

Η μεταβλητότητα των Ελληνικών ιπτάμενων τεφρών. Εκτιμήσεις για την εξέλιξή τους στο μέλλον

Αργυρώ Καστανάκη¹, Δημήτριος Σωτηρόπουλος², Ελένη Παπαδοπούλου³

¹ ΔΕΗ ΑΕ, Διεύθυνση Εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Σολωμού 41, 106 82 Αθήνα, email: a.kastanaki@dei.com.gr.

² ΔΕΗ ΑΕ, Διεύθυνση Εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Σολωμού 41, 106 82 Αθήνα, email: d.sotiropoulos@dei.com.gr.

³ ΔΕΗ ΑΕ, Διεύθυνση Εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Σολωμού 41, 106 82 Αθήνα

Περίληψη

Αν και ο αρχικός σχεδιασμός των λιγνιτικών Ατμοηλεκτρικών Σταθμών (ΑΗΣ) έγινε με βάση την αποκλειστική τροφοδοσία τους από το γειτονικό τους Ορυχείο, εντούτοις ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί λόγοι επέβαλαν τα τελευταία χρόνια την ανάμιξη λιγνίτη από διαφορετικά Ορυχεία, για τη δημιουργία μιγμάτων καυσίμου σε κάθε ΑΗΣ, ώστε να επιτυγχάνονται ανά Σταθμό συγκεκριμένοι ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί στόχοι.

Η στρατηγική αυτή συνδέεται άμεσα με τη μεταβλητότητα της ποιότητας της παραγόμενης τέφρας, χωρίς ωστόσο η μεταβλητότητα αυτή να επηρεάζει τελικά το ποσοστό της ταξινόμησης των τεφρών αυτών στις δύο κατηγορίες (EIT1 & EIT2) που προσδιορίζουν οι Ελληνικές Προδιαγραφές για τις ασβεστούχες τέφρες.

Από τις μελέτες των Ορυχείων για την εξέλιξη των κοιτασμάτων λιγνίτη μέχρι το 2054 εκτιμάται ότι και στην επόμενη τεσσαρακονταετία το ποσοστό της ταξινόμησης των τεφρών αυτών στις δύο κατηγορίες θα διατηρηθεί (στο μεγαλύτερο μέρος) στα ίδια επίπεδα με τα σημερινά.

Λέξεις κλειδιά: ιπτάμενη τέφρα, μεταβλητότητα ποιότητας τέφρας, ταξινόμηση τέφρας.

1 Εισαγωγή

Ο λιγνίτης αποτελεί το ενεργειακό «καύσιμο» της Ελλάδας, αφού η λιγνιτική ισχύς είναι σχεδόν η μισή της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του διασυνδεδεμένου δικτύου της χώρας.

Το Λεκανοπέδιο της Δυτικής Μακεδονίας και της Μεγαλόπολης δικαίως θεωρούνται ως οι ενεργειακές «καρδιές» της Ελλάδας, αφού στις δύο αυτές περιοχές είναι εγκατεστημένοι επτά (7) λιγνιτικοί ατμοηλεκτρικοί σταθμοί (ΑΗΣ), οι οποίοι καλύπτουν το 47% της συνολικής εγκατεστημένης διασυνδεδεμένης ισχύος της χώρας.

Όλοι οι λιγνιτικοί ΑΗΣ κατασκευάστηκαν σε πολύ κοντινές αποστάσεις από συγκεκριμένα ορυχεία λιγνίτη, από τα οποία, σύμφωνα με τον αρχικό τους σχεδιασμό, θα τροφοδοτούνταν με τοπικό καύσιμο (τοπικό λιγνίτη). Κατά τη φάση της μελέτης των Μονάδων αυτών των σταθμών, χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς και το σχεδιασμό της κάθε Μονάδας η εκτιμώμενη μέση ποιότητα του κοιτάσματος του αντίστοιχου ορυχείου, που για την περίοδο εκείνη ήταν διαθέσιμη. Η εκτιμώμενη αυτή ποιότητα είναι γνωστή με τον όρο «βασικό καύσιμο» ή «καύσιμο σχεδιασμού». Η ποιότητα αυτή

είναι συγκεκριμένη για κάθε λιγνιτικό σταθμό, ενώ μπορεί να διαφέρει σημαντικά από σταθμό σε σταθμό (Πίνακας 1).

Ιδιαίτερα στο Λεκανοπέδιο Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου της Δυτικής Μακεδονίας (Σχέδιο 1), τα λιγνιτικά κοιτάσματα των ορυχείων είναι τύπου «ζέβρας» (zebra type) και προέρχονται από έντονους γεωλογικούς τεκτονισμούς, με αποτέλεσμα τα λιγνιτικά στρώματα να παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις τόσο σε γεωμετρικά όσο και σε ποιοτικά/μορφολογικά χαρακτηριστικά. Συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι η εξορυσσόμενη ποιότητα να εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις σε όλους του χρονικούς ορίζοντες (ημερών, μηνών και ετών), όπως ενδεικτικά αποτυπώνεται στα Διαγράμματα 1 και 2 που αφορούν τον ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ. Επιπλέον, επειδή τα υπάρχοντα ορυχεία εξορύσσουν λιγνίτες που δημιουργήθηκαν σε εντελώς διαφορετικές γεωλογικές περιόδους, το φαινόμενο της έντονης διακύμανσης της ποιότητας αποτελούσε και αποτελεί τον κανόνα για το χρησιμοποιούμενο λιγνίτη στους ΑΗΣ της περιοχής.

2 Οι επιπτώσεις της διακύμανσης του λιγνίτη

Με τον όρο «ποιότητα λιγνίτη» περιγράφεται ένα σύνολο φυσικοχημικών χαρακτηριστικών, τα οποία μπορούν να ενταχθούν σε τρεις βασικές ομάδες: υγρασία, θερμικό περιεχόμενο και ανόργανο περιεχόμενο και επομένως ο όρος διακύμανση ποιότητας αναφέρεται στη διακύμανση και των τριών αυτών ομάδων. Κατά κανόνα οι διακυμάνσεις των ομάδων αυτών ακολουθούν συγκεκριμένες ποιοτικές σχέσεις μεταξύ τους. Αύξηση δηλαδή του θερμικού περιεχομένου του λιγνίτη σημαίνει αντίστοιχα αύξηση της υγρασίας και παράλληλη μείωση του ανόργανου περιεχομένου. Αν μάλιστα εμβαθύνει κανείς στο ανόργανο περιεχόμενο θα διαπιστώσει ότι και εκεί υπάρχουν παράλληλες ποιοτικές σχέσεις, όπου π.χ. το ασβέστιο «ανταγωνίζεται» το πυρίτιο.

2.1 Οι επιπτώσεις της διακύμανσης του λιγνίτη στη λειτουργία των Μονάδων

Κάθε μία από τις ομάδες αυτές έχει επίδραση τόσο στη παραγωγική διαδικασία των Μονάδων όσο και στην περιβαλλοντική τους συμπεριφορά:

Η κύρια παράμετρος που επηρεάζει την παραγωγική διαδικασία μιας Μονάδας και το βαθμό απόδοσής της είναι το θερμικό περιεχόμενο του καυσίμου (Κατώτερη Θερμαντική Ικανότητα ή ΚΘΙ), ενώ δευτερεύοντα ρόλο παίζει το ανόργανο μέρος του.

Αντίθετα η κύρια παράμετρος για την περιβαλλοντική συμπεριφορά μιας Μονάδας είναι το ανόργανο περιεχόμενο του καυσίμου (κυρίως τέφρα) και δευτερευόντως το θερμικό περιεχόμενό του. Ιδιαίτερα για την απόδοση των Ηλεκτροστατικών Φίλτρων (Η/Φ) μιας Μονάδας και επομένως για την εκπομπή κονιορτού από την καμινάδα της, καθοριστικό ρόλο παίζει η ποσότητα του ελεύθερου ασβεστίου της τέφρας και το θείο του λιγνίτη.

Επομένως, η διακύμανση της ποιότητας του χρησιμοποιούμενου λιγνίτη και αντίστοιχα της παραγόμενης τέφρας στις Μονάδες της Δυτικής Μακεδονίας έχει επίπτωση στο φορτίο, στο βαθμό απόδοσης καθώς και στις εκπομπές κονιορτού και οξειδίων θείου των Μονάδων.

Ως προς τη σύστασή της η τέφρα των ΑΗΣ της Δυτικής Μακεδονίας ταξινομείται σε δύο ομάδες:

- Ασβεστούχα τέφρα (ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ – ΚΑΡΔΙΑΣ - ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ) με ποσοστό ολικού Ασβεστίου (CaO) 25-50% και Πυριτικών (SiO₂) 20-35%
- Πυριτική τέφρα (ΑΗΣ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ - ΜΕΛΙΤΗΣ) με ποσοστό ολικού Ασβεστίου (CaO) 5-25% και Πυριτικών (SiO₂) 35-50%

2.2 Ανάπτυξη στρατηγικής διαχείρισης του λιγνίτη

Δεδομένου ότι οι εγκατεστημένες Μονάδες στον άξονα Κοζάνης – Φλώρινας έχουν συγκεκριμένες ενεργειακές και περιβαλλοντικές προδιαγραφές αλλά παράλληλα και συγκεκριμένες ενεργειακές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις, θα έπρεπε να χρησιμοποιούν κατά το δυνατόν λιγνίτη αντίστοιχο του «λιγνίτη σχεδιασμού», κάτι όμως που λόγω της μεγάλης διακύμανσης της ποιότητάς του δεν είναι εφικτό.

Για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της διακύμανσης της ποιότητας του καυσίμου της η ΔΕΗ ΑΕ από το 2008 ανέπτυξε μία νέα στρατηγική διαχείρισης του λιγνίτη (με σειρά μεθόδων και δράσεων) που είχε ως στόχο την εξομάλυνση των διακυμάνσεων της ποιότητας του εξορυσσόμενου λιγνίτη για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης των Μονάδων της. Ενδεικτική μορφή της αυτής της στρατηγικής παρουσιάζεται στο Σχέδιο 2.

Ο νέος τρόπος διαχείρισης του λιγνίτη προβλέπει τον εμπλουτισμό των ασβεστούχων λιγνιτικών κοιτασμάτων (χαμηλού θερμικού περιεχομένου) με λιγνίτη χαμηλού ασβεστίου (αυξημένου θερμικού περιεχομένου) είτε στις αυλές των ΑΗΣ είτε στις αυλές των Ορυχείων αλλά και το αντίστροφο. Με τον τρόπο αυτό Μονάδες που προηγουμένως αδυνατούσαν συστηματικά να αναπτύξουν το ονομαστικό τους φορτίο να φορτίζονται πλέον πλήρως και Μονάδες που προηγουμένως εμφάνιζαν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα (κυρίως εκπομπής κονιορτού) να έχουν πλέον σημαντικότερη περιβαλλοντική συμμόρφωση.

Τελικά στην αυλή λιγνίτη του κάθε ΑΗΣ αποθηκεύονται ποσότητες λιγνίτη προερχόμενες από διαφορετικές πηγές (ορυχεία) με διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά, με αποτέλεσμα να απαιτείται σημαντική προσπάθεια εκ μέρους των Σταθμών για τη διαχείριση και την ανάπτυξη εξειδικευμένης τεχνογνωσίας για τον τρόπο ανάμιξης και εκμετάλλευσής τους σε συνεχή βάση. Έτσι οι ΑΗΣ διαχειρίζονται τους ακόλουθους αριθμούς ποιοτήτων, που περιγράφονται αναλυτικότερα στον Πίνακα 2:

ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	3 διαφορετικές ποιότητες από 3 διαφορετικά ορυχεία
ΚΑΡΔΙΑΣ	10 διαφορετικές ποιότητες από 6 διαφορετικά ορυχεία
ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ	4 διαφορετικές ποιότητες από 4 διαφορετικά ορυχεία
ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ	2 διαφορετικές ποιότητες από 2 διαφορετικά ορυχεία
ΜΕΛΙΤΗΣ	6 διαφορετικές ποιότητες από 6 διαφορετικά ορυχεία (εγχώρια και εξωτερικού)

Ο βαθμός εμπλουτισμού και ανάμιξης λιγνιτών σχεδιάζεται μεν σε ετήσια και μηνιαία βάση αλλά παρακολουθείται σε καθημερινή βάση, ώστε να εφαρμόζονται διορθωτικές ενέργειες στις περιπτώσεις που δεν αποφέρει το αναμενόμενο αποτέλεσμα. Αν και αυτός ο τρόπος διαχείρισης συνεπάγεται αύξηση του κόστους διαχείρισης του λιγνίτη (κυρίως λόγω οδικών μεταφορών) εντούτοις τα συνολικά λειτουργικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη είναι πολλαπλάσια.

Τα αποτελέσματα της στρατηγικής ανάμιξης καυσίμων είναι σημαντικά και σε κάποιες περιπτώσεις (όπως στον ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ) είναι θεαματικά. Συγκεκριμένα τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν σε κάθε ΑΗΣ είναι:

ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	Επίτευξη φορτίου, μείωση εκπομπών οξειδίων θείου
ΚΑΡΔΙΑΣ	Επίτευξη φορτίου, σημαντική μείωση εκπομπών κονιορτού
ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ	Επίτευξη φορτίου, μείωση εκπομπών κονιορτού
ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ	Επίτευξη φορτίου, μικρή μείωση εκπομπών θείου
ΜΕΛΙΤΗΣ	Φόρτιση Μονάδας.

3 Μεταβλητότητα της παραγόμενης ιπτάμενης τέφρας

Σύμφωνα με την Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή (Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΧΩΔΕ/281/2007) οι Ελληνικές Ιπτάμενες Τέφρες κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

- Την κατηγορία EIT1, όπου συμπεριλαμβάνονται οι Ιπτάμενες Τέφρες που διατίθενται όπως συλλέγονται (ακατέργαστες τέφρες) ή με στοιχειώδη ομογενοποίηση επιλεκτικά συλλεγόμενου υλικού, για τις οποίες μπορεί να καθορισθούν όρια ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση και
- Την κατηγορία EIT2 (κατεργασμένες τέφρες), όπου συμπεριλαμβάνονται οι Ιπτάμενες Τέφρες που είναι δυνατό να υποκαταστήσουν ποσοστό τσιμέντου CEM I στο σκυρόδεμα φερουσών άοπλων κατασκευών. Για την παραγωγή κατεργασμένης τέφρας απαιτείται σύστημα ομογενοποίησης, άλεσης, υδρόλυσης και ποιοτικού ελέγχου ώστε να αποδίδεται ένα υλικό που να εμπίπτει στις διατάξεις της Προδιαγραφής αυτής.

Για κάθε μία κατηγορία έχουν τεθεί ανώτερα αποδεκτά όρια σε Λεπτότητα (R45), Θειικά (SO_3) και ελεύθερο Οξείδιο Ασβεστίου (CaO_{free}), στην περίπτωση που η τέφρα πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στην Τσιμεντοβιομηχανία.

Τα στοιχεία (υπό μορφή οξειδίων τους) από τα οποία αποτελούνται οι τέφρες που παράγονται από τους ΑΗΣ της Δυτικής Μακεδονίας μπορούν να ταξινομηθούν (με βάση την περιεκτικότητά τους) σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Κύρια στοιχεία (>8%): Ασβέστιο (CaO), Πυρίτιο (SiO_2) και Αργίλιο (Al_2O_3)
- Δευτερεύοντα στοιχεία (<8%): Σίδηρος (Fe_2O_3), Μαγνήσιο (MgO), Θείο (SO_3), Κάλιο (K_2O), Νάτριο (Na_2O), Τιτάνιο (TiO_2)
- Ιχνοστοιχεία (ppm): Pb, Ni, Cu, Cr, Zn, Cd, Hg, As, V, Mo

Από τα στοιχεία αυτά, εκείνα που έχουν ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της τέφρας και ελέγχονται για την κατάταξή της στις προδιαγραφόμενες κατηγορίες EIT1 και EIT2 είναι το Ασβέστιο (και μάλιστα στην ειδική μορφή του ελεύθερου Ασβεστίου, CaO_{free}) και το θείο (SO_3). Επιπλέον ένα ακόμη στοιχείο που συνδέεται με τη σκληρότητα της τέφρας και κατά συνέπεια με την απαιτούμενη ενέργεια άλεσής της είναι το Πυρίτιο (SiO_2).

Η εξέλιξη των παραμέτρων αυτών απεικονίζεται στα διαγράμματα

3.1 Λεπτότητα (R45) και κοκκομετρία τεφρών

Η παραγόμενη από τους ΑΗΣ τέφρα εμφανίζει μία κοκκομετρική κατανομή με δύο μέγιστα (κορυφές) στα 45 μm και στα 95 μm (Διάγραμμα 3). Τα μέγιστα αυτά συναρτώνται με τη διαδικασία άλεσης του λιγνίτη στους μύλους των Μονάδων (ισχυρά - ασθενή) αλλά και με τη σύσταση της ίδιας της τέφρας, και κυρίως με το πυριτικό περιεχόμενό της. Έτσι παρατηρείται ότι στις ασβεστούχες τέφρες (ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, ΚΑΡΔΙΑΣ και ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ) η κοκκομετρία των 45 μm έχει μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης από αυτή των 95 μm , ενώ συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο στις πυριτιούχες τέφρες (ΜΕΛΙΤΗΣ, ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ).

Οι ασβεστούχες τέφρες παρουσιάζουν Λεπτότητα R45 σε ποσοστό 60-65%, ενώ οι πυριτιούχες σε ποσοστό που δεν ξεπερνά το 40%.

Οι παραπάνω κατανομές δεν έχουν διαφοροποιηθεί από την εφαρμογή της νέας στρατηγικής και δεν αναμένεται να διαφοροποιηθούν και στο μέλλον, στο βαθμό βέβαια που δεν υπάρξουν σημαντικές μεταβολές στους αλεστικούς εξοπλισμούς (μύλους) των Μονάδων.

3.2 Ελεύθερο Οξείδιο Ασβεστίου (CaO_{free})

Με το νέο τρόπο διαχείρισης των ποιοτήτων λιγνίτη στους ΑΗΣ υπήρξε σημαντική διαφοροποίηση είτε της μεταβλητότητας είτε του μέσου όρου του ελεύθερου CaO της ιπτάμενης τέφρας, ανάλογα με το σκοπό της διαχείρισης σε κάθε Σταθμό, όπως εμφανίζεται στον επόμενο Πίνακα:

Μέσοι όροι & μεταβλητότητα CaO _{free}	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ		ΚΑΡΔΙΑ		ΜΕΛΙΤΗ	
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
2005-2007	8,5	2,3 ↓	21,7 ↓	4,2	<1,5	<0,5
2008-2011	9,1	1,6 ↓	15,2 ↓	4,0	<1,5	<0,5

Επειδή στον ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ τα περιβαλλοντικά προβλήματα εμφανιζόταν με την μεταβλητότητα του ελεύθερου CaO η προσπάθεια επικεντρώθηκε στη μείωση της τυπικής απόκλισης, ενώ αντίθετα στον ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ το πρόβλημα εντοπιζόταν στις αυξημένες τιμές του ελεύθερου CaO η προσπάθεια επικεντρώθηκε στη μείωση του Μέσου Όρου (διατηρώντας την μεταβλητότητα περίπου σταθερή), όπως φαίνονται και στις στατιστικές κατανομές του Διαγράμματος 4. Στον ΑΗΣ ΜΕΛΙΤΗΣ το ελεύθερο CaO, λόγω της φύσης του χρησιμοποιούμενου καυσίμου, ήταν πάντα σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

3.3 Θειικά (ως SO₃)

Παράλληλα, στους ΑΗΣ υπήρξε σημαντική διαφοροποίηση είτε της μεταβλητότητας είτε του μέσου όρου των θειικών (SO₃) της ιπτάμενης τέφρας, ανάλογα με το σκοπό της διαχείρισης σε κάθε Σταθμό, όπως εμφανίζεται στον επόμενο Πίνακα:

Μέσοι όροι & μεταβλητότητα SO ₃	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ		ΚΑΡΔΙΑ		ΜΕΛΙΤΗ	
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
2005-2007	4,5 ↓	0,9	5,3 ↓	0,4	1,5	0,7
2008-2011	3,8 ↓	1,1	4,2 ↓	0,5	2,1	1,6

Στον ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ κάποια περιβαλλοντικά προβλήματα εξαρτιόταν από τις υψηλές τιμές των θειικών (SO₃) και επομένως η προσπάθεια επικεντρώθηκε στη μείωση του Μέσου Όρου, ενώ στον ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ δεν υπήρχε αντίστοιχο πρόβλημα και η μείωση του Μέσου Όρου προήλθε ως αποτέλεσμα της μείωσης του ελεύθερου Ασβεστίου (CaO) της τέφρας. Αντίθετα στον ΑΗΣ ΜΕΛΙΤΗΣ υπήρξε αύξηση του Μέσου Όρου και της μεταβλητότητας επειδή στο Σταθμό αυτό η προσπάθεια επικεντρώθηκε αποκλειστικά στην ενίσχυση του θερμικού περιεχομένου του καυσίμου με ξένους λιγνίτες αυξημένης ΚΘΙ, οι οποίοι κατά κανόνα έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση θείου από τους λιγνίτες της Δυικής Μακεδονίας.

Οι στατιστικές κατανομές του SO₃ παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 5.

4 Εκτίμηση εξέλιξης ποιοτικών χαρακτηριστικών τέφρας στο μέλλον

Με δεδομένα τα διαθέσιμα αποθέματα λιγνίτη της περιοχής, τις μελέτες μελλοντικής εκμετάλλευσης των ορυχείων αλλά και το χρονικό ορίζοντα απόσυρσης ή ένταξης λιγνιτικών μονάδων, μπορεί να εκτιμηθεί η εξέλιξη της λιγνιτικής παραγωγής μέχρι το 2054 και κατά συνέπεια τα αναμενόμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά της τέφρας που θα παραχθεί στο διάστημα αυτό.

Από την ανάλυση αυτή προκύπτει η εκτίμηση των αναμενόμενων ποσοτήτων και ποιοτήτων τέφρας του επόμενου Πίνακα:

ΑΗΣ	Παραγωγή τέφρας (εκατ. tn)	CaO _{free}		SO ₃	
		Εύρος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Τυπική Απόκλιση
ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	59,1	6,1 - 14,1	2,6	2,3 - 4,6	0,8
ΚΑΡΔΙΑΣ	10,9	11,9 - 16,6	1,9	4,1 - 5,0	0,4
ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ 5	32,2	8,2 - 17,2	3,2	3,0 - 5,2	0,7

Η εκτιμώμενη εξέλιξη των παραπάνω μεγεθών αποτυπώνονται αναλυτικά στα Διαγράμματα 9, 10 και 11.

Τα ποσοστά των μελλοντικών τεφρών που θα εντάσσονται στα όρια που θέτουν οι Εθνικές Προδιαγραφές για την Τέφρα αποτυπώνονται στον επόμενο Πίνακα:

Παράμετρος (2012-2054)*	Κριτήριο	ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	ΑΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ 5
CaO _{free}	<9,0%	75,0%	13,2%
SO ₃	<7,0%	100,0%	100,0%
SO ₃	<5,0%	100,0%	50,0%

* Στον πίνακα δεν εμφανίζεται ο ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ δεδομένου ότι η εκτιμώμενη υπολειπόμενη διάρκεια του σταθμού είναι πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη των δύο άλλων ΑΗΣ

Από τον Πίνακα διαπιστώνεται ότι ενώ η τέφρα που θα παραχθεί στο μέλλον από τον ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ θα συνεχίσει να έχει χαρακτηριστικά κατάταξης ίδια με αυτά που είχε μέχρι σήμερα, η τέφρα της νέας Μονάδας Πτολεμαΐδα 5 (εφόσον κατασκευαστεί) αναμένεται να είναι πολύ περισσότερο ασβεστούχα και κατά ένα μεγάλο ποσοστό (~50%) εκτός των Εθνικών Προδιαγραφών.

Η εκτίμηση της στατιστικής κατανομής των συγκεντρώσεων που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 12 δείχνουν απουσία συγκεντρώσεων ελεύθερου Ασβεστίου <5% για τον ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ και απουσία συγκεντρώσεων θεικών <3% για τον ΑΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ 5.

5 Συμπεράσματα

Ο αρχικός σχεδιασμός των ΑΗΣ έγινε με βάση την αποκλειστική τροφοδοσία τους από το γειτονικό τους Ορυχείο. Ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί όμως λόγοι επέβαλαν τα τελευταία χρόνια την ανάμιξη λιγνίτη από διαφορετικά ορυχεία, για τη δημιουργία μιγμάτων λιγνίτη σε κάθε ΑΗΣ, ώστε να επιτυγχάνονται συγκεκριμένοι ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί στόχοι σε κάθε σταθμό.

Η στρατηγική αυτή συνδέεται άμεσα και με τη μεταβλητότητα της ποιότητας της παραγόμενης τέφρας, η μεταβλητότητα όμως αυτή δεν φαίνεται να επηρεάζει τελικά το ποσοστό της ταξινόμησης των τεφρών αυτών στις δύο κατηγορίες (EIT1 & EIT2) που προσδιορίζουν οι Ελληνικές Προδιαγραφές για τις ασβεστούχες τέφρες.

Από τις μελέτες των Ορυχείων για την εξέλιξη των κοιτασμάτων λιγνίτη μέχρι το 2054 εκτιμάται ότι και στην επόμενη τεσσαρακονταετία το ποσοστό της ταξινόμησης των τεφρών αυτών στις δύο κατηγορίες θα διατηρηθεί (στο μεγαλύτερο μέρος) στα ίδια επίπεδα με τα σημερινά.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- ΔΕΗ ΑΕ – Γενική Διεύθυνση Παραγωγής – ΔΕΘ, Εκθέσεις Απολογισμού ΑΗΣ ετών 2005-2011, ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ
- ΔΕΗ ΑΕ – Γενική Διεύθυνση Παραγωγής – ΔΕΘ, Εκθέσεις Απολογισμού ΑΗΣ ετών 2005-2011, ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ
- ΔΕΗ ΑΕ – Γενική Διεύθυνση Παραγωγής – ΔΕΘ, Εκθέσεις Απολογισμού ΑΗΣ ετών 2005-2011, ΑΗΣ ΜΕΛΙΤΗΣ
- ΔΕΗ ΑΕ – Γενική Διεύθυνση Παραγωγής – ΔΕΘ, Εκθέσεις ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών παραγόμενης τέφρας ΑΗΣ ετών 2005-2011
- ΔΕΗ ΑΕ – Γενική Διεύθυνση Ορυχείων – ΔΜΑΟρ, Μελέτη εξέλιξης εκμετάλλευσης λιγνιτικών κοιτασμάτων ΛΚΔΜ (20012-2054), 2011
- Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή «ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΙΠΤΑΜΕΝΕΣ ΤΕΦΡΕΣ», Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΧΩΔΕ/281/2007, ΦΕΚ 551Β – 18/4/2007, 2007

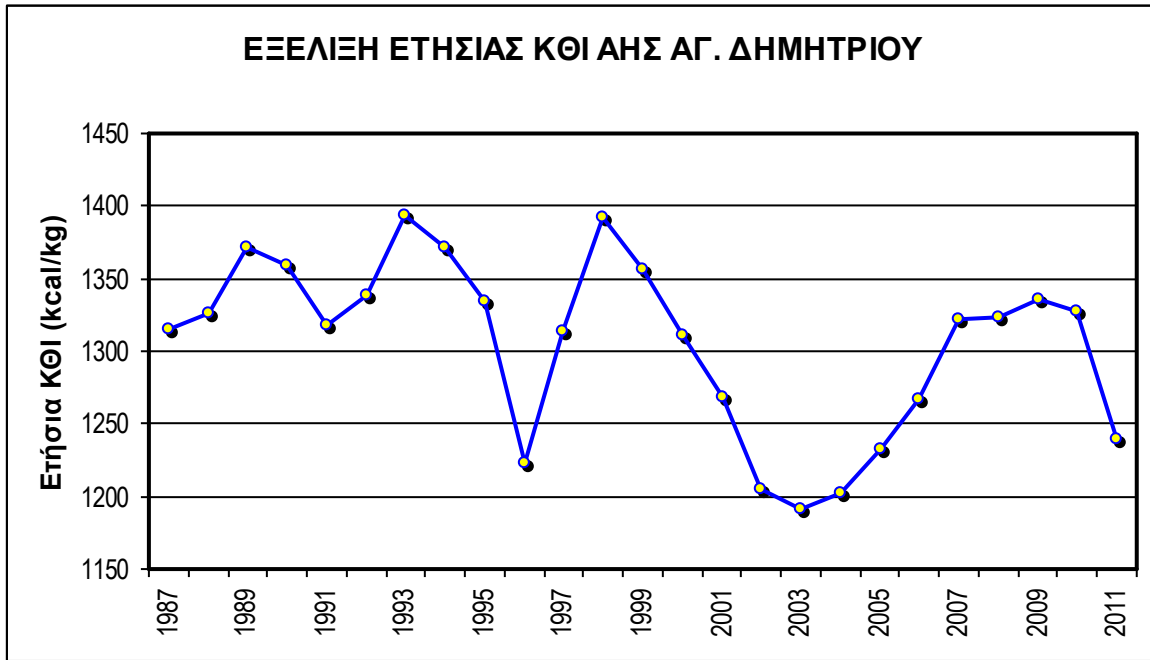
Πίνακας 1. Εγκατεστημένη Ισχύς λιγνιτικών ΑΗΣ και ΚΘΙ «σχεδιασμού» (σύγκριση με 2011)

Σταθμός	Εγκατεστημένη ισχύς (2011) (MW)	Έτος κατασκευής	Κατώτερη Θερμαντική Ικανότητα λιγνίτη σχεδιασμού (kcal/kg)	Κατώτερη Θερμαντική Ικανότητα λιγνίτη 2011 (kcal/kg)
ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	1595	1984/1997	1300	1239
ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ	1250	1975/1981	1320	
ΑΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ	600	1970/1991	1000	1150
ΑΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ	545	1959/1973	1340	
ΑΗΣ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ	600	1987/1987	1250	
ΑΗΣ ΜΕΛΙΤΗΣ	330	2003	1900	
ΑΗΣ ΛΙΠΤΟΛ	43	1959/1965	1340	

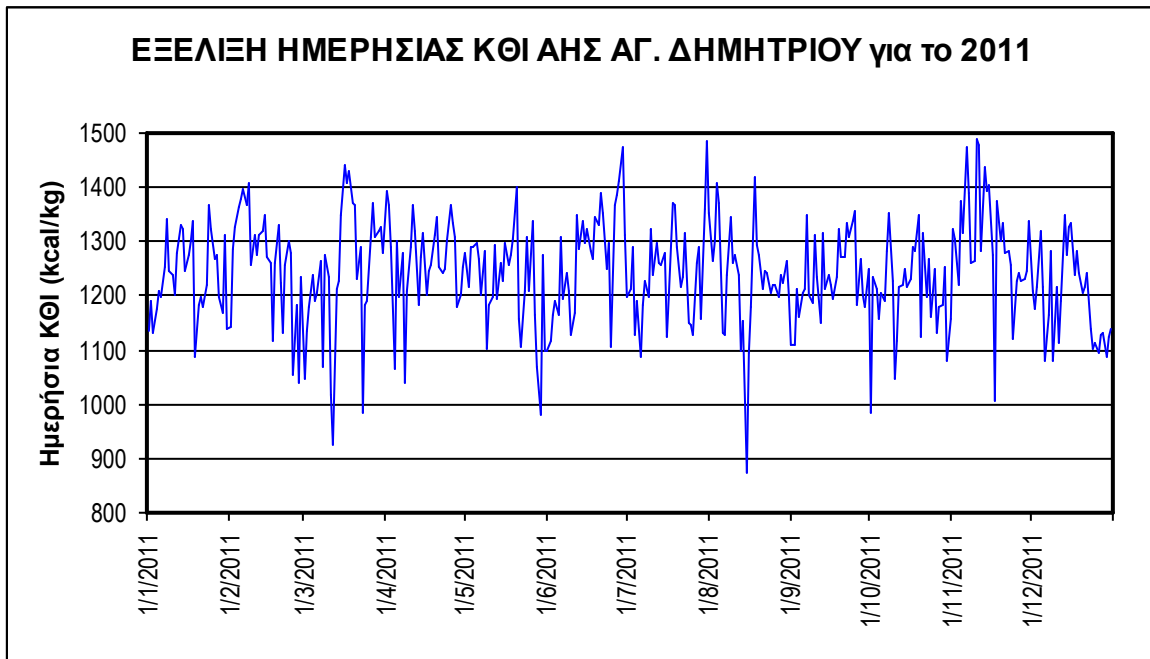
Πίνακας 2. Προέλευση καυσίμου στους ΑΗΣ της Δυτικής Μακεδονίας

ΟΡΥΧΕΙΑ	ΑΗΣ				
	ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ 3 Μονάδες	ΚΑΡΔΙΑΣ 4 Μονάδες	ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 5 Μονάδες	ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ 2 Μονάδες	ΜΕΛΙΤΗΣ 1 Μονάδα
ΜΑΥΡΟΠΗΓΗΣ	✓	✓	✓		
ΚΑΡΔΙΑΣ-ΔΥΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ	✓	✓ (2 ποιότ.)		✓	
ΚΟΜΑΝΟΥ - ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ			✓		
ΚΑΡΔΙΑΣ - ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ	✓	✓ (3 ποιότ.)			
ΚΟΜΑΝΟΥ		✓ (2 ποιότ.)			
ΚΑΡΔΙΑΣ - ΒΥΘΙΣΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ		✓			
ΝΟΤΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ		✓	✓		
ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ	✓			✓	✓
ΑΧΛΑΔΑΣ (ιδιωτικό)					✓
ΑΛΛΑ ΙΔΙΩΤΙΚΑ ΟΡΥΧΕΙΑ					✓ (4 ποιότ.)

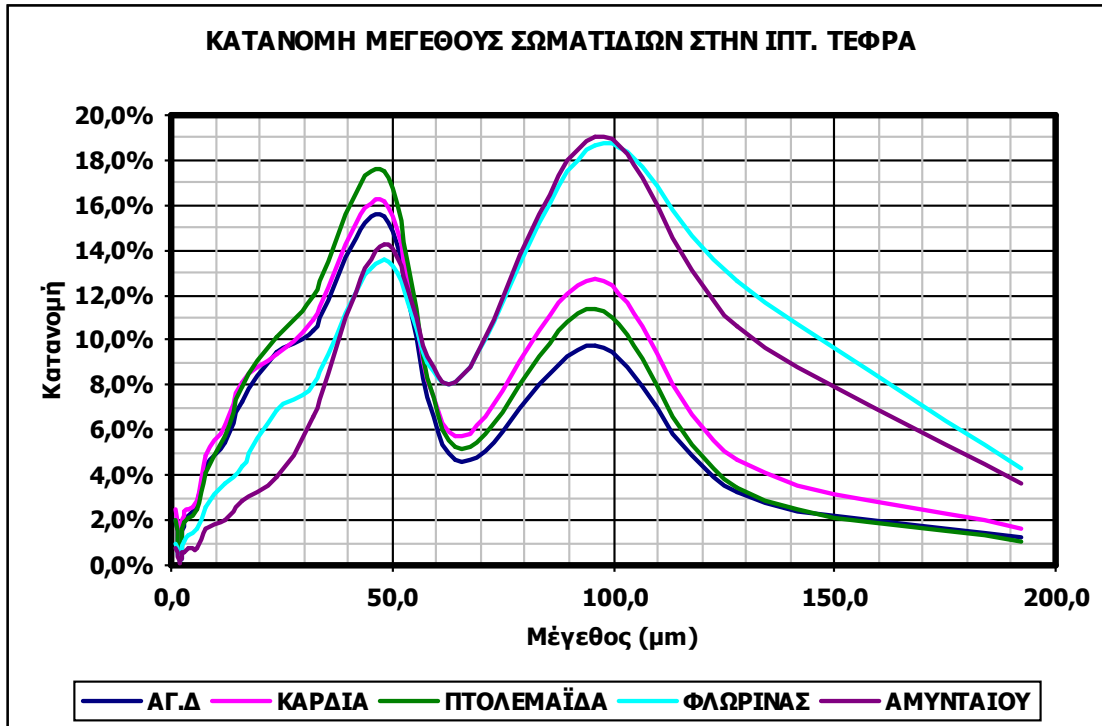
Διάγραμμα. 1 Ετήσια εξέλιξη ΚΘΙ ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου



Διάγραμμα. 2 Ετήσια εξέλιξη ΚΘΙ ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου

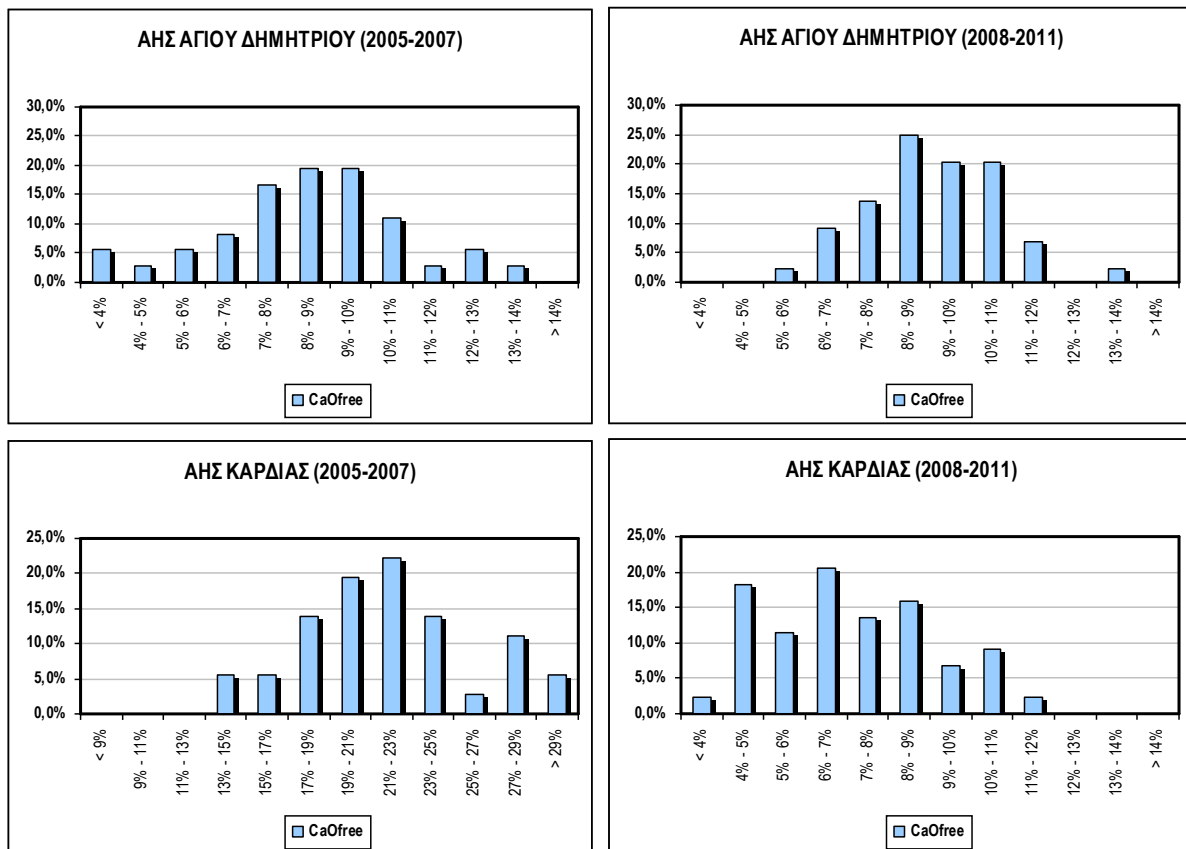


Διάγραμμα. 3 Κατανομές κοκκομετρίας τερών ΑΗΣ Δυτικής Μακεδονίας

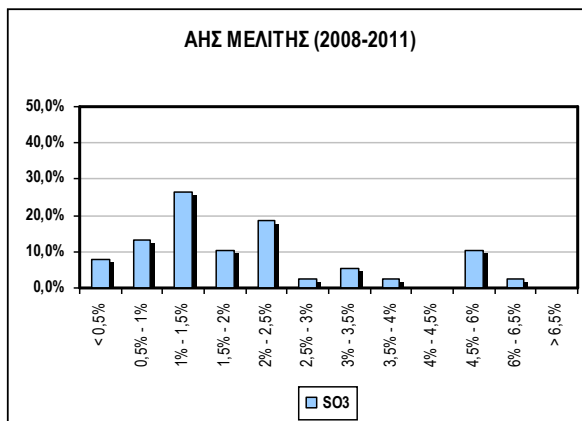
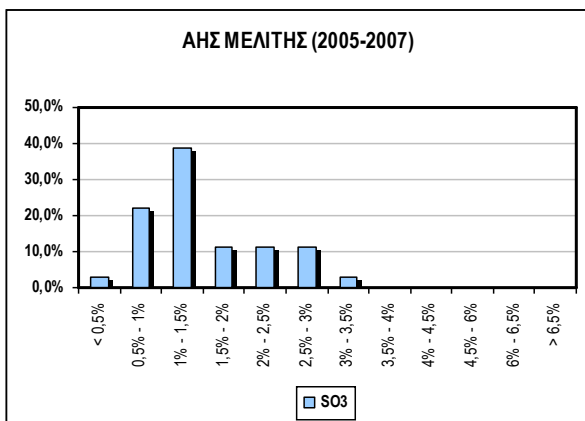
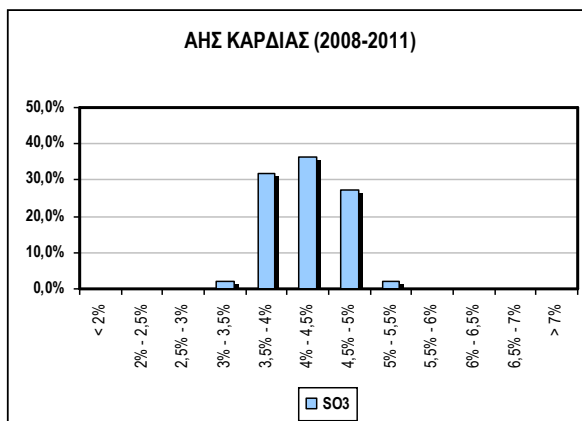
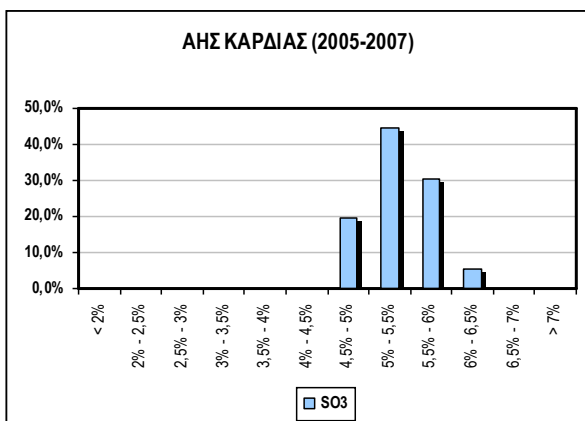
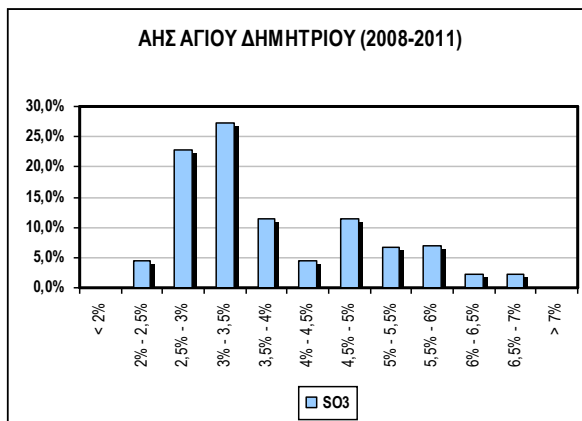
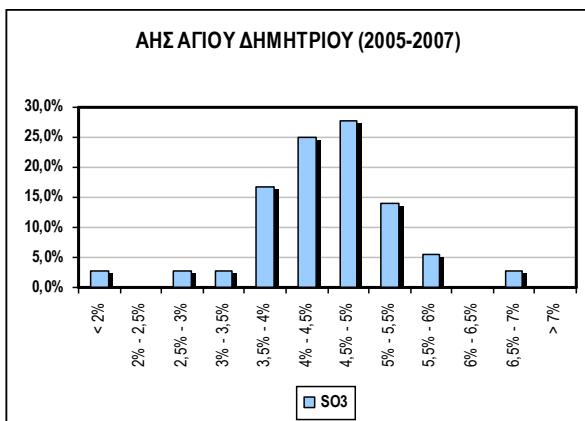


* Οι κατανομές προέρχονται από τέφρες που παρέλαβε η Τσιμεντοβιομηχανία ΤΙΤΑΝ

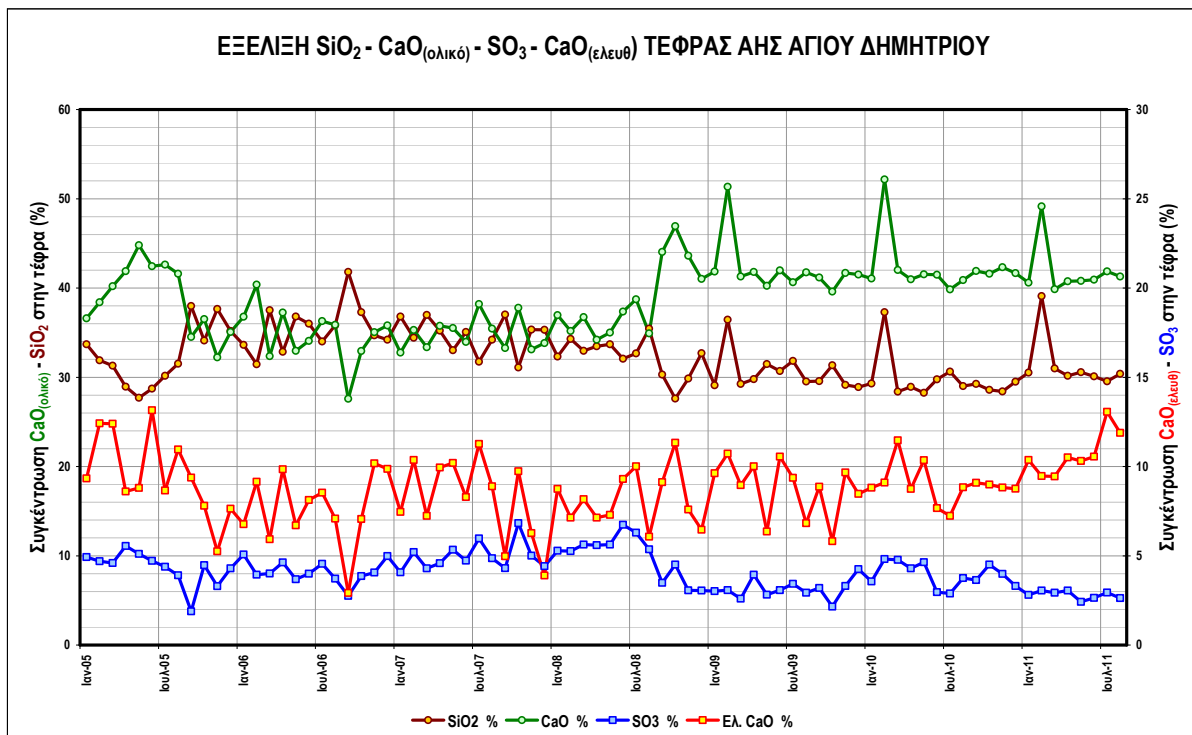
Διάγραμμα. 4 Κατανομές ελεύθερου CaO τερών ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ & ΚΑΡΔΙΑΣ



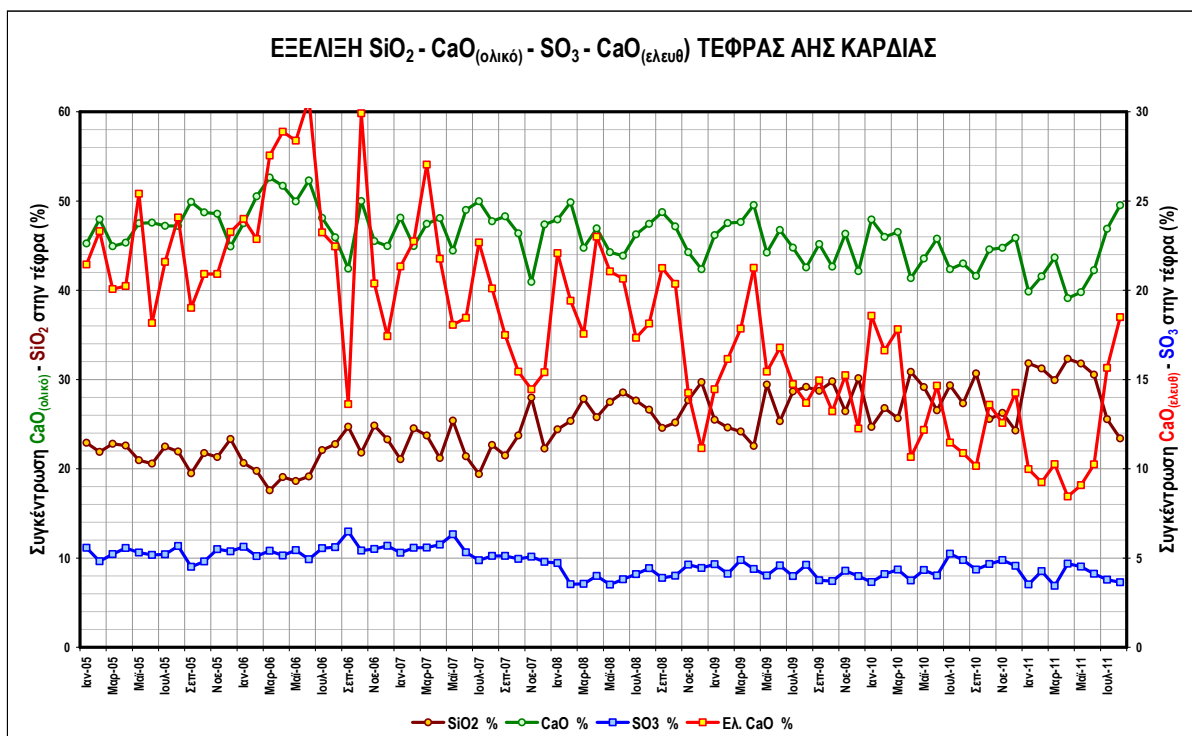
Διάγραμμα. 5 Κατανομές Θεικών (ως SO₃) τερφών ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, ΚΑΡΔΙΑΣ & ΜΕΛΙΤΗΣ



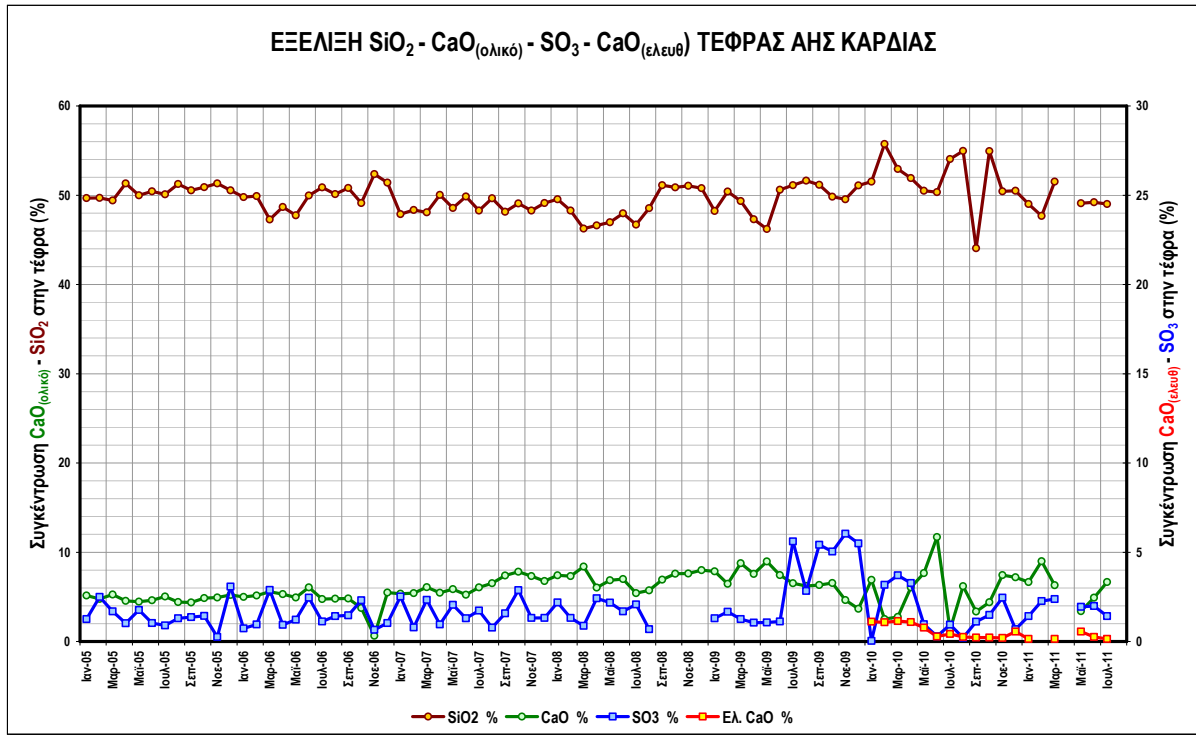
Διάγραμμα. 6 Εξέλιξη Πυριτικών, Ασβεστίου και Θεικών της τέφρας ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ (2005-2011)



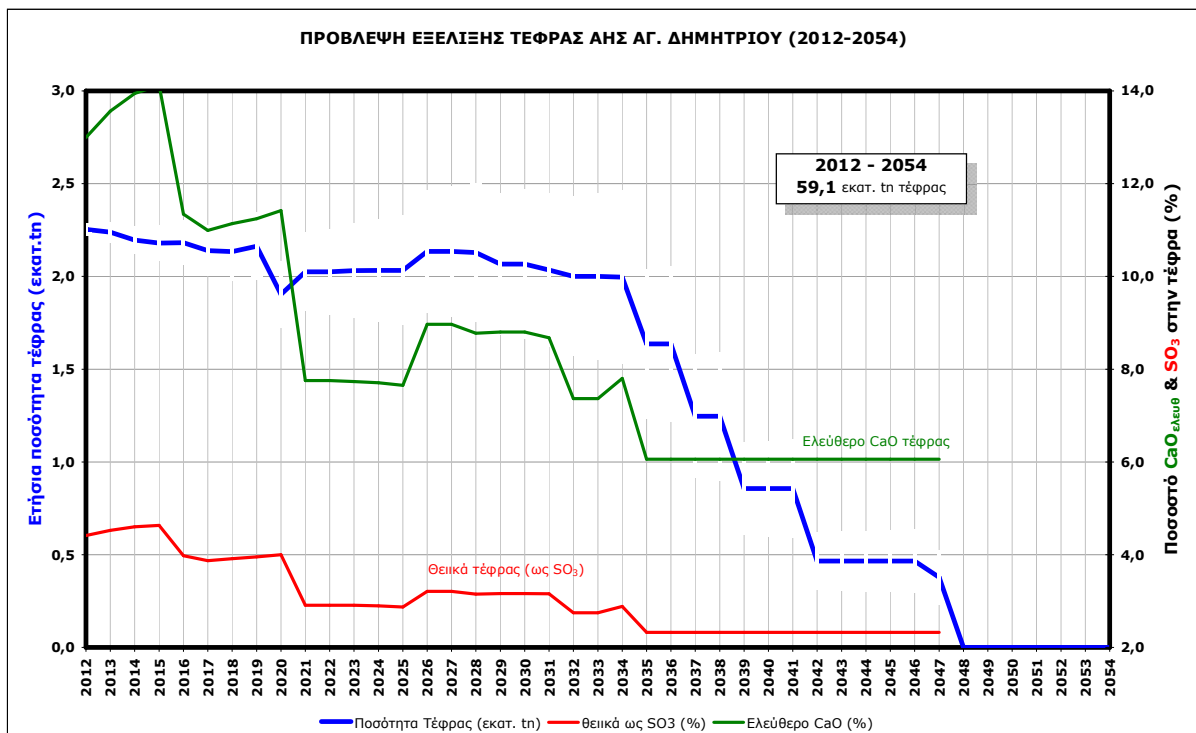
Διάγραμμα. 7 Εξέλιξη Πυριτικών, Ασβεστίου και Θεικών της τέφρας ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ (2005-2011)



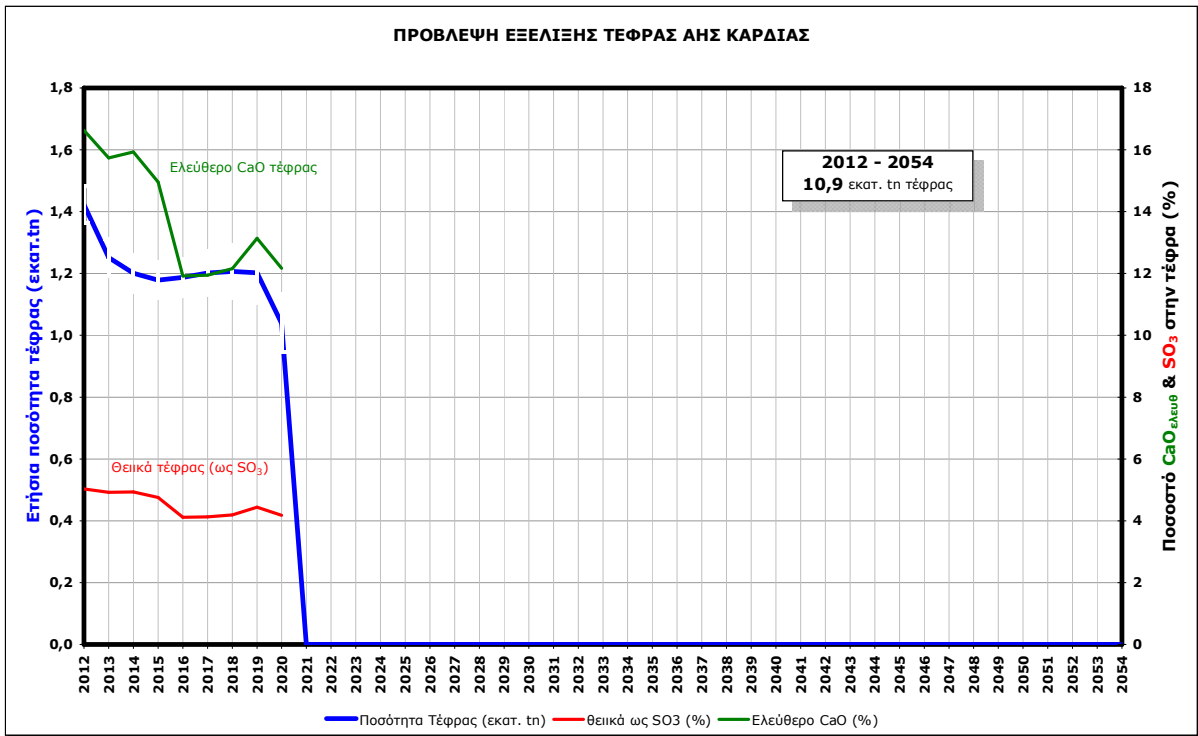
Διάγραμμα. 8 Εξέλιξη Πυριτικών, Ασβεστίου και Θεικών της τέφρας ΑΗΣ ΜΕΛΙΤΗΣ (2005-2011)



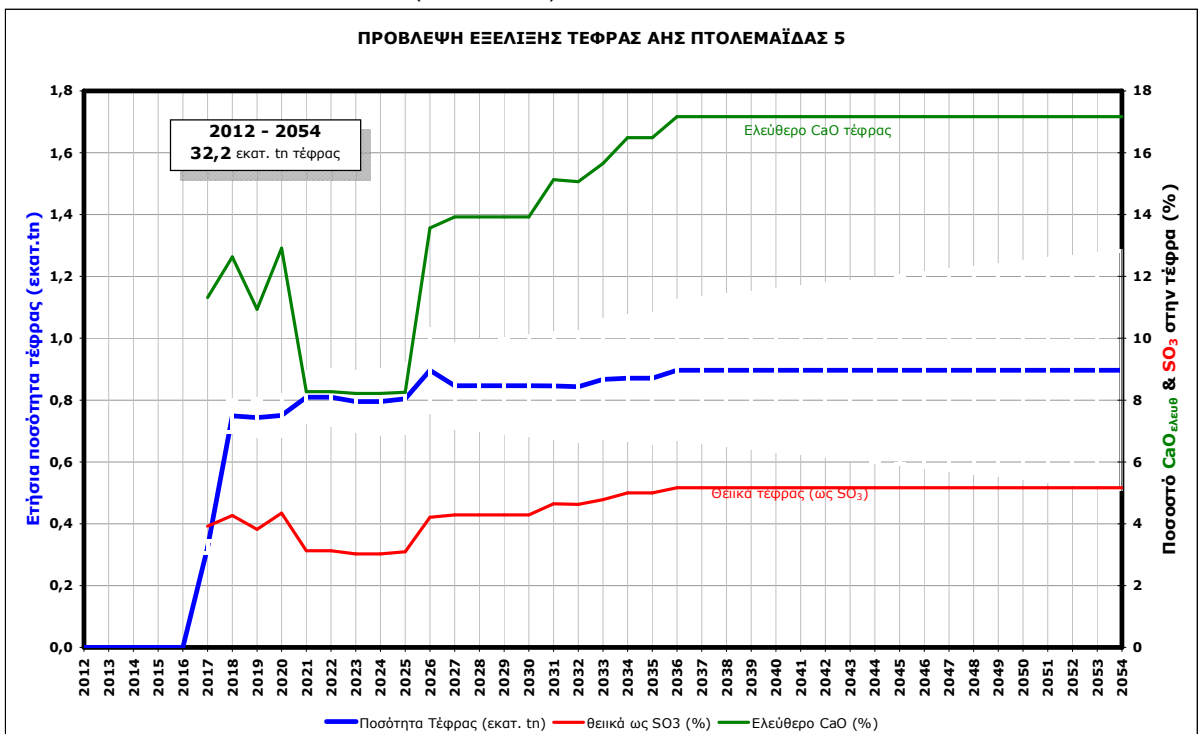
Διάγραμμα. 9 Μελλοντική εξέλιξη Ποσότητας, ελεύθερου Ασβεστίου και Θεικών τέφρας ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ (2012-2054)



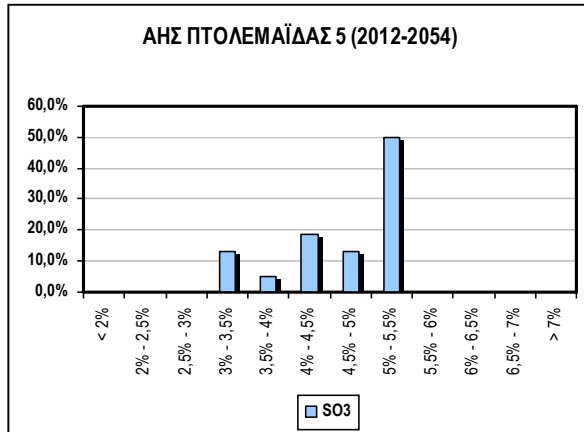
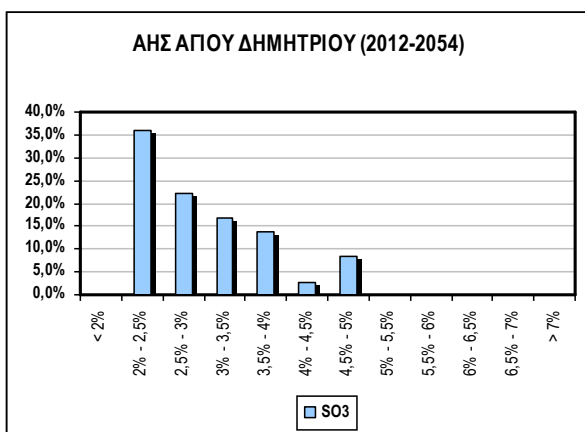
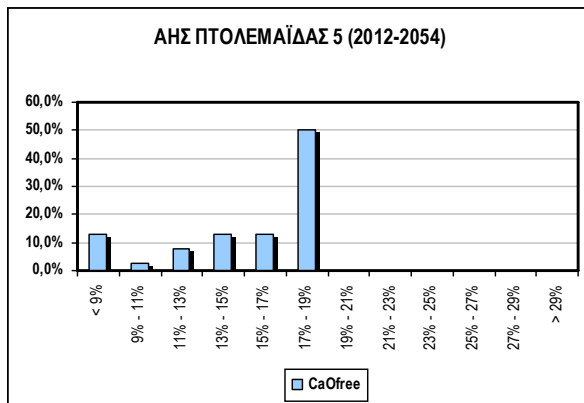
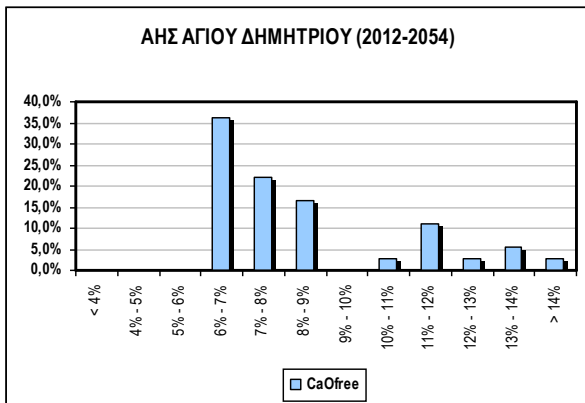
Διάγραμμα. 10 Μελλοντική εξέλιξη Ποσότητας, ελεύθερου Ασβεστίου και Θεικών τέφρας ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ (2012-2054)



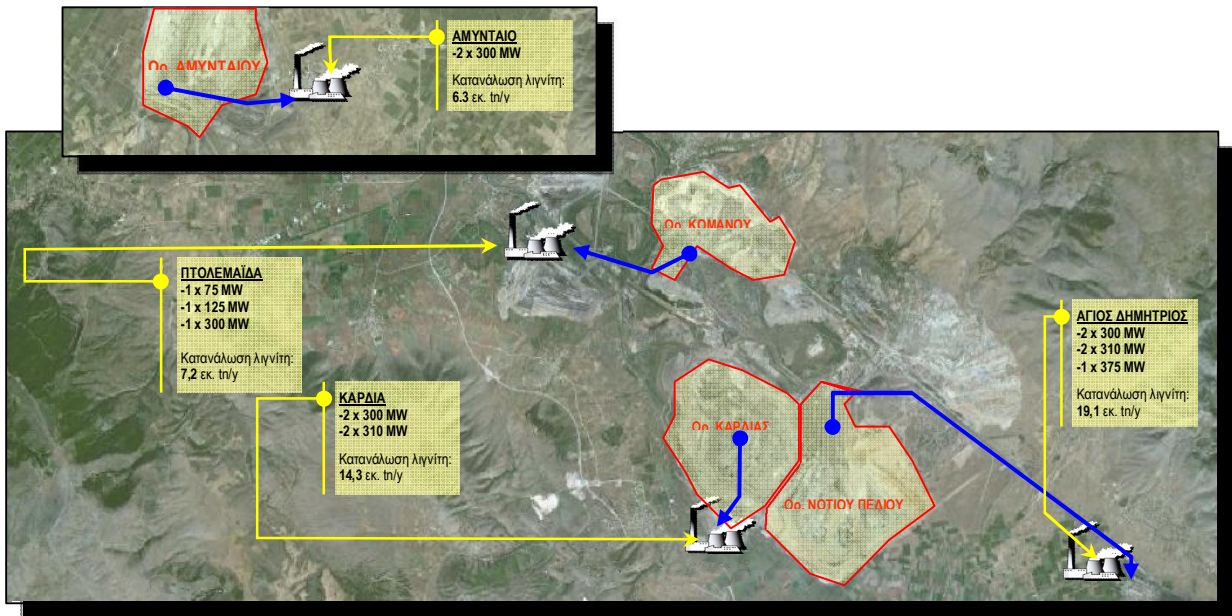
Διάγραμμα. 11 Μελλοντική εξέλιξη Ποσότητας, ελεύθερου Ασβεστίου και Θεικών τέφρας ΑΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ 5 (2012-2054)



Διάγραμμα. 12 Κατανομή ελεύθερου Ασβεστίου και Θεικών της μελλοντικής τέφρας ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ και ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ 5 (2012-2054)



Σχέδιο 1. Αντιστοίχιση ΑΗΣ και Ορυχείων Δυτικής Μακεδονίας



Σχέδιο 2. Εφαρμογή της νέας στρατηγικής διαχείρισης λιγνίτη στη Δυτική Μακεδονία

