,190	-234,584	-206,663	500	70,322	70,322	226,699
10	-997,001	-223,057	-196,507	500	71,987	71,987	232,066
11	-945,182	-183,857	-161,973	500	74,324	74,324	239,599
12	-940,212	-177,260	-156,162	500	75,173	75,173	242,335
13	-946,671	-179,848	-158,442	500	75,388	75,388	243,027
14	-945,914	-176,668	-155,640	500	75,996	75,996	244,988
15	-910,432	-164,618	-145,025	500	74,339	74,339	239,647
16	-888,700	-163,725	-144,238	500	71,896	71,896	231,772
17	-884,828	-166,129	-146,356	500	70,896	70,896	228,549
18	-910,343	-206,971	-182,336	500	65,003	65,003	209,551
19	-854,885	-189,524	-166,966	500	62,109	62,109	200,220
20	-819,572	-178,585	-157,329	500	60,228	60,228	194,157
21	-798,962	-172,955	-152,369	500	58,964	58,964	190,083
22	-786,091	-170,232	-149,970	500	58,000	58,000	186,975
23	-760,289	-159,922	-140,887	500	57,136	57,136	184,190
24	-461,367	-48,192	-42,456	500	45,428	45,428	146,447

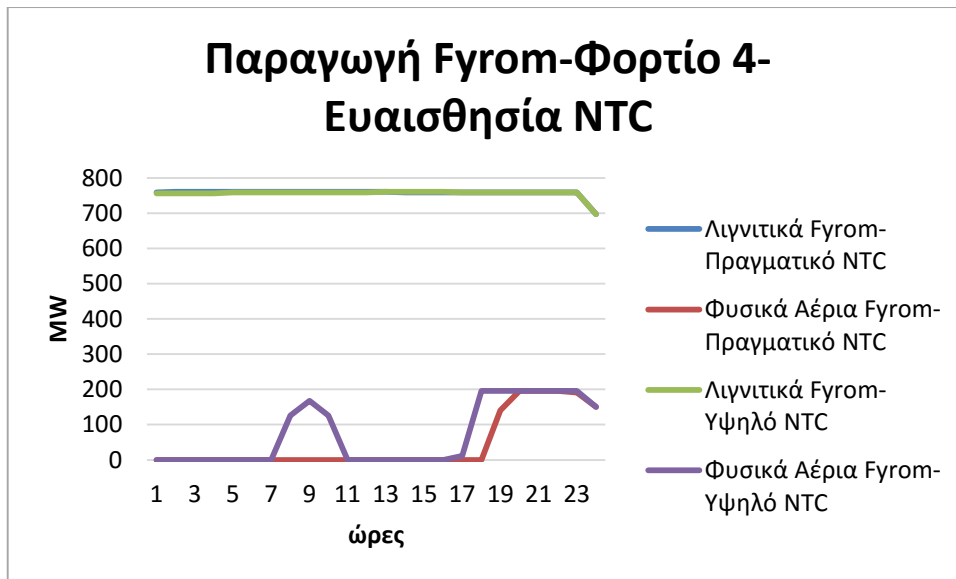
*Πίνακας 40: Ροές στις διασυνδέσεις την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 με προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών*



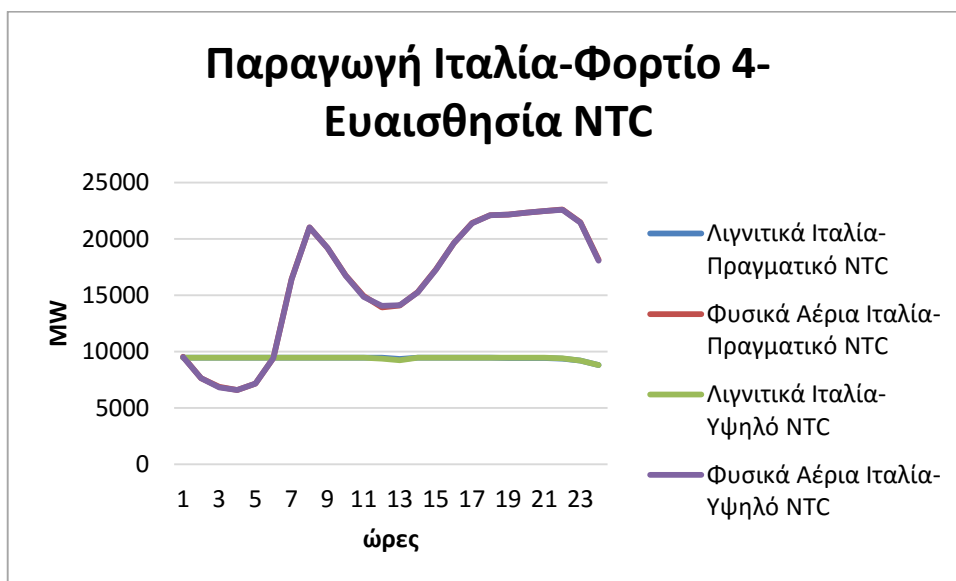
Διάγραμμα 46: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Ελλάδα, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



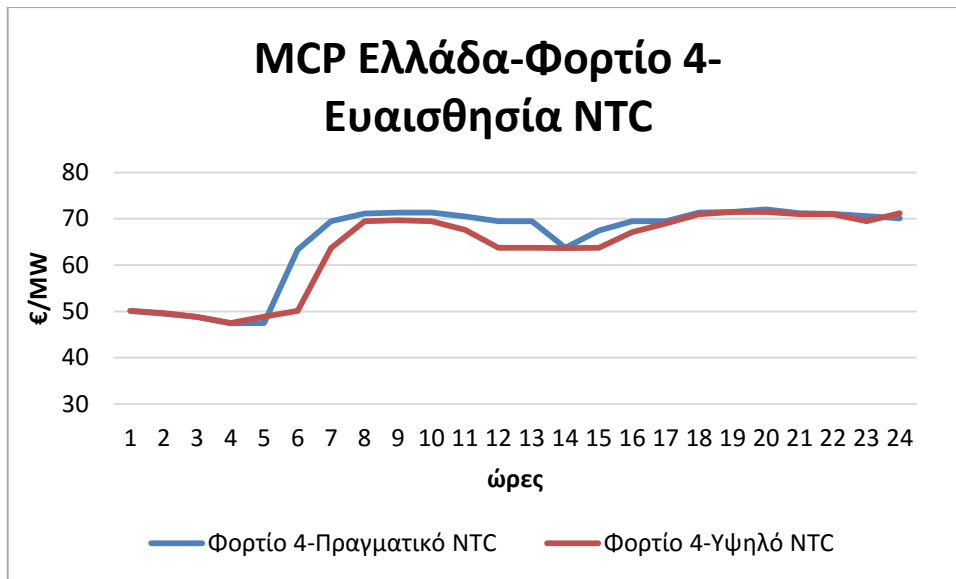
Διάγραμμα 47: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Βουλγαρία, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



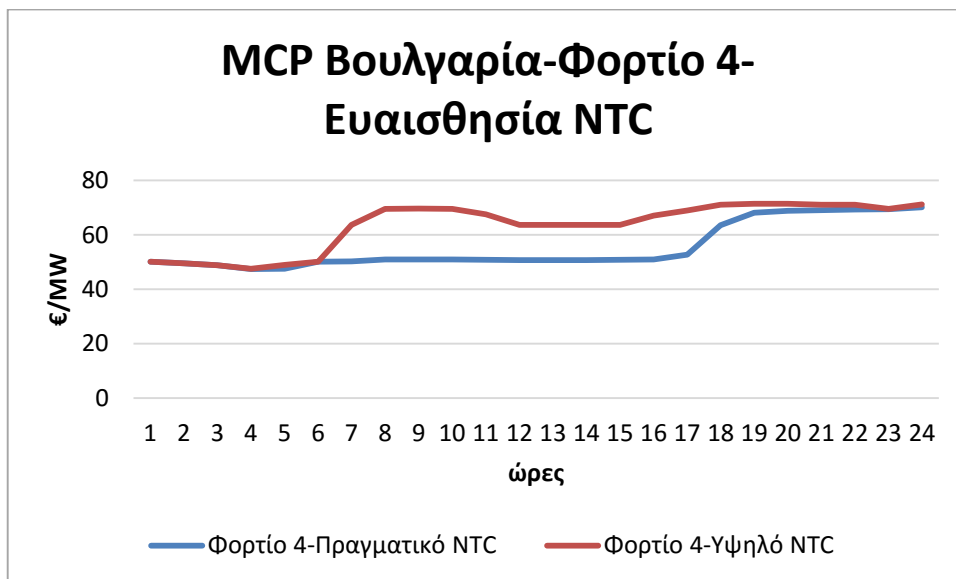
Διάγραμμα 48: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Fyrom, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 49: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Ιταλία, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών

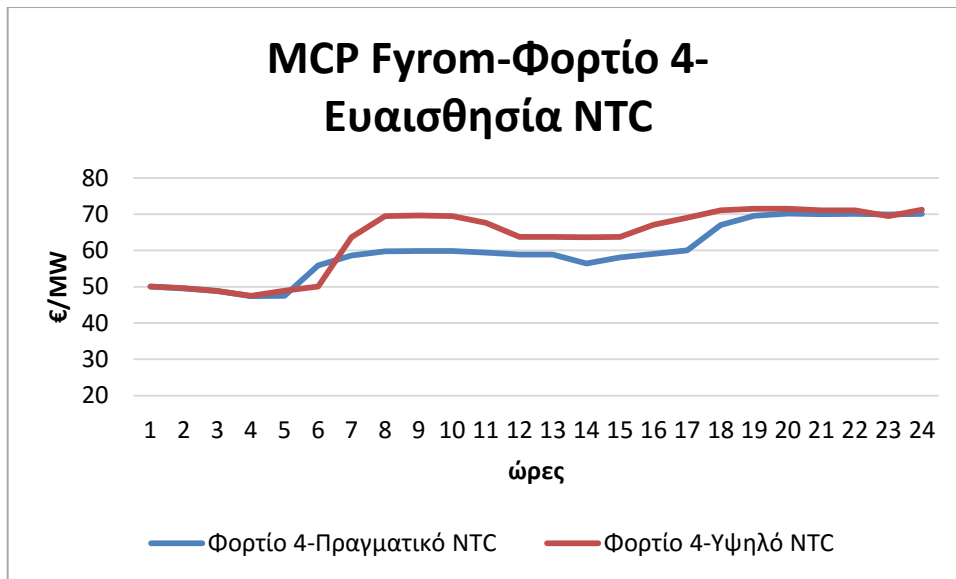


Διάγραμμα 50: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Ελλάδα, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών

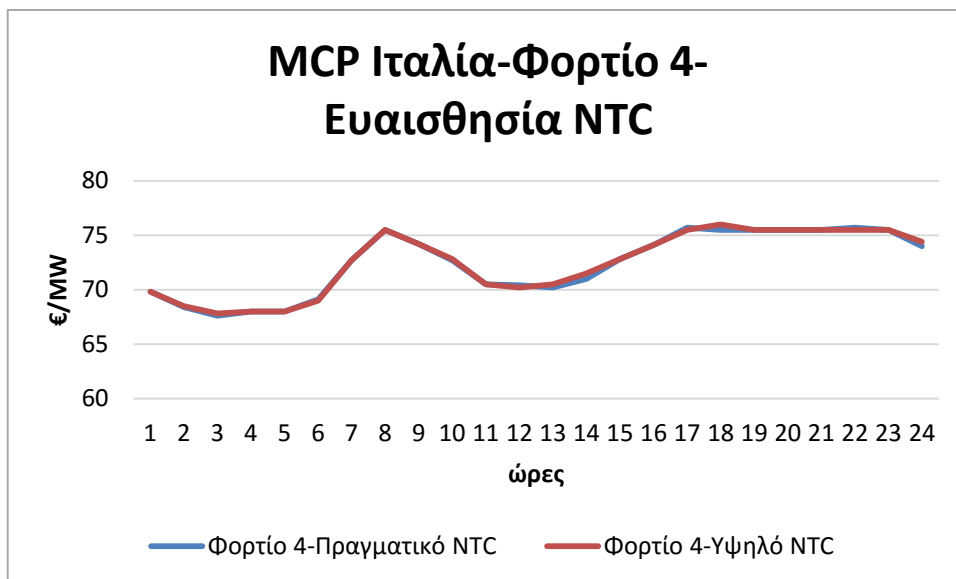


Διάγραμμα 51: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Βουλγαρία, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών





Διάγραμμα 52: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Fyrom, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 53: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Ιταλία, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών

#### 8.14.4 Τέταρτο Σενάριο Ζήτησης με Προσφορές Χαρτοφυλακίου Μονάδων (Portfolio Bidding) και υψηλό NTC

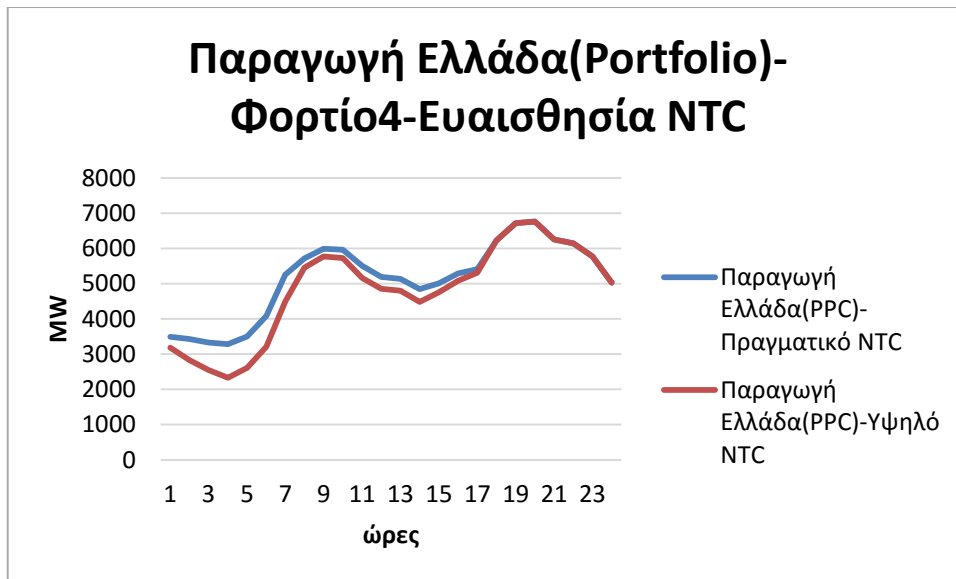
Με σκοπό την επιβεβαίωση των παραπάνω αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε μία επίλυση για το τέταρτο σενάριο ζήτησης και προσφορές από τις Εταιρείες Παραγωγής, δηλαδή προσφορές χαρτοφυλακίου Μονάδων. Η επιλογή της εν λόγω βαθμίδας ζήτησης, έγινε καθώς, αποτελεί βαθμίδα έντονου φορτίου για όλες τις χώρες, αλλά και γιατί στην

αντίστοιχη επίλυση με προσφορές χαρτοφυλακίου χρησιμοποιώντας τις πραγματικές τιμές του NTC των γραμμών, όπως παρατηρήθηκε και παραπάνω, υπήρξε συμφόρηση σε όλες τις ώρες της ημέρας, μόνο στη γραμμή Ελλάδας-Ιταλίας. Στα διαγράμματα παρακάτω, παρουσιάζεται η συνολική παραγωγή για την κάθε χώρα και δεν γίνεται επιμερισμός σε Λιγνιτικές Μονάδες και Μονάδες Φυσικού Αερίου, καθώς οι περισσότερες Εταιρείες Παραγωγής περιλαμβάνουν τόσο Λιγνιτικές Μονάδες, όσο και Μονάδες Φυσικού Αερίου.

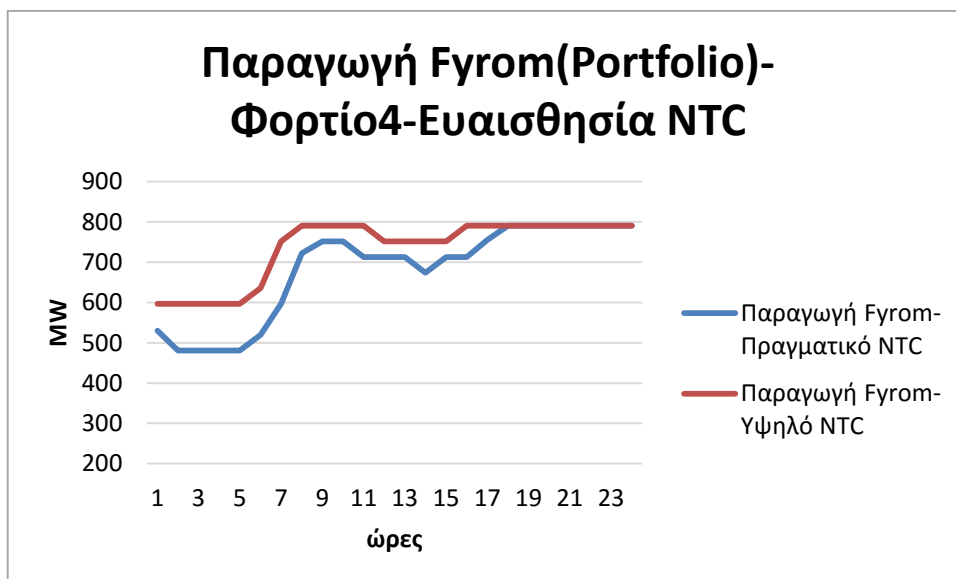
Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προέκυψε ίση με 40.164.625,29 €, συνεπώς μικρότερη από την τιμή της, με το πραγματικό-περιορισμένο NTC των γραμμών. Παρακάτω, παρατίθεται πίνακας με τις ροές στις διασυνδέσεις των χωρών για την συγκεκριμένη επίλυση και διαγράμματα για την σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης όλων των χωρών, καθώς και την παραγωγή των Μονάδων Παραγωγής όλων των χωρών, πριν και μετά την απαλοιφή, των NTC περιορισμών στις διασυνοριακές συναλλαγές.

Ωρες	Γραμμή Μεταφοράς						
	k163GRBG (MW)	k164GRFY (MW)	k165GRFY (MW)	k166GRIT (MW)	k226BGFY (MW)	k227BGFY (MW)	k228BGFY (MW)
1	-892,676	-130,607	-115,061	500	79,671	79,671	256,835
2	-1018,356	-198,285	-174,684	500	80,035	80,035	258,010
3	-1094,268	-238,579	-210,182	500	80,384	80,384	259,134
4	-1169,677	-276,345	-243,453	500	81,228	81,228	261,856
5	-1144,313	-266,765	-235,013	500	80,257	80,257	258,724
6	-1130,696	-265,961	-234,305	500	78,780	78,780	253,963
7	-1050,897	-237,128	-208,903	500	75,436	75,436	243,182
8	-853,466	-162,481	-143,141	500	67,890	67,890	218,859
9	-833,996	-149,632	-131,822	500	68,354	68,354	220,354
10	-844,390	-148,693	-130,995	500	69,824	69,824	225,091
11	-888,472	-162,858	-143,473	500	72,059	72,059	232,298
12	-891,945	-156,326	-137,719	500	73,919	73,919	238,294
13	-891,454	-156,313	-137,708	500	73,862	73,862	238,111
14	-893,865	-153,624	-135,339	500	74,747	74,747	240,964
15	-855,723	-140,615	-123,878	500	72,979	72,979	235,262
16	-829,503	-140,359	-123,653	500	69,850	69,850	225,177
17	-785,524	-129,269	-113,883	500	66,950	66,950	215,828
18	-723,159	-112,845	-99,413	500	62,991	62,991	203,066
19	-679,223	-98,939	-87,163	500	60,717	60,717	195,733
20	-642,126	-87,446	-77,038	500	58,741	58,741	189,364
21	-606,415	-77,293	-68,093	500	56,639	56,639	182,588
22	-595,272	-73,014	-64,323	500	56,228	56,228	181,262
23	-590,384	-66,501	-58,586	500	57,068	57,068	183,970
24	-620,073	-76,959	-67,799	500	58,372	58,372	188,173

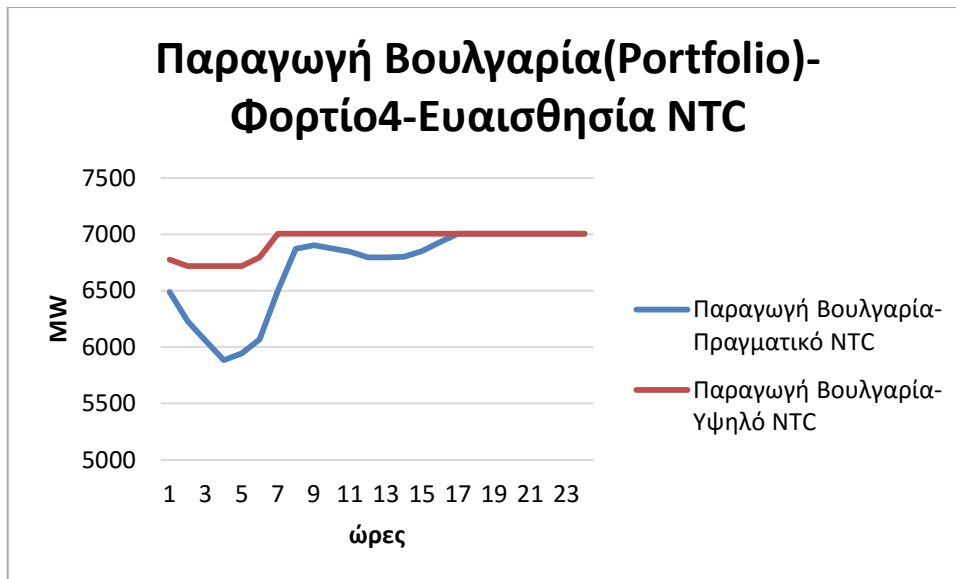
*Πίνακας 41: Ροές στις διασυνδέσεις την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015 με προσφορές Χαρτοφυλακίου και απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών*



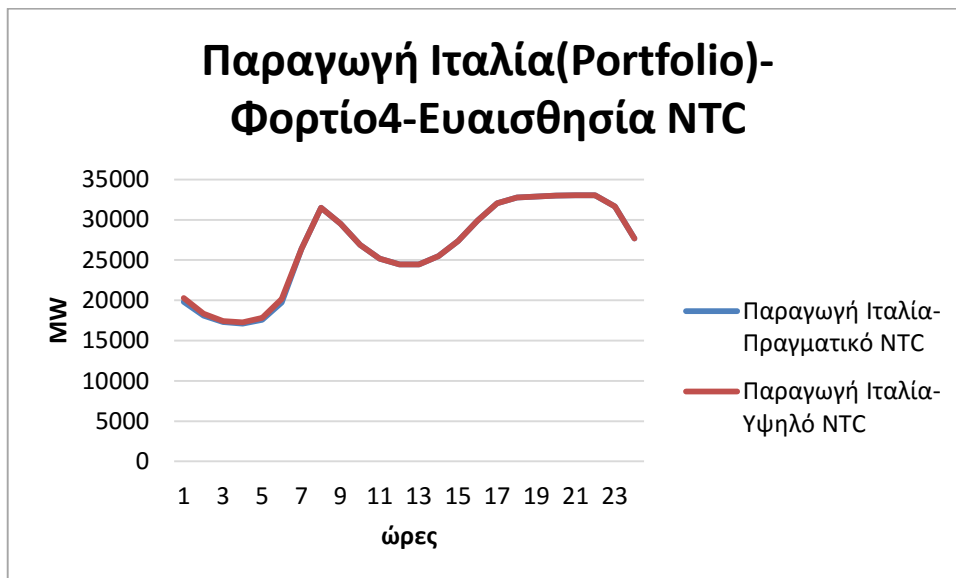
Διάγραμμα 54: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Ελλάδα, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές χαρτοφυλακίου, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



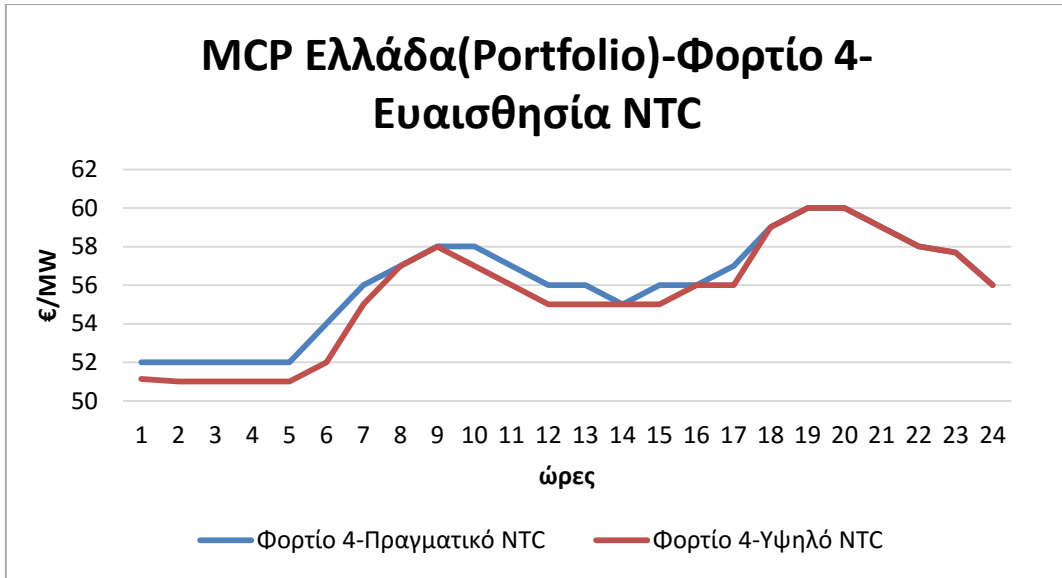
Διάγραμμα 55: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Fyrom, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές χαρτοφυλακίου, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



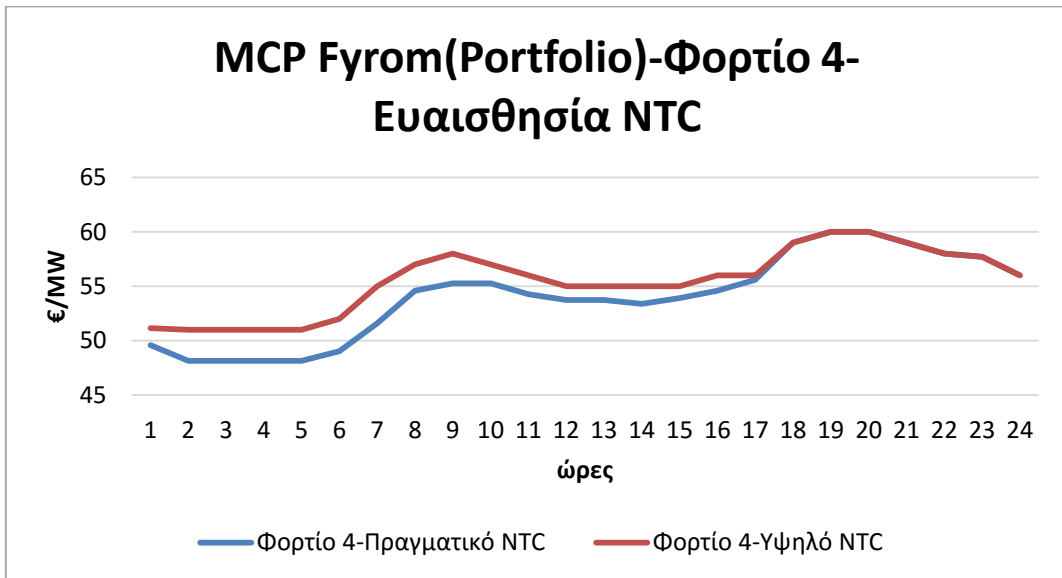
Διάγραμμα 56: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Βουλγαρία, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές χαρτοφυλακίου, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



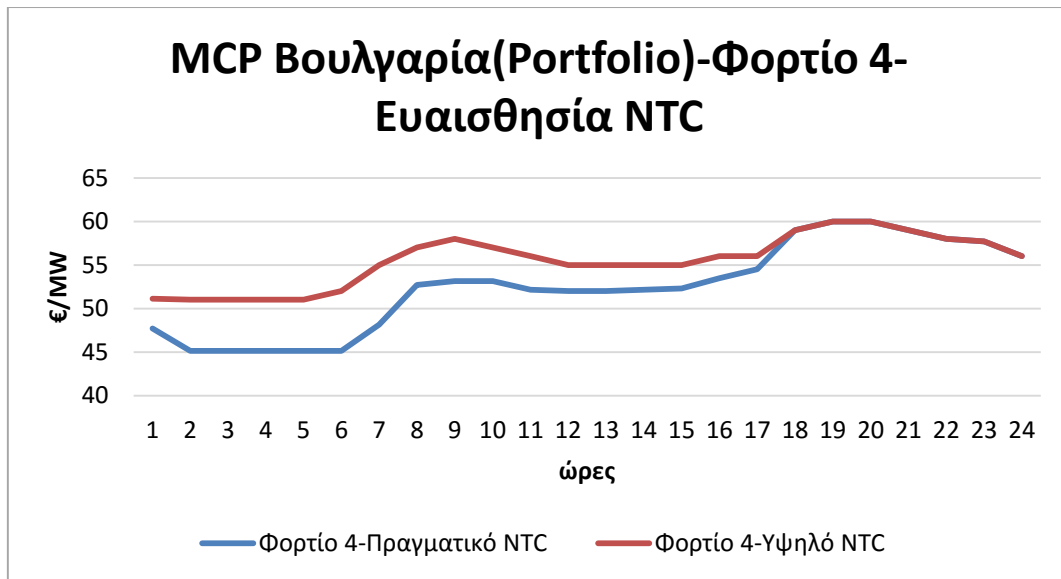
Διάγραμμα 57: Σύγκριση της παραγωγής των Μονάδων Παραγωγής για την Ιταλία, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές χαρτοφυλακίου, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



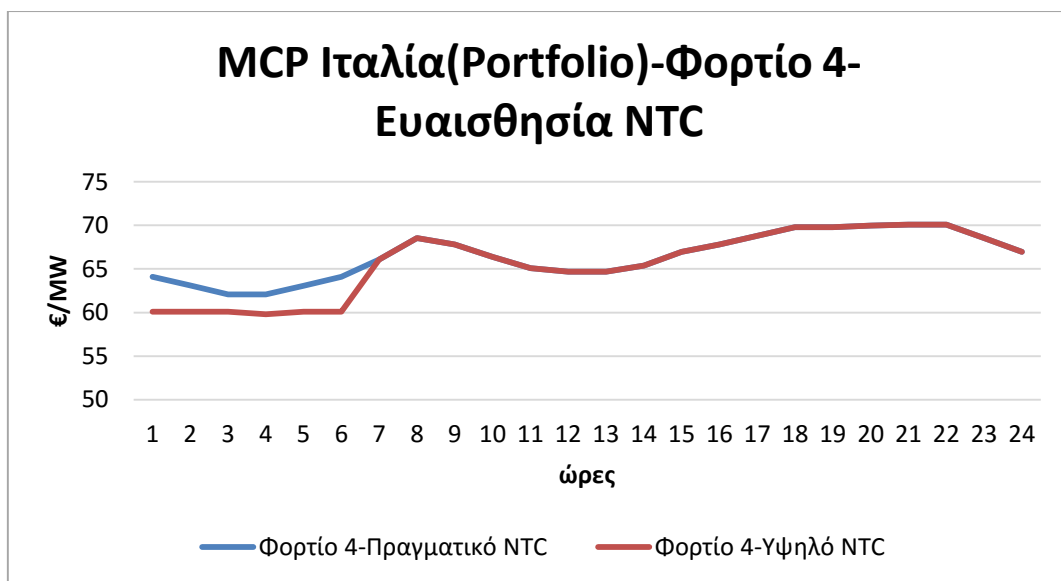
Διάγραμμα 58: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Ελλάδα, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές χαρτοφυλακίου, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 59: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Fyrom, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές χαρτοφυλακίου, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 60: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Βουλγαρία, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές χαρτοφυλακίου, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών



Διάγραμμα 61: Σύγκριση των τιμών εκκαθάρισης για την Ιταλία, το 4<sup>ο</sup> φορτίο και προσφορές χαρτοφυλακίου, πριν και μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές των χωρών

#### 8.14.5 Ανάλυση ευαισθησίας και σύγκριση αποτελεσμάτων για πραγματικές τιμές NTC και υψηλό NTC για τις συναλλαγές ενέργειας

Σύμφωνα και με τα αποτελέσματα που παρατέθηκαν παραπάνω, πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση ευαισθησίας για τους NTC περιορισμούς στις συναλλαγές ενέργειας και μία σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρατηρήθηκαν για τα 3 φορτία που εξετάστηκαν. Όπως

παρατηρείται από τα παραπάνω διαγράμματα, μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν οι τιμές εκκαθάρισης και η παραγωγή των Μονάδων Παραγωγής όλων των χωρών του μοντέλου, πριν κι μετά την απαλοιφή των NTC περιορισμών, στις συναλλαγές της Ελλάδας με τις βόρειες χώρες.

	Φορτίο 1	Φορτίο 2	Φορτίο 4
Τιμή αντικειμενικής για προσφορές Μονάδων και πραγματικό NTC(€)	27.603.428,94	34.785.040,79	41.102.728,79
Τιμή αντικειμενικής για προσφορές Μονάδων και υψηλό NTC(€)	27.435.315,17	34.686.631,03	41.071.111,18
Διαφορά(€)	168.113,77	98.409,76	31.617,61

*Πίνακας 42: Συγκριτικός πίνακας με την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για προσφορές ανά Μονάδα Παραγωγής και θεώρηση με πραγματικό και υψηλό NTC*

	Φορτίο 4
Τιμή αντικειμενικής για χαρτοφυλάκιο και πραγματικό NTC(€)	40.382.773,5
Τιμή αντικειμενικής για χαρτοφυλάκιο και υψηλό NTC(€)	40.164.625,29
Διαφορά(€)	218.148,21

*Πίνακας 43: Συγκριτικός πίνακας με την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για προσφορές χαρτοφυλακίου και θεώρηση με πραγματικό και υψηλό NTC*

Παρακάτω, παρατίθενται τα κυριότερα συμπεράσματα και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων:

1) Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, προκύπτει μεγαλύτερη σε όλες τις επιλύσεις στην περίπτωση που θεωρηθούν οι πραγματικές τιμές NTC για τις συναλλαγές ενέργειας, δηλαδή όταν επιβάλλεται περιορισμός στις συνολικές συναλλαγές ενέργειας της Ελλάδας με τις βόρειες σε αυτή χώρας, διαμέσου των γραμμών μεταφοράς που τις συνδέουν. Εξαιτίας ακριβώς αυτού του γεγονότος, το σύστημα οδηγείται στην ανάγκη να ικανοποιήσει την ζήτηση της κάθε χώρας, από της Μονάδες Παραγωγής της Επικράτειάς της. Κατά συνέπεια, απαιτείται η ένταξη στο σύστημα περισσότερων Μονάδων και δη ακριβότερων Μονάδων, κυρίως στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, η Ελλάδα δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις μεγάλες ανάγκες της για εισαγωγές και συνεπώς, καλείται να καλύψει την ζήτησή της, κυρίως από την παραγωγή των Μονάδων της. Αντίθετα, στην Fyrom και τη Βουλγαρία παρατηρούνται τα αντίθετα αποτελέσματα, δηλαδή, δεν καλούνται να εξάγουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας προς την Ελλάδα και έτσι, δεν απαιτείται η ένταξη στο σύστημά τους Μονάδων Παραγωγής υψηλότερου κόστους. Ωστόσο, συνολικά στο σύστημα των τεσσάρων χωρών, η παραγωγή των Μονάδων Παραγωγής παρουσιάζεται αυξημένη, με τη θεώρηση του πραγματικού NTC στις συναλλαγές. Συνεπώς, η θεώρηση αυτή οδηγεί στην αύξηση του συνολικού κόστους παραγωγής, συγκριτικά με την απαλοιφή των NTC περιορισμών στις συναλλαγές ενέργειας, δηλαδή την θεώρηση με υψηλό NTC και άρα και στην αύξηση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου, δηλαδή στη μείωση του συνολικού κοινωνικού πλεονάσματος.

Ένας επιπλέον λόγος για την αυξημένη αντικειμενική συνάρτηση στην περίπτωση του πραγματικού-περιορισμένου NTC είναι πως, θεωρήθηκε ότι οι ροές ενέργειας δεν υπόκεινται σε χρεώσεις κατά τη διέλευσή τους από τις γραμμές μεταφοράς και κατά συνέπεια αποτελούν τον οικονομικότερο τρόπο για να καλυφθεί η ζήτηση των χωρών. Συνεπώς, ο περιορισμός της δυνατότητας για ροές ενέργειας στις διασυνδέσεις έχει ως αποτέλεσμα, την ανάγκη κάλυψής της από την παραγωγή της κάθε χώρας, η οποία εισάγει περαιτέρω κόστος στο σύστημα και κατ' επέκταση αυξάνει την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης.

2) Παρατηρείται πως, η θεώρηση των πραγματικών και περιορισμένων NTC τιμών για τις συναλλαγές, οδηγεί σε σημαντική μείωση των τιμών εκκαθάρισης για την Βουλγαρία και σε μεγάλη αύξηση των τιμών εκκαθάρισης της Ελλάδας. Οι τιμές εκκαθάρισης της Ιταλίας παραμένουν σχεδόν οι ίδιες, καθώς δεν θεωρήθηκε μεταβολή στη χωρητικότητα μεταφοράς της γραμμής Ελλάδας-Ιταλίας. Όσον αφορά την Fygom, παρατηρείται πως με την θεώρηση υψηλών τιμών του NTC, η τιμή εκκαθάρισής της προκύπτει τις περισσότερες ώρες, ίδια με την Βουλγαρία και την Ελλάδα, λόγω της επάρκειας των μεταξύ τους διασυνδέσεων και της απουσίας συμφόρησης στις γραμμές που τις ενώνουν. Αντίθετα, με τη θεώρηση του πραγματικού και περιορισμένου NTC, διαμορφώνονται τις περισσότερες ώρες μελέτης και στα τρία φορτία, τέσσερις ζώνες τιμής, μία για κάθε χώρα, εξαιτίας της συμφόρησης που παρατηρείται στις γραμμές. Έτσι, οι τιμές εκκαθάρισης της Fygom, διαμορφώνονται μικρότερες από της Ελλάδας και εξάγει ενέργεια προς αυτή και μεγαλύτερες από της Βουλγαρίας, λόγω των εισαγωγών της από αυτή, σύμφωνα και με το μηχανισμό των Έμμεσων Δημοπρασιών. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μείωση των τιμών εκκαθάρισης στην Βουλγαρία, έγκειται στην εξαγωγική συμπεριφορά της Βουλγαρίας, η οποία εξαιτίας των φθηνότερων Μονάδων Παραγωγής που διαθέτει, εξάγει μεγάλες ποσότητες ενέργειας κυρίως στην Ελλάδα και δευτερευόντως στην Fygom. Συνεπώς, καλείται να παράγει ενέργεια στα πλαίσια της ενοποίησης των αγορών, για να καλύψει την ζήτησή της και να ικανοποιήσει ταυτόχρονα και ένα μέρος της ζήτησης των χωρών, με τις οποίες συνδέεται. Η μειωμένη, λοιπόν, δυνατότητα για ροές ενέργειας με τη θεώρηση των πραγματικών και περιορισμένων NTC, περιορίζει την δυνατότητα για συναλλαγές ενέργειας και την ανάγκη για ένταξη ακριβότερων Μονάδων στην Βουλγαρία. Αντίθετα, στην Ελλάδα, η οποία παρουσιάζει χαρακτηριστικά εισαγωγικής χώρας, ο περιορισμός για συναλλαγές ενέργειας οδηγεί σε ανάγκη για ένταξη περισσότερων ελληνικών Μονάδων στο σύστημά της. Έτσι, απαιτείται πλέον η ένταξη περισσότερων Μονάδων Φυσικού Αερίου και σε περισσότερες ώρες της ημέρας, καθώς εξαντλείται η δυναμικότητα παραγωγής των φθηνότερων Λιγνιτικών Μονάδων. Οι ακριβότερες Μονάδες Φυσικού Αερίου διαμορφώνουν και τις τιμές εκκαθάρισης για την Ελλάδα, οι οποίες προκύπτουν πλέον, μεγαλύτερες αριθμητικά. Τέλος, για την Fygom προκύπτει πως, οι τιμές εκκαθάρισης παρουσιάζονται αυξημένες στο 1<sup>ο</sup> φορτίο και μειωμένες στα άλλα δύο, με θεώρηση του πραγματικού NTC, εξαιτίας και της συμπεριφοράς της ως χώρας διέλευσης (transit) της ενέργειας. Κατ' επέκταση δεν παρουσιάζει τα σταθερά εξαγωγικά χαρακτηριστικά της Βουλγαρίας και τα εισαγωγικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας, παρότι στα αποτελέσματα διαφαίνεται πως για όλα τα φορτία, οι ποσότητες που εισάγει από τη Βουλγαρία είναι περισσότερες από αυτές που εξάγει στην Ελλάδα και συνεπώς, εμφανίζει χαρακτηριστικά εισαγωγικής χώρας.

3) Όσον αφορά τις ροές στις διασυνδέσεις, παρατηρείται η ίδια συμπεριφορά στις συναλλαγές ενέργειας των χωρών όπως αναλύθηκε και παραπάνω, καθώς η Βουλγαρία εξάγει μεγάλες ποσότητες ενέργειας στην Ελλάδα και μικρότερες στην Fygom και η Ελλάδα εισάγει ενέργεια από την Fygom και εξάγει ενέργεια στην Ιταλία. Ένα ιδιαίτερο στοιχείο αποτελεί η συμφόρηση που παρατηρείται στις γραμμές μεταφοράς. Συγκεκριμένα, παρατηρείται πως σε σύνολο 96 ωρών μελέτης του μοντέλου, δηλαδή για τα 4 σενάρια-



ημέρες που επιλύθηκαν για την ανάλυση ευαισθησίας των NTC περιορισμών στις συναλλαγές ενέργειας, με τη θεώρηση των πραγματικών και περιορισμένων NTC, διαπιστώνεται ενοποίηση των αγορών σε 22 ώρες και συνεπώς, σε ποσοστό 22,92%. Αντίθετα, με τη θεώρηση των υψηλών NTC, δηλαδή με την απαλοιφή του περιορισμού για τις συνολικές συναλλαγές μεταξύ των χωρών, παρατηρείται πως επιτυγχάνεται ενοποίηση των αγορών των χωρών και επάρκεια των μεταξύ τους διασυνδέσεων, σε ποσοστό 92,71%. Κατά συνέπεια, η αυξημένη συμμόρφωση που δημιουργείται στις γραμμές μεταφοράς στην περίπτωση των πραγματικών και περιορισμένων NTC, δεν επιτρέπει τελικά την πραγματική ενοποίηση των τεσσάρων χωρών, με αποτέλεσμα την δημιουργία τεσσάρων ζωνών τιμής εκκαθάρισης για τις περισσότερες ώρες μελέτης, μία για κάθε χώρα, εξαιτίας της μη επάρκειας της χωρητικότητας των γραμμών μεταφοράς, να καλύψουν τις ανάγκες για συναλλαγές ενέργειας μεταξύ των χωρών. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει, την αναγκαιότητα της ύπαρξης διασυνδέσεων μεταξύ των χωρών, με επαρκείς χωρητικότητες μεταφοράς για την ικανοποίηση των συναλλαγών ενέργειας. Αυτός είναι και ο λόγος που πραγματοποιήθηκε η ανάλυση ευαισθησίας των NTC περιορισμών στις συνολικές συναλλαγές ενέργειας, ούτως ώστε να καταδειχτεί η μεγάλη διαφορά στην επίτευξη ενοποίησης των αγορών των 4 χωρών του μοντέλου, αλλά και το πόσο απαραίτητες είναι οι επαρκείς διασυνδέσεις μεταξύ των χωρών, στην πορεία για μια ενοποιημένη Ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας.

#### 8.15 Τελικά Συμπεράσματα για την ενοποίηση των αγορών (Market Coupling)

Οι κυριότερες παρατηρήσεις που προκύπτουν από την ενοποίηση των αγορών και την εφαρμογή του Market Coupling, είναι οι ακόλουθες:

α) Παρατηρείται με την χρησιμοποίηση του Market Coupling, η δημιουργία υψηλότερου συνολικού κοινωνικού πλεονάσματος. Αυτό συμβαίνει, εξαιτίας της μείωσης του συνολικού κόστους παραγωγής των 4 χωρών και συνεπώς της αύξησης του πλεονάσματος των παραγωγών και ταυτόχρονα του πλεονάσματος των καταναλωτών, μέσω της αύξησης στην χρησιμότητα του φορτίου (load utility). Το γεγονός αυτό, επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα επίλυσης του μοντέλου ενοποίησης των αγορών που παρουσιάζονται και στους πίνακες της σελίδας 143, όπου προκύπτει πως η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης παρουσιάζεται μεγαλύτερη σε όλες τις επιλύσεις, όταν υποτεθεί περιορισμένη διασυνδετική ικανότητα των γραμμών μεταφοράς, δηλαδή όταν εφαρμόζονται οι NTC περιορισμοί στις συνολικές συναλλαγές της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fyrom. Κατά συνέπεια, δημιουργείται κατά αυτό τον τρόπο, μικρότερο κοινωνικό πλεόνασμα στο σύστημα των 4 χωρών του μοντέλου, όταν οι τιμές των 4 αγορών δεν ταυτίζονται μεταξύ τους και οι αγορές δεν ενοποιούνται. Έτσι, αποδεικνύεται πως η ενοποίηση των 4 χωρών και η ταύτιση των τιμών τους, μέσω του μηχανισμού Έμμεσων Δημοπρασιών και σύμφωνα με το Market Coupling, επιτυγχάνεται μόνο με επαρκείς διασυνδέσεις μεταξύ των χωρών και οδηγεί σε καλύτερα οικονομικά αποτελέσματα στην συνολική αγορά και στην δημιουργία μεγαλύτερου συνολικού κοινωνικού πλεονάσματος.

β) Παράλληλα, διαμορφώνονται πιο δίκαιες και ανταγωνιστικές τιμές, καθώς αποφεύγεται η διαμόρφωση των τιμών στα πλαίσια εθνικά οργανωμένων και μεμονωμένων αγορών και ενισχύεται η διαφάνεια στις συναλλαγές, ενώ παράλληλα οι καταναλωτές και οι παραγωγοί λαμβάνουν τις σωστές ενδείξεις από την αγορά για τις επόμενες κινήσεις τους.

Όσον αφορά το σύστημα των 4 χωρών που μελετήθηκαν, προκύπτει από τα αποτελέσματα επίλυσης, πως οι τιμές εκκαθάρισης αυξάνονται για την Ελλάδα όταν δεν υπάρχει η δυνατότητα ενοποίησης των χωρών, όπως στην περίπτωση της περιορισμένης διασυνδεδετικής ικανότητας και συνεπώς όταν παρατηρείται συμφόρηση στις γραμμές και μη ταύτιση των τιμών των χωρών. Έτσι, δεν δίνεται η δυνατότητα στην Ελλάδα να καλύψει μέρος της ζήτησης της από Μονάδες μικρότερου κόστους, όπως οι Πυρηνικές Μονάδες της Βουλγαρίας, δηλαδή μέσω των εισαγωγών της από την Βουλγαρία. Κατά συνέπεια η μη ενοποίηση των αγορών, αυξάνει το κόστος παραγωγής της Ελλάδας. Αντίθετα, στην Βουλγαρία λόγω των ανταγωνιστικότερων Μονάδων Παραγωγής της, παρατηρούνται μετά την ενοποίηση των αγορών, αυξημένες τιμές εκκαθάρισης, εξαιτίας της ανάγκης αύξησης της παραγωγής των Μονάδων της για κάλυψη μέρους της ζήτησης και άλλων χωρών του ενοποιημένου συστήματος και κυρίως της Ελλάδας και δευτερευόντως της Fygom, μέσω των εξαγωγών της σε αυτές. Εφόσον, λοιπόν, η Βουλγαρία διαθέτει Μονάδες με μικρότερο κόστος παραγωγής από την Ελλάδα και τη Fygom και καθώς μέσω του μηχανισμού του Market Coupling η διασυνδεδετική ικανότητα των μεταξύ τους γραμμών δεν δημοπρατείται ξεχωριστά, προκύπτει πως η Βουλγαρία μπορεί μέσω της αύξησης της παραγωγής της να καλύψει ένα μέρος της ζήτησης της Ελλάδας και της Fygom. Κάτι ανάλογο συμβαίνει με την Ελλάδα και την Ιταλία, όπου οι ανταγωνιστικότερες Μονάδες Παραγωγής της Ελλάδας, της επιτρέπουν να καλύψει μέρος της ζήτησης της Ιταλίας, μέσω των εξαγωγών της προς αυτή, δυνατότητα που παρέχεται επίσης μέσω της Έμμεσης Δημοπράτησης της μεταφορικής ικανότητας της μεταξύ τους γραμμής. Αυτή η δυνατότητα δεν θα υπήρχε στην περίπτωση της Άμεσης Δημοπράτησης των Φυσικών Δικαιωμάτων Μεταφοράς και συνεπώς της σύναψης συμβολαίων αγοραπωλησίας δικαιωμάτων μεταφορικής ικανότητας, σε ξεχωριστό στάδιο με την εκκαθάριση της αγοράς.

Κατά αυτό τον τρόπο, παρατηρείται πως εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση η χρησιμοποίηση των φθηνότερων και ανταγωνιστικότερων Μονάδων Παραγωγής για την κάλυψη της ζήτησης των χωρών του συστήματος, μέσω της κοινής επίλυσής τους και του Market Coupling και κατά συνέπεια πραγματοποιείται η εγκαθίδρυση ανταγωνιστικότερων τιμών εκκαθάρισης και τιμών που προκύπτουν μέσα από την αγορά, όπως προαναφέρθηκε.

Πέρα από τις ανωτέρω παρατηρήσεις, παρακάτω παρατίθενται και κάποια επιπλέον πλεονεκτήματα του Market Coupling και της ενοποίησης των αγορών:

α) Η ενίσχυση του ανταγωνισμού στις διασυνοριακές συναλλαγές, καθώς παρατηρείται καθολικότερη πρόσβαση στη μεταφορική ικανότητα των γραμμών μεταφοράς, η οποία προσφέρεται από τη διαδικασία της Σύζευξης των Αγορών (Market Coupling) και πλέον δεν απαιτείται η ξεχωριστή δημοπράτηση των δικαιωμάτων μεταφορικής ικανότητας από τους συμμετέχοντες.

β) Η δυνατότητα σύγκλισης των τιμών σε γειτονικές χώρες, όταν δεν ενεργοποιούνται οι περιορισμοί στην μεταφορά ενέργειας διαμέσου των διασυνδεδετικών γραμμών. Αυτή η σύγκλιση, η οποία παρατηρείται κάποιες ώρες στις χώρες της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Fygom και στις χώρες της Ελλάδας και της Ιταλίας, μετά την επίλυση του μοντέλου, θα μπορούσε να οδηγήσει στην υιοθέτηση κοινής συμπεριφοράς σε πολλά θέματα, όπως για παράδειγμα ο στόχος της μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> και στην εγκαθίδρυση κοινών μέτρων προς αυτή την κατεύθυνση.

γ) Ιδιαίτερο στοιχείο αποτελεί, η δυνατότητα εξασφάλισης του ενεργειακού εφοδιασμού του συστήματος μεταφοράς των 4 χωρών που μελετήθηκαν, μέσω των μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας που διακινούνται στην αγορά και από πολλές πλευρές και οι οποίες προκύπτουν από την εκκαθάριση της αγοράς. Στα πλαίσια αυτά, αποφεύγεται και η πιθανότητα εξάρτησης

από κάποια συγκεκριμένη χώρα, όσον αφορά τον ενεργειακό εφοδιασμό του Ευρωπαϊκού δικτύου μεταφοράς.

δ) Το Έσοδο Συμμόρφησης των γραμμών μεταφοράς εξασφαλίζεται, μέσω της Σύζευξης των Αγορών (Market Coupling), πως αντικατοπτρίζεται στην διαφορά των τιμών μεταξύ των γειτονικών περιοχών και μάλιστα μόνο όταν υπάρχει πραγματικός περιορισμός στη ροή ενέργειας διαμέσου των διασυνδεδετικών γραμμών.

### 8.16 Δυνατότητες Επέκτασης

Η διαδικασία της ενοποίησης των αγορών ενέργειας της Ευρώπης, βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη και αποτελεί ένα μεγάλο στόχο, καθώς προϋποθέτει την σύζευξη πολλών διαφορετικών αγορών, που αναπτύσσονται με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά. Στα πλαίσια αυτά, ορίζονται παρακάτω ορισμένες δυνατότητες επέκτασης της παρούσας διπλωματικής εργασίας:

1) Ενσωμάτωση στο μοντέλο ενοποίησης των αγορών, όσο το δυνατόν περισσότερων χωρών της Ευρώπης, με στόχο την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του σε μεγαλύτερη κλίμακα ενοποίησης προ-ημερήσιων αγορών και κατ' επέκταση ενσωματώνοντας μεγαλύτερο πλήθος διασυνδέσεων. Κατά αυτό τον τρόπο, θα μπορούσαν να μελετηθούν οι προκύπτουσες ροές στις διασυνδέσεις των χωρών, ως αποτέλεσμα του διαφορετικού ενεργειακού μίγματος των χωρών της Ευρώπης.

2) Ενσωμάτωση στο μοντέλο και μελέτη επίλυσης, με τη χρήση επιπλέον ειδών προσφορών, που εμφανίζονται στην Ευρώπη. Δύο τέτοια είδη αποτελούν, οι προσφορές Συνθήκης Ελαχίστου Εισοδήματος (MICs) και οι Τμηματικά Γραμμικές Ωριαίες Προσφορές (Linear Piecewise Orders). Η ενσωμάτωση αυτών των δύο ειδών προσφορών, θα απαιτούσε μία διαφορετική προσέγγιση και για αυτό το λόγο δεν ενσωματώθηκαν στο παρόν μοντέλο. Οι MICs απαιτούν στην συνθήκη εκκαθάρισής τους, την ταυτόχρονη ύπαρξη μεταβλητών του αρχικού προβλήματος (primal problem) και του δυικού προβλήματος (dual problem), δηλαδή ταυτόχρονη ύπαρξη των μεταβλητών εκκαθάρισης των προσφορών και των τιμών εκκαθάρισης της αγοράς. Το γεγονός αυτό, οδηγεί στην ανάγκη ανάπτυξης ενός διαφορετικού είδους προβλήματος, όπως το Mixed Complementarity Problem (MCP), που επιτρέπει την ταυτόχρονη ύπαρξη αρχικών και δυικών μεταβλητών στις εξισώσεις του. Αντίστοιχα, η ενσωμάτωση των Γραμμικών Τμηματικά Ωριαίων Προσφορών, θα εισήγαγε έναν τετραγωνικό όρο στην αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος και θα απαιτούσε την μετατροπή του, από Πρόβλημα Μεικτού Ακεραίου Προγραμματισμού (MILP), σε Πρόβλημα Μεικτού Ακεραίου Τετραγωνικού Προγραμματισμού (MIQP).

3) Στην παρούσα διπλωματική εργασία θεωρήθηκε πως, οι Μονάδες ΑΠΕ εισάγουν ποσότητες ενέργειας στο σύστημα ως υποχρεωτική έγχυση και συνεπώς, οι ποσότητες αυτές δόθηκαν εξωγενώς στο μοντέλο. Παράλληλα, σύμφωνα και με επιλογή του μοντέλου (switch), δόθηκε η δυνατότητα να συμμετέχουν οι Μονάδες ΑΠΕ στο σύστημα με προσφορές ενέργειας (bidding), ωστόσο θεωρήθηκε πως υποβάλλουν ενέργεια σε μηδενική τιμή και άρα σε μηδενικό κόστος και συνεπώς, υποβάλλουν προσφορές προτεραιότητας. Μια επέκταση θα μπορούσε να ήταν, η κανονική συμμετοχή τους στη διαδικασία εκκαθάρισης με ανταγωνιστική τιμολόγηση και παράλληλα, η ακραία διείσδυσή τους στο ενεργειακό σύστημα της κάθε χώρας, με στόχο την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του συστήματος σε

μία τέτοια ακραία διεύθυνση, όσον αφορά την διαμόρφωση των τιμών εκκαθάρισης και την δυνατότητα ευελιξίας του συστήματος παραγωγής, σε μία τέτοια περίπτωση.

4) Για τις ανάγκες επίλυσης του μοντέλου, θεωρήθηκε η ύπαρξη ελαστικής ζήτησης, σε ένα ποσοστό 20% της ανελαστικής ζήτησης για την κάθε χώρα. Μία πιθανή επέκταση θα μπορούσε να ήταν, η ενσωμάτωση πλήρους ελαστικής ζήτησης και η μη χρησιμοποίηση ανελαστικής ζήτησης, ούτως ώστε να διερευνηθεί η συμπεριφορά και η διαμόρφωση των τιμών εκκαθάρισης και με αυτή τη θεώρηση. Με αυτό τον τρόπο, θα οδηγούμασταν πιθανότατα σε αύξηση του συνολικού κοινωνικού πλεονάσματος, εξαιτίας της μεγάλης αύξησης της χρησιμότητας του φορτίου (load utility), λόγω της ελαστικής ζήτησης και κατ' επέκταση της ελαχιστοποίησης της διαφοράς του συνολικού κόστους παραγωγής και της χρησιμότητας του φορτίου, δηλαδή της ελαχιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου.

### Βιβλιογραφία

1. **Π. Κάπρος και Κ. Ντελκής**, *Οικονομική Ανάλυση Επιχειρήσεων*. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ, 2007
2. **Π. Κάπρος**, *Μοντέλα Μαθηματικού Προγραμματισμού*. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ, 2008
3. **B. A. McCarl**, *McCarl Expanded GAMS User Guide Version 24.1*. GAMS Development Corporation, 2014
4. **GAMS Development Corporation**, *GAMS - The Solver manuals*. September 2014
5. **Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας(ΡΑΕ)**, *Αρχές Αναδιάρθρωσης της εγχώριας χονδρεμπορικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Οδικός Χάρτης και Σχέδιο Δράσης της ΡΑΕ στο πλαίσιο ολοκλήρωσης της ενοποιημένης ευρωπαϊκής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας*. Αθήνα, Δεκέμβριος 2011
6. **ENERGINET/DK, SVENSKA KRAFTNAT, FINGRID, Statnett**, *Nordic Flow-Based Market Coupling – Methodology and concepts for the Nordic Flow-Based Market Coupling Approach*. Διαθέσιμο στο: <http://www.fingrid.fi/fi/asiakkaat/asiakasliitteet/S%C3%A4hk%C3%B6markkinat%20ja%20edunvalvonta/Methodology%20and%20concepts%20for%20the%20Nordic%20Flow-Based%20Market%20Coupling%20Approach.pdf>
7. **Erik B. Rudlang and Carl Fredrik Tjeransen**, *Increasing the Efficiency of the European Day-Ahead Power Market using Exclusive Block Groups and Flexible Volume Blocks*. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 6<sup>th</sup> June 2014
8. **Δρ. Νικόλαος Λιώνης**, *Ρύθμιση και Ανταγωνισμός στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας - ΜΑΘΗΜΑ : ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΟΥ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΟΠΤΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2014
9. **ΡΑΕ – ΑΔΜΗΕ – ΛΑΓΗΕ**, *Βασικές Αρχές Σχεδιασμού και Χρονοδιάγραμμα Ενέργειών (Roadmap) για την Προσαρμογή της Εγχώριας Αγοράς Ηλεκτρισμού στις Απαιτήσεις του Target Model*. Αθήνα, 28 Μαΐου 2014
10. **G. A. Dourbois, P. N. Biskas**, *European Market Coupling Algorithm incorporating clearing conditions of block and complex orders*, submitted to IEEE Eindhoven PowerTech 2015, June 29-July 2, 2015.
11. **Μαρία Π. Κανναβού**, *Μοντέλο Προσομοίωσης του Προβλήματος Κατανομής των Μονάδων Παραγωγής του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας και*

- εφαρμογές σε μεγάλη διείσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σεπτέμβριος 2014
12. **Γρηγόριος Δουρμπόης**, *Ενοποίηση των Αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας μιας Κοινοπραξίας Ισχύος και ενός Χρηματιστηρίου Ενέργειας*. Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – Πολυτεχνική Σχολή, Μάρτιος 2012
  13. **Belpex, APX, Powernext, Trilateral Market Coupling – Algorithm**. March 2006
  14. **EPEX Spot, APX, Belpex, Nord Pool Spot, OMIE, GME, and OTE, EUPHEMIA public description**. Oct. 2013. [Online]. Available at: <http://www.apxgroup.com/wp-content/uploads/Euphemia-publicdescription-Nov-20131.pdf>
  15. **Εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΠΘ**, *Ολοκλήρωση Ευρωπαϊκών Αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας με Διαφορετική Οργάνωση και Ρυθμιστικούς Κανόνες*. Έκδοση 1.0, Θεσσαλονίκη, Μάιος 2014
  16. **Σπυρίδων Νιάκας**, *Προοπτικές Εναρμόνισης της Ελληνικής Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας με τις Προδιαγραφές του Μοντέλου Στόχου*. Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ιούνιος 2015
  17. **Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)**, *Ανάλυση των συνθηκών λειτουργίας της εγχώριας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και παρουσίαση των βασικών στόχων του προτεινόμενου ρυθμιστικού πλαισίου*. 5 Ιουλίου 2014. Διαθέσιμο στο: <http://www.rae.gr/site/file/system/docs/misc1/20102011/07052014/file2>
  18. **EPEX spot, Rte, TENNET, TRANSNET BW, elia, creos, amprion, APX and Belpex**, *Documentation of the CWE FB MC solution as basis for the formal approval-request (Brussels, 1st August 2014) - Annex 16.18 Flow-Based “intuitive” explained*. Version 1.0, 28<sup>th</sup> July 2014
  19. **EPEX spot**, *EPEX SPOT: Introduction of Smart block bids – Linked block orders and Exclusive block orders*. January 2014
  20. **EPEX Spot, APX, Belpex, Nord Pool Spot, OMIE, GME, and OTE, EUPHEMIA: Description and functioning**. 22 April 2013
  21. <http://www.cre.fr/en/international/european-union/regional-initiatives>
  22. <http://www.naftemporiki.gr/finance/story/1007852/neo-stoixima-i-epanekkinisi-ton-ananeosimon-pigon-energeias#null>
  23. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)