ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

και το πέρασμα σε μια νέα ενεργειακή εποχή

GREENPEACE

ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

και το πέρασμα σε μια νέα ενεργειακή εποχή

Έρευνα-Κείμενο: **Στέλιος Ψωμάς**
Περιβαλλοντολόγος

Μία έκθεση του ελληνικού γραφείου της Greenpeace
Οκτώβριος 2006

GREENPEACE
Κλεισόβης 9, 106 77 Αθήνα, τηλ. 2103840774-5, fax. 2103804008 www.greenpeace.gr

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Μια Βεύη..λη εξέλιξη 4

Ο υπ' αριθμόν 1 περιβαλλοντικός εχθρός 6

Το μακρύ ταξίδι της λιγνιτοπαραγωγής στην Ελλάδα 11

Οι κίνδυνοι για το περιβάλλον και την υγεία 15

Τα κρυφά κόστη της εξάρτησης από το λιγνίτη 18

Η υπόσχεση της τεχνολογίας και η φενάκη του καθαρού άνθρακα 18

Είναι ρεαλιστική η απεξάρτηση από το λιγνίτη; 20

Παραπομπές 27

ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

και το πέρασμα σε μια νέα ενεργειακή εποχή

Μια Βεύη..λη εξέλιξη

Αν πιστέψει κανείς τους τίτλους των εφημερίδων, κάτι συγκλονιστικό συμβαίνει στα ενεργειακά πράγματα της χώρας. Αγκυλώσεις και πάγιες πρακτικές του παρελθόντος διαλύονται και στα συντρίμμια τους ξεπροβάλλει ένα νέο ενεργειακό τοπίο. Θα περίμενε κανείς ότι η 'κοσμογονία' αυτή αφορά στις νέες καθαρές ενεργειακές τεχνολογίες, αφού η παγκόσμια τάση και η οικουμενικότητα των περιβαλλοντικών προβλημάτων μας οδηγεί σχεδόν αναπόφευκτα εκεί. Δυστυχώς όμως, εδώ είναι Βαλκάνια και η εν λόγω ενεργειακή 'επανάσταση' δεν αποτελεί παρά μια επιστροφή στο παρελθόν ενδεδυμένη το μανδύα του εκσυγχρονισμού.

Ας γίνουμε πιο σαφείς. Η ελληνική κυβέρνηση, ανατρέποντας την πάγια πολιτική των τελευταίων χρόνων, αποφάσισε να ανοίξει τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο τον λιγνίτη και στους ιδιώτες, προκηρύσσοντας διαγωνισμό για την εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων της Βεύης στη Δυτική Μακεδονία. Για τη συνέχεια αναμένεται η προκήρυξη αντίστοιχων διαγωνισμών και για άλλα κοιτάσματα στην Ελασσόνα και τη Δράμα. Η εξέλιξη αυτή είναι σημαντική, διότι ανατρέπεται το μέχρι πρότινος ενεργειακό 'δόγμα' που ήθελε οι νέοι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής να χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο σε μια προσπάθεια μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ηλεκτροπαραγωγής. Η, κατά τα άλλα ελλιπής και ανεπαρκής, ενεργειακή πολιτική των τελευταίων χρόνων προέβλεπε πως μόνο η ΔΕΗ θα συνέχιζε να χρησιμοποιεί τον λιγνίτη και μάλιστα προχωρώντας σε έργα εκσυγχρονισμού των μονάδων της για να αυξηθεί η ενεργειακή αποδοτικότητά τους, χωρίς να αυξάνεται όμως η συνολική συνεισφορά του λιγνίτη στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας.

Το πρόβλημα προφανώς δεν είναι (ή δεν πρέπει να είναι) το ιδιοκτησιακό, το αν δηλαδή οι νέοι σταθμοί θα ανήκουν στη ΔΕΗ (η οποία ας μη ξεχνάμε ότι είναι πλέον Ανώνυμη Εταιρία εισηγμένη στο Χρηματιστήριο) ή κάποιοι άλλοι ιδιώτες επενδυτές. **Το πρόβλημα είναι ότι ανοίγει ο δρόμος για περαιτέρω εκμετάλλευση του πλέον ρυπογόνου καυσίμου**, την ώρα που η χώρα:

- έχει αποτύχει παταγωδώς να συγκρατήσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στα επίπεδα που προβλέπονται από τις διεθνείς υποχρεώσεις της (Πρωτόκολλο του Κιότο και κοινοτικές συμφωνίες).

- δεν αναμένεται να πετύχει τις υποχρεώσεις της για διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) σε ποσοστό 20,1% επί του συνόλου της ηλεκτροπαραγωγής έως το 2010.

- έχει επικίνδυνα υψηλά επίπεδα μικροσωματιδίων και άλλων ρύπων συνυφασμένων με την καύση λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή.

Το επιχείρημα είναι πως, αν υλοποιηθούν οι επενδύσεις αυτές, θα πέσει το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για τον καταναλωτή. Για τους διαθέτοντες μνήμη, το ίδιο επιχείρημα ακουγόταν και μια δεκαετία πριν, με την έλευση του φυσικού αερίου. Δέκα χρόνια μετά, ο πρώτος μεγάλος σταθμός ηλεκτροπαραγωγής με φυσικό αέριο εκτός ΔΕΗ (μονάδα ΕΛΠΕ στη Θεσσαλονίκη) υπολειτουργεί και, προκειμένου να μη καταγράφει διαρκώς ζημίες, η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) διπλασίασε τη λεγόμενη 'οριακή τιμή του συστήματος' για να μπορεί να πουλά ο εκτός ΔΕΗ ηλεκτροπαραγωγός. Ο λόγος βέβαια είναι ότι οι διαρκώς αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου παρέσυραν και τις αντίστοιχες του αερίου, καθιστώντας μια επένδυση σ' αυτό προβληματική και ακυρώνοντας την υπόσχεση για χαμηλό κόστος για τον καταναλωτή.

Μα, στην περίπτωση του λιγνίτη τα πράγματα είναι διαφορετικά θα αντιτείνει κανείς. Η τιμή του δεν εξαρτάται από τις διακυμάνσεις των τιμών του πετρελαίου. Πρόκειται για ένα εγχώριο πόρο με αντικειμενικά χαμηλότερο κόστος από το ακριβό και εισαγόμενο αέριο. Πράγματι, μόνο που ξεχνάμε και πάλι κάποιες παραμέτρους. Μέχρι σήμερα, η ΔΕΗ χρησιμοποιούσε τον λιγνίτη δωρεάν. Ο λεγόμενος 'εθνικός πόρος' δεν είχε άλλο κόστος παρά μόνο το κόστος της εξόρυξης και επεξεργασίας του. Η δικαιολογία ήταν πως η ΔΕΗ είναι μια δημόσια επιχείρηση και, επομένως, απολαμβάνοντας δωρεάν πρόσβαση στο λιγνίτη μπορεί να πουλά φθηνή ενέργεια στους καταναλωτές. Έτσι, εν ονόματι του δημοσίου συμφέροντος, ένας επενδυτής στο New Jersey για παράδειγμα, που διέθετε μετοχές της ΔΕΗ, είχε δωρεάν πρόσβαση στον 'εθνικό πόρο', ενώ ο μη προνομιούχος καταναλωτής στην Ελλάδα (ο οποίος βέβαια δεν συμμετέχει στα κέρδη της επιχείρησης) καλούνταν να πληρώσει το κόστος για την εξαγορά δικαιωμάτων ρύπανσης (45 εκατ. € το 2005) επειδή η ΔΕΗ συνεχίζει να καίει λιγνίτη. Ευτυχώς, ο παραλογισμός αυτός αρχίζει να αμφισβητείται, αφού η Ευρωπαϊκή Επιτροπή απαίτησε, ορθά, να υπάρχει ένα κόστος πρόσβασης στον λιγνίτη. **Τον Αύγουστο του 2006, ο φόρος για τον λιγνίτη καθορίστηκε με το νόμο 3483/2006 στα 0,3 €/GJ (περίπου 1,5 € τον τόνο), ποσό που μεταφράζεται σε επιβάρυνση περίπου 0,3 λεπτά ανά παραγόμενη κιλοβατώρα**, ποσό σχεδόν ασήμαντο, αλλά συμβολικά ισχυρό. Πριν όμως στεγνώσει το μελάνι στο φύλλο της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως όπου τυπώθηκε ο εν λόγω νόμος, **η κυβέρνηση φέρεται να ετοιμάζει τροπολογία για την απαλλαγή του λιγνίτη από τον φόρο αυτό, θέλοντας στην ουσία να απαλλάξει τη ΔΕΗ από επιβάρυνση 105 εκατ. ευρώ ετησίως, αλλά και τους επίδοξους μνηστήρες της Βεύης από μία επιβάρυνση που θα έκανε λιγότερο ελκυστική τη μελλοντική επένδυσή τους**. Και να σκεφτεί κανείς ότι η φορολόγηση του λιγνίτη με βάση το νόμο 3483/2006 είναι σχετικά ασήμαντη, αφού δεν περιλαμβάνει το λεγόμενο 'εξωτερικό' κόστος, δεν ενσωματώνει δηλαδή τις περιβαλλοντικές βλάβες και τις κοινωνικές επιπτώσεις που συνεπάγεται η καύση του λιγνίτη και για τις οποίες θα κάνουμε λόγο αναλυτικότερα στη συνέχεια.

Την ώρα που οι μεγάλοι ενεργειακοί όμιλοι συνασπίζονται για να αποκτήσουν πρόσβαση στον λιγνίτη, η κερκόπορτα που άνοιξε, υπόσχεται την έλευση και άλλων ορυκτών καυσίμων όπως είναι για παράδειγμα ο εισαγόμενος λιθάνθρακας. Και επειδή η εισβολή των ορυκτών καυσίμων μπορεί να γεννήσει δικαιολογημένους φόβους, συνοδεύεται από υποσχέσεις για σταθμούς υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας (και άρα χαμηλότερων εκπομπών ρύπων) και για στροφή μακροπρόθεσμα στις λεγόμενες τεχνολογίες 'καθαρού άνθρακα'. Ο λύκος φόρεσε την προβιά και διάβηκε την πόρτα του μαντριού…

Οι εξελίξεις αυτές δεν κυοφορούνται μόνο στη χώρα μας. Σε πολλές χώρες αρχίζει να παρατηρείται μία στροφή προς τον άνθρακα (μορφή του οποίου είναι και ο λιγνίτης) προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που γεννά η σπάνη και οι διαρκώς αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Από την άλλη βέβαια, η συγκυρία δεν πρέπει να μας ξεγελά. Μια πιο προσεκτική ανάλυση δείχνει μια συστηματική απομάκρυνση από τον ρυπογόνο άνθρακα, ακόμη και σε χώρες που παραδοσιακά στήριξαν την οικονομία τους σ' αυτόν. Αυτό πραγματεύεται η έκθεση αυτή. Το ρόλο που παίζει σήμερα ο άνθρακας (ο λιγνίτης αν προτιμάτε) στην ενεργειακή οικονομία, το μέλλον του καυσίμου αυτού, την περιβαλλοντική και κοινωνική διάσταση της εξάρτησης από το πιο ρυπογόνο καύσιμο και τις προοπτικές για ένα μέλλον απαλλαγμένο από τα ορυκτά καύσιμα. Για την **απαρχή της μεταλιγνιτικής εποχής και την ανατολή μιας ηλιακής οικονομίας.**

Ο υπ' αριθμόν 1 περιβαλλοντικός εχθρός

Ο μάλλον επιθετικός αυτός τίτλος ανήκει στο περιοδικό Economist και κοσμούσε το εξώφυλλό του της 6ης Ιουλίου 2002. Ο **εχθρός δεν είναι άλλος από τον άνθρακα και την τεράστια συμβολή του στην επιδείνωση του περιβάλλοντος**, με αιχμή βέβαια τις κλιματικές αλλαγές.

Όταν ένα 'κατεστημένο' οικονομικό περιοδικό αμφισβητεί το καύσιμο που πυροδότησε την απαρχή της βιομηχανικής εποχής, τα πράγματα είναι μάλλον σοβαρά. Πόσο μάλλον όταν η διαπίστωση του περιοδικού είναι πέρα για πέρα αληθινή…

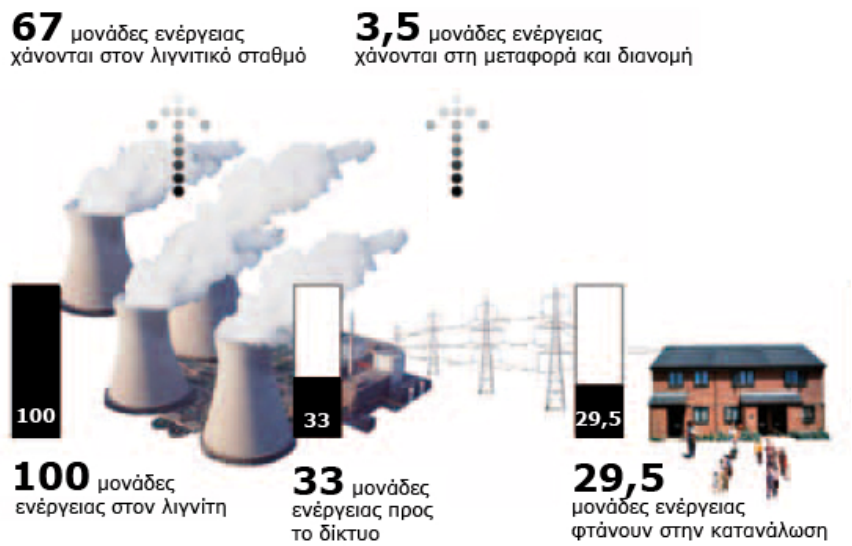
Η χρήση του άνθρακα για ηλεκτροπαραγωγή ξεκίνησε στα τέλη του 19ου αιώνα. Οι πρώτοι σταθμοί είχαν ένα πενιχρό βαθμό απόδοσης 1%, πράγμα που σήμαινε ότι χρειαζόταν 12,3 κιλά άνθρακα για την παραγωγή μιας μόνο κιλοβατώρας. Την ίδια ώρα εκλύονταν στην ατμόσφαιρα 37 κιλά διοξειδίου του άνθρακα (CO_2).

Πολλά άλλαξαν βέβαια από τότε. Η αποδοτικότητα των σταθμών βελτιώθηκε για να φτάσει ένα αιώνα μετά κατά μέσο όρο στο 31% σε διεθνές επίπεδο. Οι πιο εξελιγμένες μονάδες κατάφεραν μάλιστα να φτάσουν και το 47%. Στην περίπτωση του λιγνίτη (μορφή άνθρακα κατώτερης όμως ποιότητας), η μέγιστη απόδοση που επιτεύχθηκε είναι 45,3%.

Οι γεωγραφικές διαφορές είναι κάτι παραπάνω από εμφανείς και εκφράζουν σε μεγάλο βαθμό το διαφορετικό επίπεδο τεχνολογικής ανάπτυξης των διαφόρων χωρών. Ο πίνακας που ακολουθεί είναι χαρακτηριστικός [1].

Οι γεωγραφικές ανισορροπίες της οικονομίας του άνθρακα			
Χώρα	**Μέσος βαθμός απόδοσης**	**g C_{eq}/kWh**	**g CO_2/kWh**
Κίνα-Ρωσία	23%	534	1.600
Κόσμος	31%	396	1.188
Γερμανία	38%	323	969
Βέλτιστη τεχνολογία (μελλοντικά)	55%	223	669

* C_{eq} = ισοδύναμος άνθρακας (για να υπάρχει ένα κοινό μέτρο σύγκρισης όλων των μορφών άνθρακα)



Η αναποτελεσματικότητα του συγκεντρωτικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής

Στην Ελλάδα, ένας τυπικός βαθμός απόδοσης των λιγνιτικών μονάδων είναι περί το 33%. Η **εξαιρετικά χαμηλή θερμογόνος δύναμη του ελληνικού λιγνίτη** (ιδίως αυτού της Μεγαλόπολης) συνεπάγεται πολύ χαμηλούς βαθμούς απόδοσης (που πέφτουν και στο 28% σε κάποιες περιπτώσεις). Αποτέλεσμα αυτού του χαμηλού βαθμού απόδοσης είναι οι **υψηλές εκπομπές CO_2 από τις λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής**. Ο παρακάτω πίνακας (με στοιχεία της ΔΕΗ) είναι αποκαλυπτικός [2].

Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (γραμμάρια ανά κιλοβατώρα, g CO_2/kWh) από την καύση ορυκτών καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα	
Λιγνίτης Βορρά	1.310
Λιγνίτης Νότου	1.490
Λιγνίτης - μέσος όρος χώρας	1.346
Για σύγκριση…	
Πετρέλαιο	750
Φυσικό αέριο	430

Η περιβαλλοντική διάσταση της εξάρτησής μας από τον λιγνίτη δεν εξαντλείται βέβαια στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, όπως θα δούμε πιο αναλυτικά παρακάτω.

Αφού λοιπόν ο άνθρακας συνιστά μέγιστο περιβαλλοντικό κίνδυνο, γιατί συνεχίζουμε, όχι μόνο να τον χρησιμοποιούμε, αλλά και να επιζητούμε την περαιτέρω χρήση του;

Το ένα τέταρτο σχεδόν των πρωτογενών ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας (27,2% το 2004) καλύπτεται από τον άνθρακα [3]. Παρά τις γεωγραφικές διαφοροποιήσεις (21,1% στις χώρες του ΟΟΣΑ, 17,9% στην Ευρωπαϊκή Ένωση), γεγονός είναι πως ο άνθρακας κινεί σε μεγάλο βαθμό την παγκόσμια οικονομία. Η αποδέσμευση συνεπώς από το καύσιμο αυτό συνιστά μείζονα πολιτική επιλογή, γεγονός που μπορεί να ερμηνεύσει σε μεγάλο βαθμό τη συνεχιζόμενη εξάρτησή μας από ένα τόσο ρυπογόνο καύσιμο. Από την άλλη, όπως θα δούμε παρακάτω, ο άνθρακας (και συνεπώς και ο λιγνίτης αν μιλάμε για την περίπτωση της Ελλάδας) είναι εκείνο το ορυκτό καύσιμο που μπορεί να υποκατασταθεί με μεγαλύτερη ευκολία από τα υπόλοιπα και μάλιστα σε μικρό σχετικά χρονικό ορίζοντα.

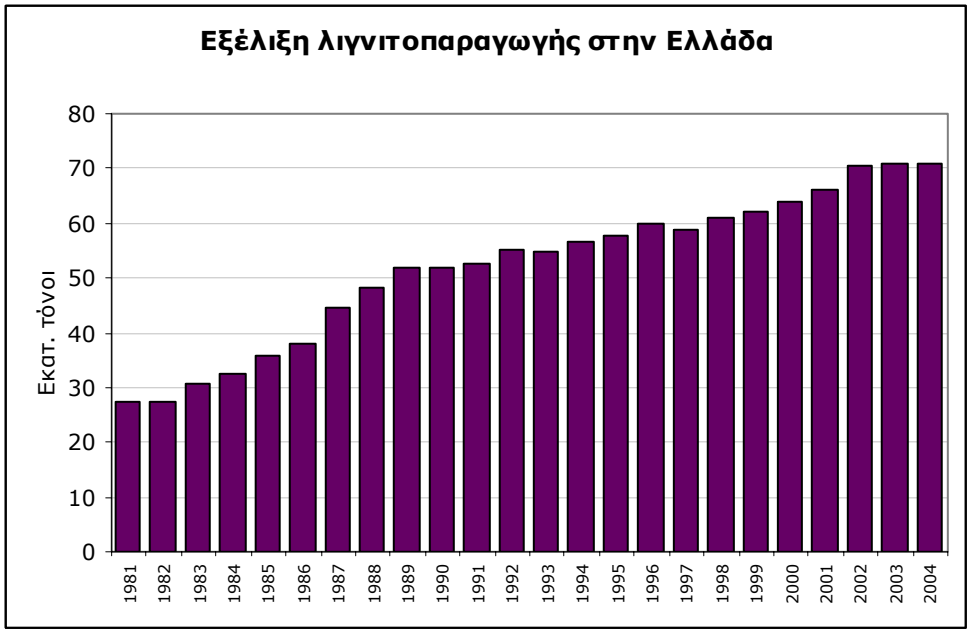
Τα αποδεδειγμένα κοιτάσματα άνθρακα αγγίζουν το 1 τρις τόνους (909 δις τόνους το 1994 σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της BP). Τα μισά σχεδόν γνωστά αποθέματα αφορούν σε λιγνίτη και χαμηλής ποιότητας άνθρακα. Τα αποθέματα αυτά αρκούν θεωρητικά για περίπου 170 χρόνια με το σημερινό ρυθμό κατανάλωσης. Αν συνυπολογίσει όμως κανείς και τις αυξητικές τάσεις στην κατανάλωση σε ορισμένες ασιατικές χώρες (π.χ. Κίνα, Ινδία, Ιαπωνία, Κορέα, Ταϊβάν, Ινδονησία), τα αποθέματα θα εξαντληθούν στο μισό χρόνο, δηλαδή σε περίπου 85 χρόνια. Αυτό βέβαια είναι μια θεωρητική εκτίμηση, διότι δυστυχώς

δεν έχουμε την πολυτέλεια να κάψουμε τόσο μεγάλες ποσότητες άνθρακα ως τα τέλη του αιώνα, αφού η κατανάλωση και μικρού μόνο τμήματος των αποθεμάτων μπορεί να επιφέρει μη αντιστρεπτές κλιματικές αλλαγές αν υπερβούμε τα όρια αντοχής των οικοσυστημάτων. Σημειωτέον ότι η καύση του άνθρακα ευθύνεται για την έκλυση 10 δις τόνων CO_2 ετησίως περίπου, δηλαδή για το 40% των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

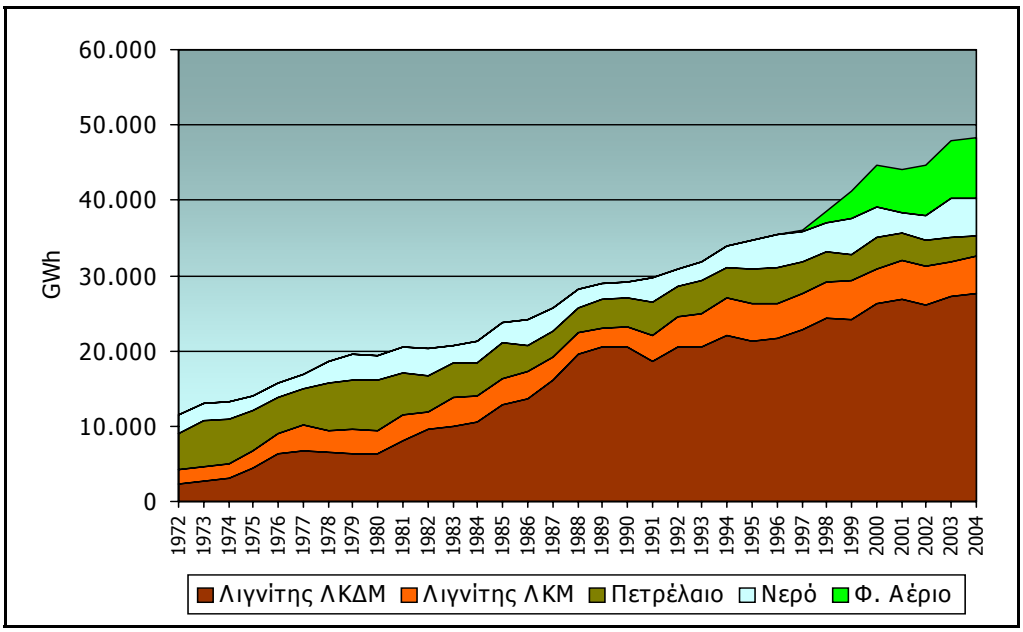
Η παγκόσμια παραγωγή άνθρακα άγγιξε τα 2,73 δις τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ) το 2004, μια αύξηση σχεδόν 20% σε σχέση με το 1997, χρονιά που ψηφίστηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο. Η αύξηση αυτή της παραγωγής οφείλεται εν πολλοίς στις ασιατικές χώρες, αφού η παραγωγή μειώθηκε τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ το ίδιο χρονικό διάστημα.

Η παγκόσμια κατανάλωση άνθρακα αυξήθηκε επίσης κατά 20% την ίδια περίοδο, με την Ασία να καταγράφει μια εντυπωσιακή αύξηση κοντά στο 40%, τις ΗΠΑ 5,3% και μόνο την Ευρωπαϊκή Ένωση να μειώνει την κατανάλωση κατά 3,5% περίπου την περίοδο 1997-2004.

Ενώ όμως η Ευρωπαϊκή Ένωση φαίνεται να απαγκιστρώνεται έστω και δειλά από τον άνθρακα, δεν συμβαίνει το ίδιο με την Ελλάδα. Την μετα-Κιότο περίοδο, η Ελλάδα αύξησε την ετήσια παραγωγή λιγνίτη κατά 20% (σήμερα είναι κοντά στους 70 εκατ. τόνους ετησίως), ενώ η αύξηση αυτή αγγίζει το 35% την τελευταία δεκαπενταετία. Και βέβαια, η αύξηση αυτή εξηγεί και το γιατί η Ελλάδα έχει αποτύχει παταγωδώς να τιθασεύσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και να σταθεί συνεπής προς τις διεθνείς υποχρεώσεις της. Σημειωτέον ότι η Ελλάδα είναι η 2η μεγαλύτερη λιγνιτοπαραγωγός χώρα στην Ευρώπη (μετά τη Γερμανία) και 5η σε όλο τον κόσμο.



Αντίστοιχη βεβαίως ήταν και η συμμετοχή του λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα για το ηπειρωτικό δίκτυο.



Το διαχρονικό προφίλ της ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα (ηπειρωτικό δίκτυο)

Ενώ 30 χρόνια πριν (εποχή της πρώτης πετρελαϊκής κρίσης), ο λιγνίτης αντιπροσώπευε το 38,2% της ηλεκτροπαραγωγής στο βασικό ηπειρωτικό δίκτυο, το ποσοστό αυτό αυξήθηκε σε 66,2% το 2005 (έχοντας αγγίξει και ποσοστά κοντά στο 80% πριν την έλευση του φυσικού αερίου). Στο σύνολο της ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ (περιλαμβανομένων δηλαδή των νησιών), ο λιγνίτης αντιπροσωπεύει το 60%, ενώ αν συμπεριλάβουμε και τις εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας και τις μονάδες ΑΠΕ των ιδιωτών, ο λιγνίτης είχε το 2005 ένα μερίδιο 55,5%, αποτελώντας την αχίλλειο πτέρνα του ενεργειακού συστήματος σε ότι αφορά στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα [4-5]. Οι λιγνιτικοί σταθμοί ευθύνονται για την έκλυση 43 εκατομμυρίων τόνων CO_2 στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο, δηλαδή ποσοστό 80% περίπου του συνόλου των εκπομπών από τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής ή αντίστοιχα 40% των συνολικών εκπομπών CO_2 της χώρας [6].

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις εκπομπές CO_2 ανά σταθμό για το έτος 2005.

Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις λιγνιτικές μονάδες το 2005 (σε τόνους)	
ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου	13.629.229
ΑΗΣ Καρδιάς	9.815.429
ΑΗΣ Αμυνταίου	5.124.545
ΑΗΣ Πτολεμαΐδας	3.487.897
ΑΗΣ Μελίτης (Φλώρινας)	1.955.721
ΑΗΣ ΛΚΔΜ (ΛΙΠΤΟΛ)	358.515
Σύνολο Βόρειας Ελλάδας	*34.371.336*
ΑΗΣ Μεγαλόπολης (μονάδες I, II, III)	5.518.005
ΑΗΣ Μεγαλόπολης (μονάδα IV)	3.151.497
Σύνολο Νότιας Ελλάδας	*8.669.502*
Γενικό σύνολο	**43.040.838**

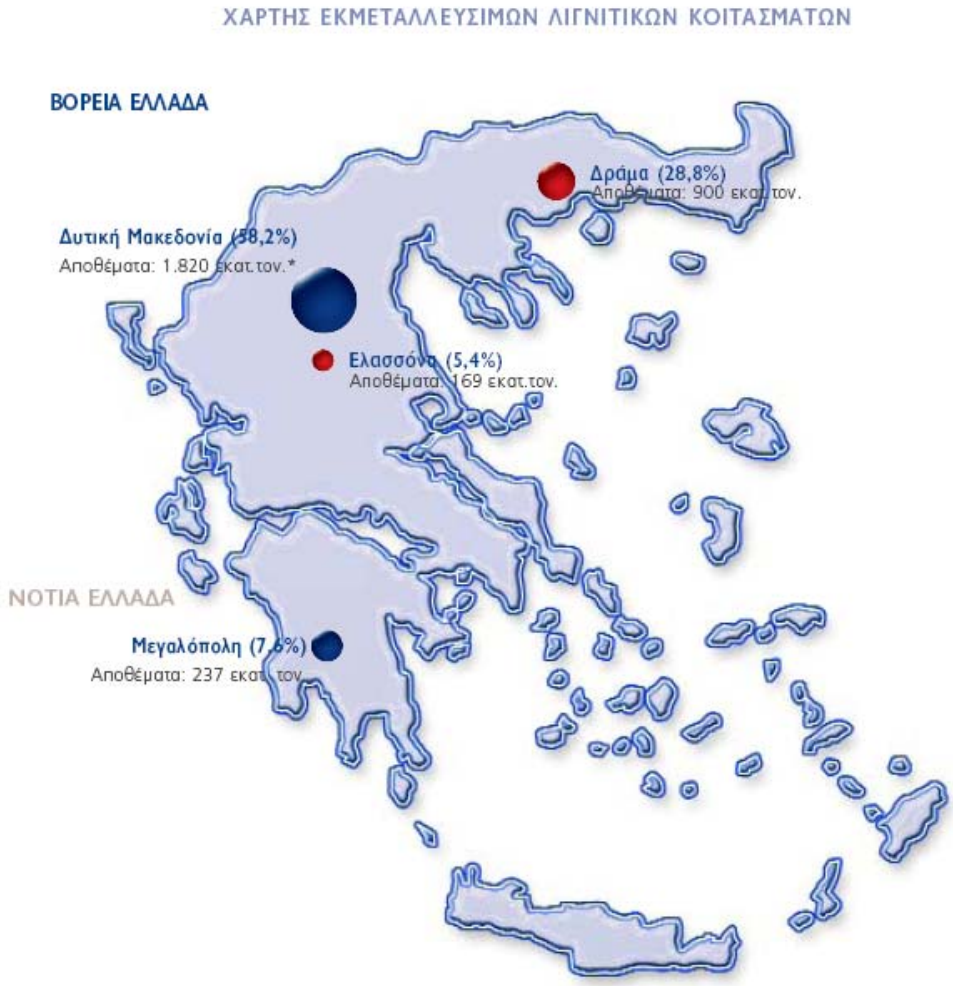
Το μακρύ ταξίδι της λιγνιτοπαραγωγής στην Ελλάδα

Οι λιγνίτες ανήκουν στις στερεές ορυκτές καύσιμες ύλες με τη γενική ονομασία γαιάνθρακες και προήλθαν από φυτικά υπολείμματα μέσω μιας σειράς διεργασιών ενανθράκωσης. Οι διεργασίες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των φυτικών υπολειμμάτων σε άνθρακα.

Το θερμιδικό περιεχόμενο των λιγνιτών είναι από 3 έως 7 φορές μικρότερο από το θερμιδικό περιεχόμενο του λιθάνθρακα και 5 έως 10 φορές μικρότερο από αυτό του πετρελαίου.

Η συστηματική εκμετάλλευση του λιγνίτη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας άρχισε από το υπόγειο λιγνιτωρυχείο Αλιβερίου το 1951. Η προσπάθεια σε μεγάλη κλίμακα συνεχίσθηκε με το επιφανειακό λιγνιτωρυχείο της ΛΙΠΤΟΛ (εταιρία ΜΠΟΔΟΣΑΚΗ) στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας το 1955. Το 1975 αποφασίσθηκε, με νομοθετική ρύθμιση, η πλήρης ενσωμάτωση της ΛΙΠΤΟΛ στη ΔΕΗ. Σήμερα η εκμετάλλευση του λιγνίτη στην ευρύτερη λεκάνη της Πτολεμαΐδας ανήκει στην αρμοδιότητα του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας (ΛΚΔΜ). Το 1969 ξεκίνησε η ανάπτυξη του ενεργειακού Κέντρου Μεγαλόπολης, όπου εξορύσσεται και αξιοποιείται ο πιο φτωχός λιγνίτης σε παγκόσμιο επίπεδο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ, τα βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα λιγνίτη στην Ελλάδα ανέρχονται σήμερα σε 6,7 δις τόνους από τα οποία 3,3 δις τόνοι εκτιμώνται ως εκμεταλλεύσιμα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

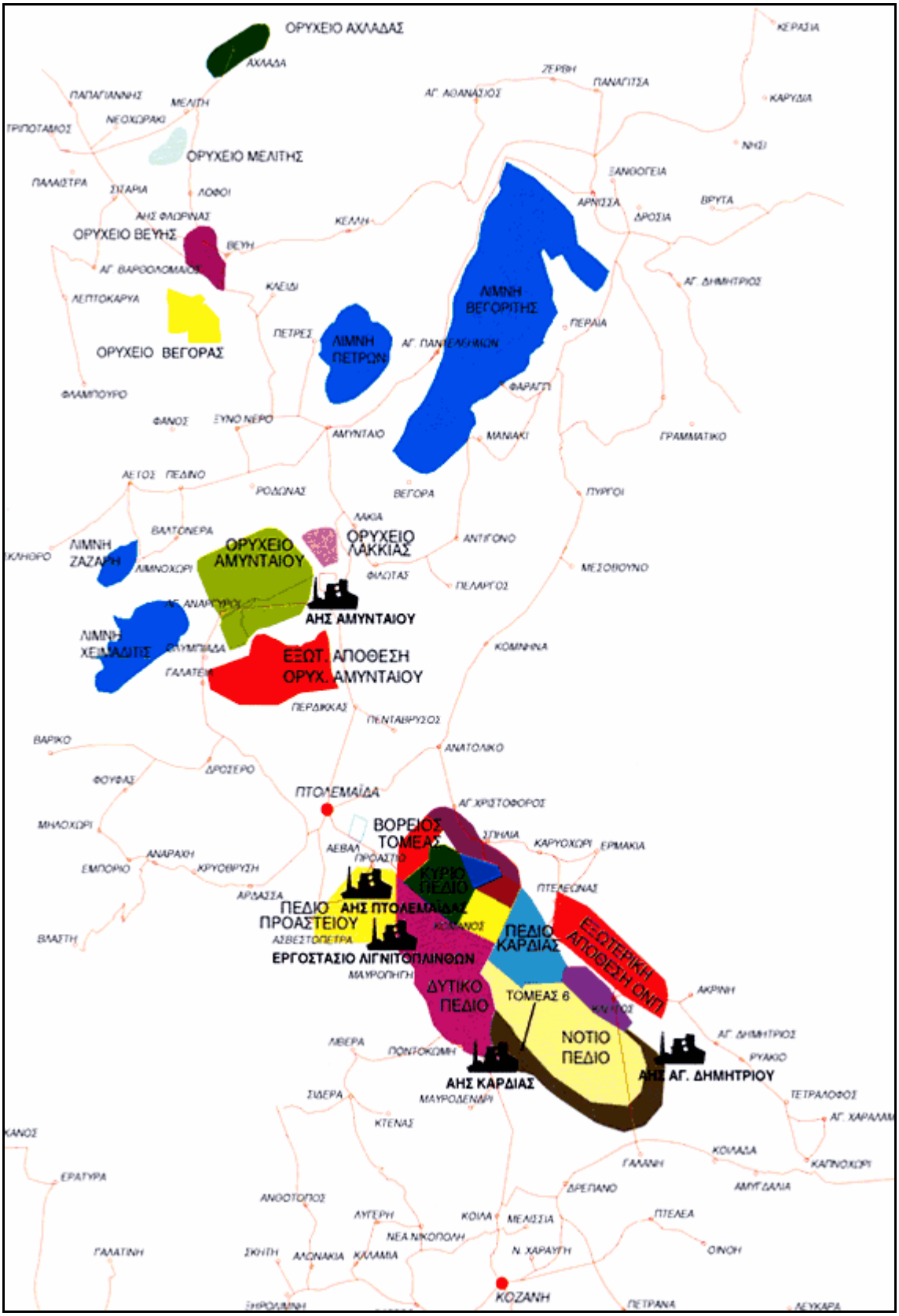


Τα εναπομείναντα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη στις περιοχές όπου η ΔΕΗ αναπτύσσει λιγνιτική δραστηριότητα με βάση τους σημερινούς ρυθμούς κατανάλωσης λιγνίτη επαρκούν για περίπου 40 ακόμη χρόνια στην περιοχή Δυτικής Μακεδονίας και 20 χρόνια στην περιοχή της Μεγαλόπολης [2].

Η παραγωγή λιγνίτη από τα ορυχεία της ΔΕΗ ανήλθε το 2005 σε 67,3 εκατ. τόνους, με αντίστοιχες εκσκαφές 371,8 εκατ. κυβικών μέτρων [4]. Η εκμετάλλευση του λιγνίτη καταλαμβάνει το 1/8 της συνολικής έκτασης της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, ενώ μόνο στους σταθμούς που βρίσκονται εκεί καταναλώνονται περίπου 100 τόνοι λιγνίτη κάθε λεπτό.

Οι λιγνίτες των κοιτασμάτων Δυτικής Μακεδονίας και Μεγαλόπολης ανήκουν στην κατηγορία των φτωχών στερεών καυσίμων. Η ποιότητά τους διαφοροποιείται όχι μόνο από ορυχείο σε ορυχείο αλλά και μεταξύ στρωμάτων του ίδιου ορυχείου. Η θερμιδική δύναμη του ελληνικού λιγνίτη κυμαίνεται μεταξύ 1.050-1.100 Kcal/Kg στα κοιτάσματα της

Μεγαλόπολης, μεταξύ 1.800-2.300 Kcal/Kg στα κοιτάσματα της Φλώρινας, μεταξύ 1.300-1.400 Kcal/Kg στα κοιτάσματα της Πτολεμαΐδας (Κυρίου Πεδίου, Νότιου Πεδίου και Καρδιάς) και μεταξύ 1.050-1.300 Kcal/Kg στα κοιτάσματα του Αμυνταίου.



Τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ που σήμερα βρίσκονται σε λειτουργία και οι αντίστοιχοι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί (ΑΗΣ) δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Στοιχεία εκμεταλλεύσεων λιγνίτη		**Στοιχεία ΑΗΣ**	
Ορυχεία	**Παραγωγή 2004 (εκατ. τόνοι)**	**ΑΗΣ**	**Εγκατεστημένη ισχύς (MW)**
Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας			
Ορυχείο Κυρίου Πεδίου	8	ΛΙΠΤΟΛ Πτολεμαΐδας	43 620
Ορυχείο Καρδιάς (Τομέας 5 & ΝΔ Πεδίο) Ορυχείο Νοτίου Πεδίου (Νότιο & κοίτασμα ΑΗΣ Καρδιάς)	21,7 16,4	Καρδιάς Αγίου Δημητρίου	1.250 1.595
Ορυχείο Πεδίου Αμυνταίου (Πεδίο Αναργύρων & Πεδίο Αμυνταίου)	8,5	Αμυνταίου-Φιλώτα	600
Ορυχείο Φλώρινας (Αχλάδα, κ.λπ)	0,9	Μελίτη-Αχλάδα	330
Σύνολο	**55,5**		**4.438**
Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης			
Χωρέμι, Μαραθούσα, Κυπαρισσία	14,4	Μεγαλόπολη (Α+Β)	850
Γενικό σύνολο	**69,9**		**5.288**

Το 2005, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τους λιγνιτικούς σταθμούς ανήλθε σε 31.977 GWh (δηλαδή 32 δις κιλοβατώρες περίπου), αντιπροσωπεύοντας το 60% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ.

Οι κίνδυνοι για το περιβάλλον και την υγεία

Μπορεί οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τη χρήση του λιγνίτη να αποτελούν μείζον πρόβλημα για τη χώρα, σε τοπικό επίπεδο όμως είναι οι κλασικοί ρύποι που ενδιαφέρουν, μιας και επηρεάζουν αρνητικά την καθημερινότητα των ανθρώπων που διαβιούν ή/και εργάζονται κοντά στα ορυχεία και τους λιγνιτικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

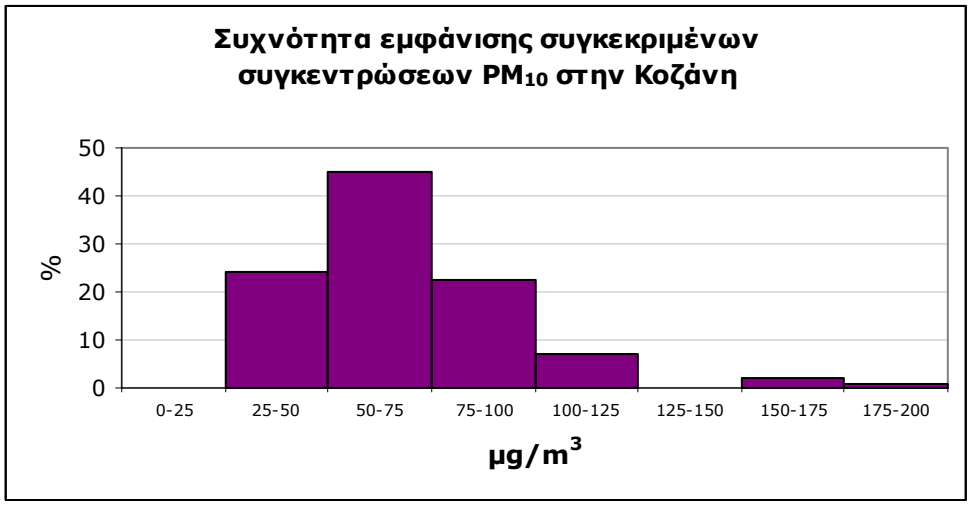
Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Μητρώο Βιομηχανικών Εκπομπών (EPER), το 2001 (μόνη χρονιά για την οποία υπάρχουν δημοσιευμένα στοιχεία), οι λιγνιτικοί σταθμοί της ΔΕΗ εξέπεμψαν τις εξής ποσότητες ρύπων [7]:

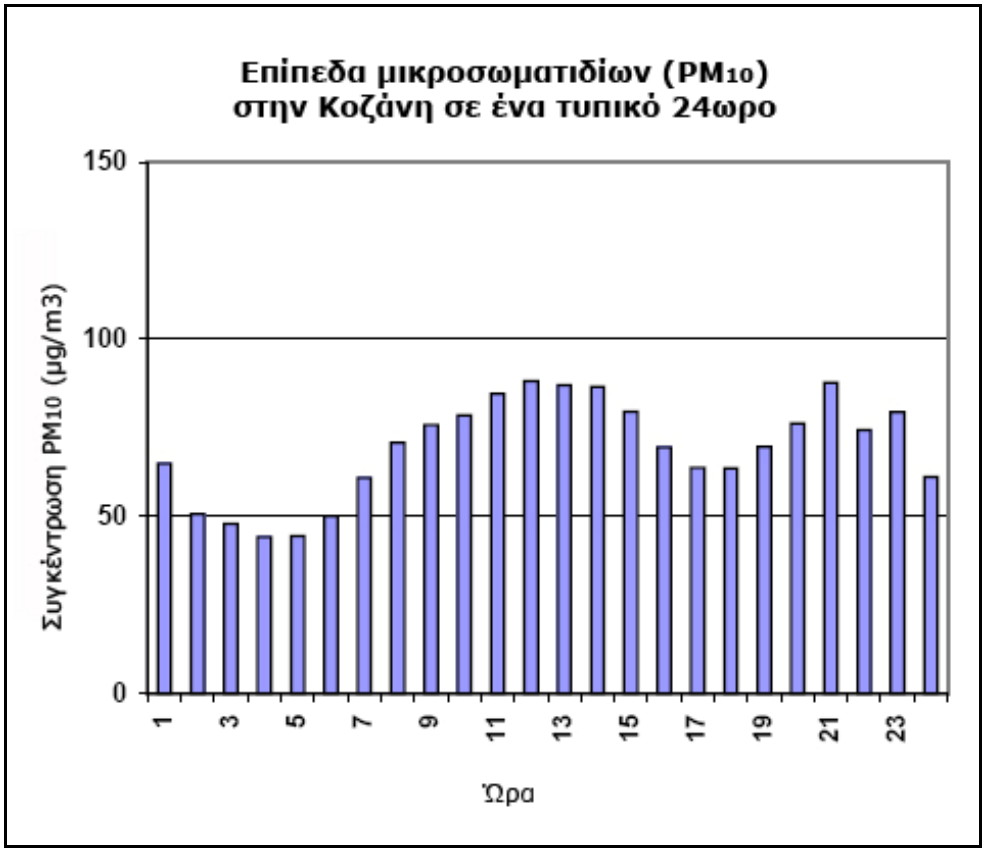
Εκπομπές ρύπων από τους λιγνιτικούς σταθμούς για το 2001 (σε τόνους)				
ΑΗΣ	**Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)**	**Οξείδια αζώτου (NOx)**	**Διοξείδιο του θείου (SO_2)**	**Μικροσωματίδια (PM_{10})**
Αγ. Δημητρίου	5.100	19.800	23.600	6.380
Αμυνταίου	3.270	6.000	24.200	1.280
Καρδιάς	2.160	15.800	17.200	4.350
Πτολεμαΐδας	1.690	7.200	9.300	2.550
Μεγαλόπολης Α	13.200	4.100	161.000	4.420
Μεγαλόπολης Β	1.480	3.760	27.900	186

Τα διαφορετικά επίπεδα εκπομπών αντανακλούν τις διαφορές σε συστήματα αντιρρύπανσης των διαφόρων σταθμών.

Πέραν όμως αυτών των ρύπων, από τις καμινάδες των λιγνιτικών σταθμών εκλύονται και άλλοι τοξικοί ρύποι που δεν καταγράφονται συστηματικά (τουλάχιστον όχι σε όλους τους σταθμούς). Για παράδειγμα, **ο ΑΗΣ Καρδιάς εκλύει ετησίως περί τα 30 κιλά αρσενικού και 20 κιλά καδμίου στην ατμόσφαιρα. Εκλύονται επίσης σημαντικές ποσότητες χρωμίου, νικελίου, αλλά και PCBs (κλοφέν).**

Τα επίπεδα ορισμένων ρύπων στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Εορδαίας (όπου βρίσκεται το Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας) είναι εξαιρετικά υψηλά. Για παράδειγμα, **τα επίπεδα των επικίνδυνων μικροσωματιδίων στην περιοχή της Κοζάνης ξεπερνούν τα επίσημα όρια** (η μέση ημερήσια τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 50 μg/m^3) **σχεδόν κάθε στιγμή της ημέρας**, ενώ η μέση ετήσια τιμή κυμαίνεται περί τα 70 μg/m^3, με επίσημο όριο τα 40 μg/m^3. Σημειωτέον, ότι τα μέσα ετήσια επίπεδα PM_{10} και στις γειτονικές πόλεις είναι υψηλά (Πτολεμαΐδα 86 μg/m^3, Φλώρινα 58 μg/m^3) [8-11].





Προφανώς για τα **υψηλά αυτά επίπεδα μικροσωματιδίων** ευθύνονται και οι καθημερινές λειτουργίες της πόλης. Μέγιστη συμβολή έχουν όμως, τόσο οι καμινάδες της ΔΕΗ, τα σχεδόν 13 εκατ. τόνοι ιπτάμενης τέφρας που παράγουν, όπως και οι 27.000 τόνοι πετρελαίου που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ για την έναυση των λιγνιτικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής.

Τα επίπεδα PCBs (κλοφέν) στην περιοχή κυμαίνονται από 0,04-103 pg/m^3 (μέση τιμή 30 pg/m^3). Για σύγκριση, τα αντίστοιχα επίπεδα στην Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη είναι 2-3,7 pg/m^3 και 0,5-29 pg/m^3 [12].

Η λειτουργία των λιγνιτικών σταθμών με φτωχό θερμιδικά λιγνίτη (απόρροια συν τοις άλλοις της υπερεκμετάλλευσης των κοιτασμάτων) έχει και μία ακόμη παράπλευρη συνέπεια. Ακόμη και με βαθμό συγκράτησης τέφρας στους ηλεκτροστατικούς ηθμούς (φίλτρα) ίσο με 99,85%, οι εκπομπές σκόνης αυξάνονται από 47,9 mg/m^3 όταν χρησιμοποιείται ο συνήθης λιγνίτης, σε 68,4 mg/m^3 όταν χρησιμοποιείται κακής ποιότητας λιγνίτης. Η τιμή αυτή είναι σαφώς μεγαλύτερη της κατευθυντήριας τιμής (5-25 mg/m^3) που προτείνει η Ευρωπαϊκή Ένωση στο εγχειρίδιο αναφοράς βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών [13].

Τι σημαίνουν όλα αυτά για την υγεία των κατοίκων της περιοχής και τους εργαζόμενους στα λιγνιτωρυχεία και τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής; Δυστυχώς πολλά. **Πρόσφατη μελέτη που έγινε σε 3.559 παιδιά ηλικίας 9-12 ετών στην περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας, έδειξε, πέραν πάσης αμφιβολίας, τις βλαβερές συνέπειες της έκθεσης σε ρύπους που σχετίζονται με τους λιγνιτικούς σταθμούς.** Οι υψηλότερες συχνότητες ρινίτιδας και βρογχίτιδας παρατηρήθηκαν στην Πτολεμαΐδα, με την Κοζάνη και τη Φλώρινα να βρίσκονται πολύ κοντά. Η μελέτη εξέτασε και άλλες γενεσιουργές αιτίες παθήσεων του αναπνευστικού και κατέληξε πως η βιομηχανικής προέλευσης επιβάρυνση ευθύνεται για τα υψηλά επίπεδα επιπλοκών σ' αυτές τις περιοχές. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει ορισμένα στοιχεία για αυτές τις τρεις περιοχές [14].

Συχνότητα παθήσεων του αναπνευστικού σε παιδιά της Δυτικής Μακεδονίας			
Σύμπτωμα	**Πτολεμαΐδα**	**Κοζάνη**	**Φλώρινα**
Ρινίτιδα	40,3%	35,2%	39,2%
Άσθμα	6,9%	5,4%	6,2%
Λοιμώδης βρογχίτιδα	12,1%	8,1%	10,1%
Οξεία βρογχίτιδα	17%	12,3%	14,1%

Για σύγκριση, η συχνότητα ρινίτιδας και λοιμώδους βρογχίτιδας στα παιδιά των Γρεβενών (που δεν επηρεάζονται από τη βιομηχανική ρύπανση) είναι 21,2% και 6,7% αντίστοιχα.

Δυστυχώς, **τα αναπνευστικά προβλήματα δεν είναι τα μόνα ούτε τα σοβαρότερα συμπτώματα της έκθεσης σε μικροσωματίδια και άλλους ρύπους**. Προς το παρόν, δεν έχει γίνει λεπτομερής καταγραφή των λοιπών επιπτώσεων στην Ελλάδα. Αξίζει όμως να κάνουμε μνεία αντίστοιχων μελετών σε άλλες χώρες. **Πρόσφατες μελέτες στις ΗΠΑ, για παράδειγμα, έδειξαν ότι 23.600 άτομα χάνουν πρόωρα τη ζωή τους λόγω των εκλυόμενων μικροσωματιδίων από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με ορυκτά καύσιμα (κυρίως άνθρακα).** Η μέση μείωση του προσδόκιμου ζωής λόγω αυτής της

αιτίας εκτιμάται σε 14 χρόνια, ενώ η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων ανέρχεται σε 167,3 δις δολάρια ετησίως. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τα αποτελέσματα των μελετών αυτών [15].

Συνέπειες της έκθεσης σε μικροσωματίδια από τη λειτουργία θερμοηλεκτρικών σταθμών στις ΗΠΑ	
Συνέπεια	**Αριθμός ετήσιων περιστατικών**
Θνησιμότητα	23.600
Εισαγωγή σε νοσοκομείο	21.850
Επείγουσα επίσκεψη σε ιατρείο λόγω κρίσης άσθματος	26.000
Καρδιακά επεισόδια	38.200
Χρόνια βρογχίτιδα	16.200
Κρίσεις άσθματος	554.000
Απώλεια ημερών εργασίας	3.186.000

Τα κρυφά κόστη της εξάρτησης από το λιγνίτη

Η αγοραία τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος δεν αντικατοπτρίζει τα πραγματικά κόστη της εξάρτησής μας από τον λιγνίτη. Τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά κόστη παραμένουν εν πολλοίς εκτός υπολογισμού, ακόμη και σήμερα που ένα μέρος τους αποτιμάται εμμέσως μέσω της εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών. Στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος ExternE, έγινε μία προσπάθεια αποτίμησης αυτού του λεγόμενου 'εξωτερικού' κόστους στην περίπτωση των λιγνιτικών σταθμών στην Ελλάδα [16-17]. Μια μέση μετριοπαθής εκτίμηση γι' αυτό το 'εξωτερικό' κόστος είναι 0,046-0,255 €/kWh (ανάλογα με τον σταθμό ηλεκτροπαραγωγής), ενώ η πιο απαισιόδοξη εκτίμηση (για το σταθμό της Μεγαλόπολης – μονάδες I-III) ανεβάζει το κόστος αυτό σε 0,72 €/kWh. Τι σημαίνει αυτό; Ότι **κανονικά, κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από λιγνίτη θα έπρεπε να στοιχίζει έως και 0,72 € πάνω από τη σημερινή της τιμή.** Για σύγκριση, το αντίστοιχο 'εξωτερικό' κόστος των φωτοβολταϊκών είναι μόλις 0,0014 €/kWh και των αιολικών 0,0024 €/kWh.

Η υπόσχεση της τεχνολογίας και η φενάκη του καθαρού άνθρακα

Ναι, η ηλεκτροπαραγωγή με λιγνίτη όπως γίνεται σήμερα στη χώρα μας έχει προβλήματα, θα συμφωνήσει ακόμη και ένας υπέρμαχος των ορυκτών καυσίμων. Τα προβλήματα αυτά όμως, θα αντιτείνει, θα λυθούν με δύο τρόπους:

- Με την κατασκευή νέων λιγνιτικών σταθμών υψηλότερης απόδοσης, και

- Με την πιθανή δέσμευση και αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται.

Ας δούμε τι σημαίνουν αυτά στην πράξη.

Η πλέον ώριμη και ενεργειακά αποδοτική τεχνολογία σήμερα είναι η υπερκρίσιμη μονάδα κονιορτοποιημένου άνθρακα η οποία φτάνει βαθμούς απόδοσης 43-45% για καύσιμο άνθρακα και 41-43% για καύσιμο λιγνίτη. Άλλες διαθέσιμες τεχνολογίες είναι της καύσης ανακυκλοφορούσας ρευστοποιημένης κλίνης (CFBC) ή ρευστοποιημένης κλίνης υπό πίεση (PFBC). Οι τελευταίες είναι πιο πολύπλοκες και ακριβές τεχνολογίες. Μια πιο πρόσφατη τεχνολογία είναι του Συνδυασμένου Κύκλου με Ενσωματωμένη Εξαερίωση (IGCC). Η τεχνολογία αυτή μπορεί να πετύχει βαθμούς απόδοσης έως και 45% και χαμηλότερες εκπομπές ρύπων [13].

Είναι θέμα κοινής λογικής ότι αν κατασκευαστεί μια νέα λιγνιτική μονάδα, αυτή εκ των πραγμάτων θα είναι αποδοτικότερη από τις παλιές μονάδες της ΔΕΗ. Αλίμονο αν συνέβαινε το αντίθετο! Ακόμη κι έτσι όμως, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα θα είναι υψηλότερες από αντίστοιχες μονάδες με καύσιμο π.χ. το φυσικό αέριο.

Επειδή η βιομηχανία άνθρακα κατανοεί πως οι εκπομπές αυτές αποτελούν την αχίλλειο πτέρνα του καυσίμου αυτού, καταβάλλει προσπάθειες για να μετριάσει το πρόβλημα. Δύο βήματα υπάρχουν προς αυτή την κατεύθυνση. Πρώτον, να δεσμεύσει κανείς το CO_2 στους ίδιους τους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς και δεύτερον να αποθηκεύσει το δεσμευμένο CO_2 σε υπόγειους ταμιευτήρες. Τι σημαίνουν αυτά στην πράξη;

Οι κυριότερες εμπορικές ή υπό ανάπτυξη τεχνολογίες δέσμευσης CO_2 σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες [18]:

- Διαχωρισμός CO_2 από το καυσαέριο (συνήθως με έκπλυση με αμίνη και απορρόφηση)
- Καύση σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου (oxy-fuel)
- Παραγωγή καυσίμου που δεν περιέχει άνθρακα (ο άνθρακας απομακρύνεται από το καύσιμο πριν αυτό οδηγηθεί για καύση)

Με τις τεχνολογίες αυτές, μπορεί κανείς να μειώσει τις εκπομπές CO_2 κατά 85% περίπου. Αν προσπεράσει προσωρινά κανείς το θέμα του κόστους εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών, δεν μπορεί παρά να σημειώσει μία παράπλευρη απώλεια που αφορά στην αποδοτικότητα του σταθμού. Η καύση σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου μειώνει την απόδοση του λιγνιτικού σταθμού κατά 10,5 μονάδες περίπου, ενώ η έκπλυση με αμίνη κατά 11,5 μονάδες. Αυτό σημαίνει ότι η απόδοση του σταθμού πέφτει ακόμη και κάτω από 25% [18].

Ας υποθέσουμε προσωρινά ότι δεσμεύει κανείς το CO_2. Στη συνέχεια θα πρέπει να το μεταφέρει με κάποιο τρόπο σε κατάλληλους υπόγειους ταμιευτήρες. Το να το μεταφέρει

κανείς δεν είναι απλή ούτε φθηνή υπόθεση. Μη ξεχνάμε ότι μιλάμε για 43 εκατ. τόνους CO_2 ετησίως! Η μεταφορά μπορεί να γίνει θεωρητικά με φορτηγά, τρένα, πλοία ή και αγωγούς που αποτελούν και την πιο δόκιμη λύση για τις τεράστιες ποσότητες για τις οποίες συζητάμε.

Οι γεωλογικοί χώροι υπόγειας αποθήκευσης που θεωρητικά μπορούν να υποδεχθούν το δεσμευμένο CO_2 είναι ενεργοί ή μη ταμιευτήρες πετρελαίου και φυσικού αερίου, αλατούχοι υδροφόροι ορίζοντες μεγάλου βάθους, καθώς και κοιτάσματα μη εξορυγμένου γαιάνθρακα. Άλλες εναλλακτικές λύσεις είναι η θάλασσα (σε μεγάλα βάθη) και η αποθήκευση μέσω ορυκτοποίησης.

Μιλώντας για την Ελλάδα, οι πιθανοί χώροι είναι οι ταμιευτήρες στην περιοχή του Πρίνου με χωρητικότητα 17 εκατ. τόνων, καθώς και ορισμένοι υδροφόροι ορίζοντες όπως στην Αλεξάνδρεια και το Λουδία με χωρητικότητα 2,2 δις τόνων [19].

Τι γίνεται όμως αν το CO_2 που θα αποθηκευτεί εκεί διαφύγει μακροπρόθεσμα στην ατμόσφαιρα; Κανείς δεν μπορεί να εγγυηθεί τη στεγανότητα αυτών των γεωλογικών σχηματισμών στο διηνεκές, πόσο μάλλον σε μία σεισμογενή χώρα. Τα νέα που φτάνουν από πρόσφατες έρευνες δεν αφήνουν και πολλά περιθώρια αισιοδοξίας. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Τέξας (2006) έδειξε ότι η έγχυση CO_2 σε ταμιευτήρες πετρελαίου είχε ως αποτέλεσμα την οξίνιση των πετρωμάτων και τη συνακόλουθη διάλυσή τους [20]. Έτσι όμως, το CO_2 μπορεί να διαφύγει είτε σε παρακείμενους υδροφορείς είτε στην ατμόσφαιρα.

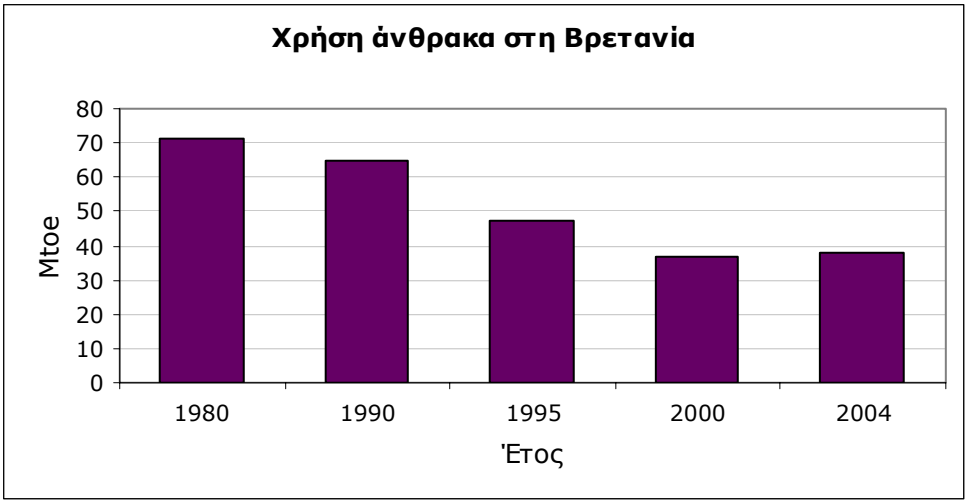
Ας δούμε λίγο και τα κόστη. Κατ' αρχήν μιλάμε για μια τεχνολογία που σε μεγάλη κλίμακα δεν πρόκειται να εφαρμοστεί πριν το 2020. Οι εκτιμήσεις συνεπώς για τα πραγματικά κόστη είναι λίγο παρακινδυνευμένες. Σε ότι αφορά στο κόστος της δέσμευσης του CO_2, αυτό εκτιμάται σε 30-45 $ ανά τόνο CO_2, αν και στη βιβλιογραφία αναφέρονται και τιμές περί τα 78 $ ανά τόνο CO_2. Αυτό μεταφράζεται σε αύξηση του κόστους παραγωγής κατά 0,025-0,065 €/kWh, δηλαδή ουσιαστικά για διπλασιασμό του κόστους της παραγόμενης κιλοβατώρας. Το κόστος μεταφοράς εκτιμάται σε 0,5 $ ανά τόνο CO_2 και ανά 100 χιλιόμετρα, ενώ το κόστος αποθήκευσης ποικίλλει από 4 έως 40 $ ανά τόνο CO_2 (ανάλογα με τη μέθοδο αποθήκευσης). **Όλα αυτά μαζί μπορούν να επιβαρύνουν την τιμή της κιλοβατώρας διπλασιάζοντας το κόστος για τον τελικό καταναλωτή** [21-25].

Είναι ρεαλιστική η απεξάρτηση από το λιγνίτη;

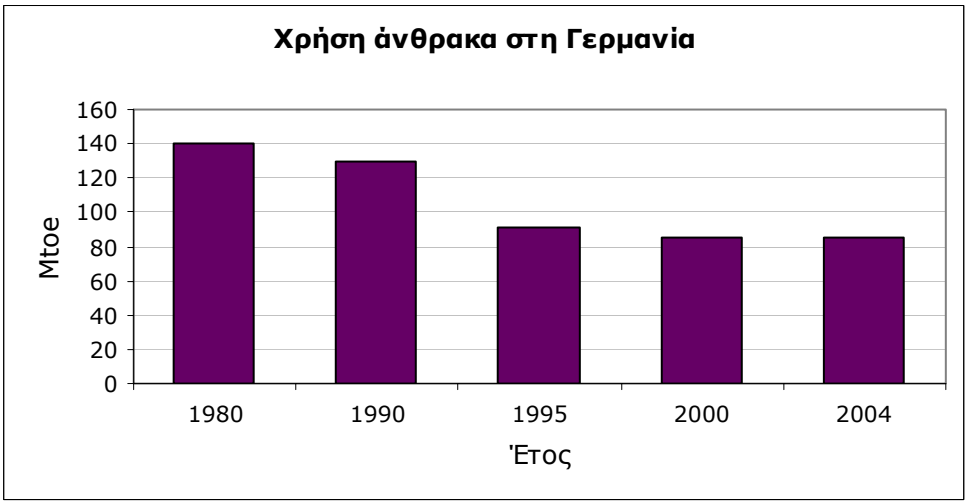
Το ερώτημα δεν είναι ρητορικό. Όταν μια χώρα εξαρτάται σε τόσο μεγάλο βαθμό από ένα καύσιμο, μπορεί να κάνει τη μεγάλη στροφή χωρίς συνέπειες για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού; Την απάντηση την δίνει η ίδια η ζωή.

Η Βρετανία, για παράδειγμα, μείωσε την εξάρτησή της από τον άνθρακα κατά το 1/3 σε μία μόνο δεκαετία (1990-2000). Χρειάστηκε βέβαια να προηγηθεί μια σκληρή πολιτική

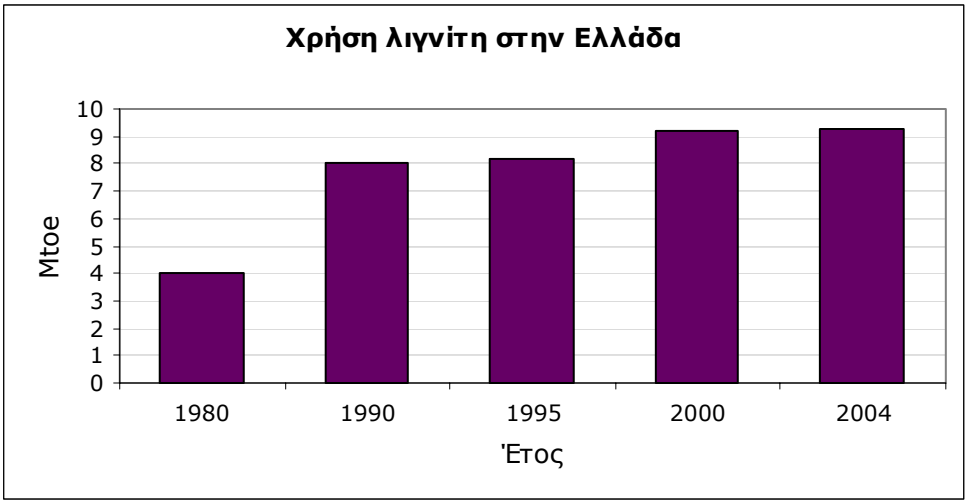
κόντρα της Μ. Θάτσερ με τους ανθρακωρύχους, αλλά αυτό ήταν περισσότερο θέμα στυλ της σιδηράς κυρίας παρά αναπόφευκτη συνέπεια μιας πολιτικής επιλογής. Πολλοί πιστεύουν ότι η αποδέσμευση αυτή έγινε δυνατή γιατί η Βρετανία αντικατέστησε τον άνθρακα με πυρηνικά. Λάθος! Η αποδέσμευση από τον άνθρακα έγινε κυρίως με αύξηση της αποδοτικότητας και με στροφή στο φυσικό αέριο. Την ίδια περίοδο που η Βρετανία έστρεφε την πλάτη της στον άνθρακα, έκλεινε ταυτόχρονα και πυρηνικούς σταθμούς. Από το 1988, έκλεισε συνολικά 12 παλιούς πυρηνικούς σταθμούς και άνοιξε μόλις έναν το 1995. Η συνολική πυρηνική ισχύς μειώθηκε, την ώρα που έφθινε παράλληλα και η ανθρακική ισχύς. Η Βρετανία έχει βάλει στόχο να αποδεσμευτεί πλήρως από τον άνθρακα μέσα στην επόμενη δεκαετία. Και απ' ότι δείχνει και το παρακάτω διάγραμμα, μάλλον θα τα καταφέρει.



Ακόμη και η Γερμανία, ο στυλοβάτης της βιομηχανίας άνθρακα στην Ευρώπη (και μεγαλύτερος παραγωγός λιγνίτη), μείωσε τη χρήση άνθρακα κατά το 1/3 από το 1990. Αν η Γερμανία αποφασίσει να κάνει τη μεγάλη στροφή, το τέλος της βιομηχανίας άνθρακα είναι αναπόφευκτο, τουλάχιστον στην Ευρώπη, αφού θα παρασύρει και άλλες χώρες.



Εκτός από τη Γερμανία, οι χώρες εκείνες που κρατούν ζωντανή τη βιομηχανία άνθρακα διεθνώς είναι οι ΗΠΑ και οι αναδυόμενες ασιατικές οικονομίες. Στις ΗΠΑ, το λόμπυ του άνθρακα όχι μόνο παραμένει ισχυρό, αλλά επέβαλε και τις απόψεις του στην αμερικανική κυβέρνηση η οποία, ως γνωστόν, ύψωσε το ανάστημά της απέναντι στο Κιότο. Δείτε πιο προσεκτικά τις χώρες εκείνες που δυσανασχετούν με το Κιότο ή ακόμη κι αν έχουν προσυπογράψει, αδυνατούν να σταθούν συνεπείς στις υποχρεώσεις τους. ΗΠΑ και Αυστραλία (που δεν υπέγραψαν) είναι σημαντικοί παραγωγοί και χρήστες άνθρακα. Η Ελλάδα (που αύξησε τη λιγνιτοπαραγωγή κατά 35% από το 1990 – έτος βάσης για το Πρωτόκολλο του Κιότο) αύξησε παράλληλα και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 30,9% την περίοδο 1990-2004. Αν συνυπολογίσει κανείς ότι ο συντελεστής εκπομπής CO_2 ανά παραγόμενη κιλοβατώρα βελτιώθηκε την αντίστοιχη περίοδο κατά 13% περίπου (ήταν 1,55 Kg CO_2/kWh το 1990), είναι θέμα απλής αριθμητικής να βρει κανείς ότι η αποτυχία της Ελλάδας να τιθασεύσει τις εκπομπές οφείλεται στην εμμονή της να χρησιμοποιεί λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή.



Αντιμέτωπη με αυτή την κατάσταση, η ενεργειακή βιομηχανία στην Ελλάδα αρχίζει να κινείται… προς πάσα κατεύθυνση. Από τη μια η ΔΕΗ κατανοεί πως χρειάζεται αλλαγή πορείας και ανακοινώνει την κατασκευή σταθμού με καύσιμο φυσικό αέριο στη Μεγαλόπολη, αφού ο εκεί λιγνιτικός σταθμός πνέει τα λοίσθια λόγω παλαιότητας. Δεδομένου ότι ο αγωγός φυσικού αερίου δεν έχει φτάσει ακόμη στη Μεγαλόπολη, η αλλαγή καυσίμου δεν προβλέπεται ως το 2010. Επίσης, στο πλαίσιο του νέου επιχειρησιακού της προγράμματος, η ΔΕΗ εξήγγειλε πρόσφατα την ανάπτυξη έως και 1.600 MW ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (από κοινού με άλλες εταιρίες) σε μια μάλλον εντυπωσιακή αλλαγή πορείας, αφού μέχρι πρόσφατα δεν φαίνεται να πίστευε σ' αυτή την προοπτική. Κι ενώ κάτι φαίνεται να κινείται στη ΔΕΗ που κατανοεί ότι δεν μπορεί να ελπίζει πλέον σε περαιτέρω ανάπτυξη του λιγνίτη, το κενό έρχονται να καλύψουν άλλοι ενεργειακοί όμιλοι οι οποίοι ονειρεύονται και ορέγονται νέους λιγνιτικούς σταθμούς στη Φλώρινα, την Ελασσόνα και τη Δράμα. Αν όμως ευοδωθούν αυτά τα σχέδια, η χώρα θα παραμείνει εκτός τροχιάς στην πορεία για μια ενεργειακή οικονομία χαμηλού άνθρακα και θα υποστεί μακροπρόθεσμα τις συνέπειες (περιβαλλοντικές, οικονομικές, κοινωνικές) αυτής της επιλογής. Μία νέα λιγνιτική μονάδα, ο σχεδιασμός της οποίας ξεκινά σήμερα, θα

λειτουργεί ως το 2040 περίπου. Είναι εκτός πραγματικότητας όλοι εκείνοι που πιστεύουν ότι μια λιγνιτική μονάδα (έστω και υψηλής απόδοσης) θα μπορεί να λειτουργεί με τα σημερινά χαμηλά κόστη ως το τέλος του ωφέλιμου χρόνου ζωής της. **Η ένταση των κλιματικών αλλαγών θα επιβάλλει εν τω μεταξύ αυστηρότερες κυρώσεις στους ρυπαίνοντες και ο λιγνίτης δεν έχει καμία ελπίδα σε μια τέτοια περίπτωση, αφού αντικειμενικά πρόκειται για το πιο ρυπογόνο καύσιμο. Εκτός αν κάποιοι πιστεύουν αφελώς ότι η Ελλάδα θα μπορεί να υπεκφεύγει χωρίς συνέπειες για μια γενιά ακόμη. Έτσι, αυτό που σήμερα φαίνεται ως ελκυστική επένδυση για κάποιους, θα εξελιχθεί σε ένα οικονομικό εφιάλτη. Κι αν το θέμα ήταν τα οικονομικά ρίσκα κάποιων εταιριών, θα ήταν μικρό το κακό. Εδώ όμως μιλάμε για ένα τεράστιο ρίσκο που παίρνουμε όλοι. Είναι το ρίσκο της αποτυχίας να συγκρατήσουμε τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, είναι το ρίσκο μίας εκτός ελέγχου αποσταθεροποίησης του κλίματος. Και το διακύβευμα είναι τόσο μεγάλο, που κανένα οικονομικό συμφέρον δεν μπορεί να έχει προτεραιότητα έναντι αυτού.**

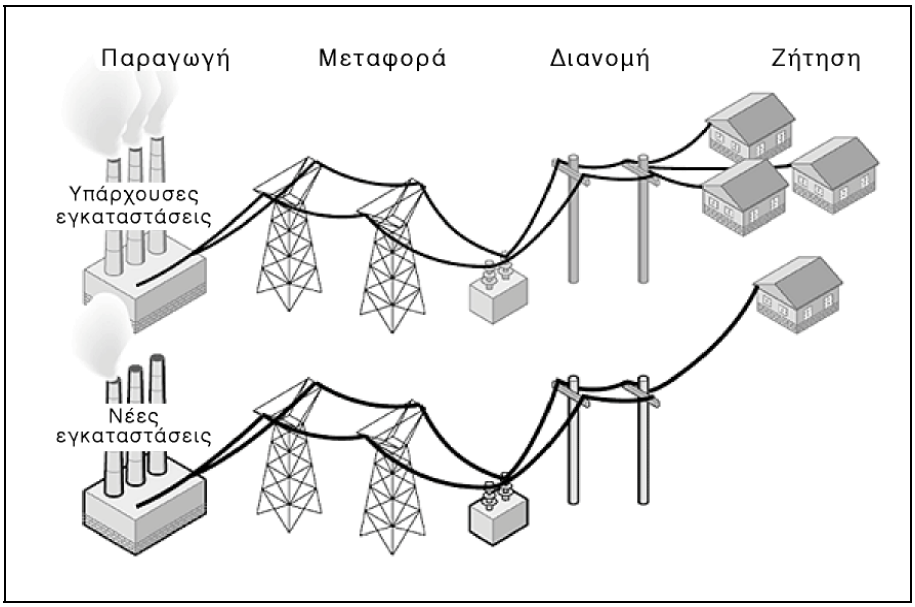
Για να επανέλθουμε στο αρχικό ερώτημα του κατά πόσο είναι ρεαλιστική μια αποδέσμευση από τον λιγνίτη, πρέπει να απαντήσουμε σε δύο ζητήματα: ένα ενεργειακής και ένα κοινωνικής φύσης. Πρέπει να δούμε κατά πόσο υπάρχουν επαρκείς εναλλακτικές λύσεις και, αν η απάντηση είναι θετική, πως θα γίνει η μετάβαση στη μεταλιγνιτική εποχή χωρίς να προκαλέσουμε επώδυνους κοινωνικούς κλυδωνισμούς με την απώλεια θέσεων εργασίας.

Να ξεκαθαρίσουμε κατ' αρχήν ότι καμία τεχνολογία δεν μπορεί να δώσει ικανοποιητική απάντηση στα ενεργειακά προβλήματα της χώρας, όσο δεν κάνουμε κάτι δραστικό σε ότι αφορά στον περιορισμό της ζήτησης. Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται εδώ και χρόνια στην Ελλάδα με ρυθμό περί το 4% ετησίως (έναντι αντίστοιχων ρυθμών 1-2% στην ΕΕ) και αν δεν επιβραδυνθούν αυτοί οι ρυθμοί, ούτε ο λιγνίτης, ούτε το φυσικό αέριο, ούτε οι ΑΠΕ θα μπορέσουν να αποτελέσουν επαρκή λύση. Οι ρυθμοί αύξησης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας είναι εξοργιστικά υψηλοί, καταδεικνύοντας μία σπάταλη ενεργειακά χώρα. Το επιχείρημα της σύγκλισης με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες είναι έωλο, αφού το μέσο ελληνικό νοικοκυριό δεν υπολείπεται πια σε ηλεκτρικές συσκευές των Ευρωπαίων εταίρων μας. Απλώς δεν νοιαζόμαστε για την ενεργειακή αποδοτικότητα των ηλεκτρικών συσκευών που αγοράζουμε και χρησιμοποιούμε. Επιπλέον, έχοντας αποτύχει οικτρά στο θέμα της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων, καταφεύγουμε στην ενεργειακά καταστροφική λύση των κλιματιστικών, που επιβάλλουν την κατασκευή και νέων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Δεν έχει νόημα να προσπαθήσουμε να γεμίσουμε ένα βαρέλι που είναι τρύπιο. Πρώτα πρέπει να κλείσουμε τις τρύπες και να σταματήσουμε τις διαρροές. Δυστυχώς, όλες οι μέχρι τώρα προτάσεις μακροχρόνιου ενεργειακού σχεδιασμού εστίασαν στο κομμάτι της προσφοράς, αγνοώντας επιδεικτικά το κομμάτι της ζήτησης την οποία θεώρησαν σχεδόν ως αυτονόητη και αναπόφευκτη.

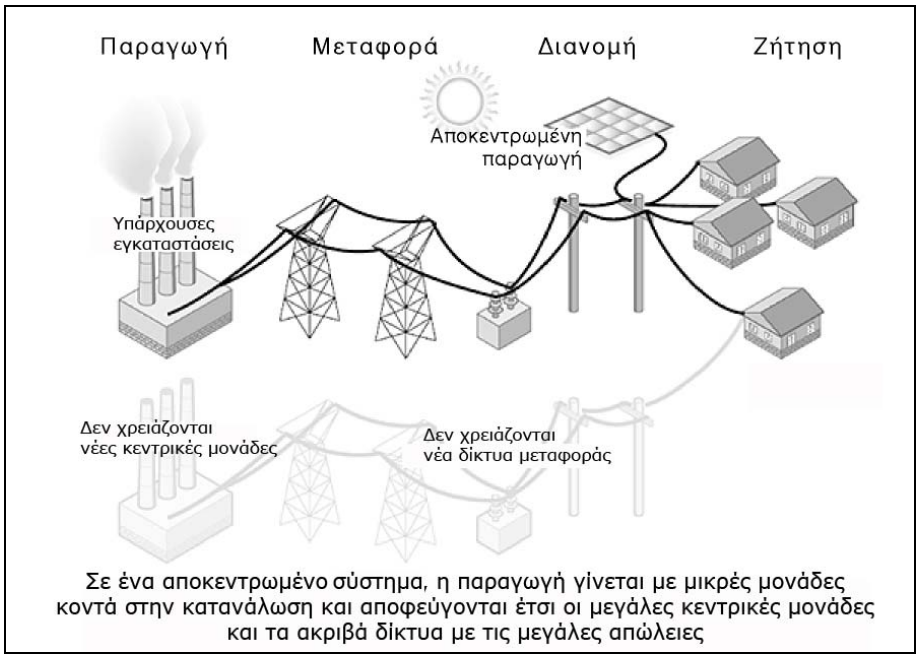
Το να κάνουμε την εξοικονόμηση ενέργειας την πρώτη προτεραιότητα του ενεργειακού σχεδιασμού, αποτελεί τη μόνη ρεαλιστική, αξιόπιστη και οικονομικά

εφικτή λύση. Επικουρικά με την ορθολογική χρήση της ενέργειας, το κενό μπορούν πλέον να καλύψουν οι ΑΠΕ (με αιχμή τα αιολικά και σημαντική συμβολή από τα φωτοβολταϊκά, τους ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής [που ενισχύονται πλέον γενναία από τη νέα νομοθεσία για τις ΑΠΕ – Ν. 3468/2006], τη βιομάζα, τη γεωθερμία και τα μικρά υδροηλεκτρικά). Σε τελική ανάλυση, η ίδια η εθνική νομοθεσία προβλέπει κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ σε ποσοστό 20,1% ως το 2010 και 29% ως το 2020. Δεδομένης και της διείσδυσης του φυσικού αερίου τα επόμενα χρόνια, η ποσοστιαία μείωση της εξάρτησης από τον λιγνίτη είναι και μαθηματικά αναπόφευκτη.

Το φυσικό αέριο έχει να παίξει ένα ρόλο στην μεταλιγνιτική εποχή, δεν θα πρέπει όμως να υπερτιμούμε αυτό το ρόλο. Μπορεί το αέριο να επιβαρύνει λιγότερο το περιβάλλον σε σχέση με το λιγνίτη και το πετρέλαιο, δεν παύει όμως να είναι κι αυτό ορυκτό καύσιμο με σημαντική συνεισφορά στην επιδείνωση των κλιματικών αλλαγών. Μπορεί το φυσικό αέριο να θεωρείται ο 'πρίγκηπας των υδρογονανθράκων', όμως είναι πλέον καιρός να αποδεσμευτούμε από την ενεργειακή μοναρχία των ορυκτών καυσίμων και να αναζητήσουμε δημοκρατικές λύσεις στο χώρο της καθαρής ενέργειας. Το πέρασμα σε μια αποκεντρωμένη, διασπαρμένη παραγωγή βασιζόμενη στις ΑΠΕ και ο σχεδιασμός πιο έξυπνων δικτύων, θα μας βοηθήσει να πετύχουμε μια πιο ορθολογική, πιο φιλική στο περιβάλλον και εν τέλει πιο επωφελή λύση στα σημερινά ενεργειακά και περιβαλλοντικά αδιέξοδα. Ο λιγνίτης είναι το σύμβολο του σημερινού ενεργειακού κατεστημένου. Λόγω της συγκέντρωσης των κοιτασμάτων σε λίγες περιοχές, οδηγηθήκαμε και σε υπερσυγκέντρωση των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και μάλιστα σε περιοχές που βρίσκονται μακριά από την κύρια κατανάλωση. Ως αποτέλεσμα, έχουμε τεράστιες απώλειες για τη μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας, απώλειες που ξεπερνούν το 10%. Αυτές τις απώλειες μπορούμε να τις αποφύγουμε σε μεγάλο βαθμό καταφεύγοντας στην αποκεντρωμένη παραγωγή και στα μικρά και ευέλικτα συστήματα ΑΠΕ (όπως είναι π.χ. τα φωτοβολταϊκά).



Το παραδοσιακό συγκεντρωτικό σύστημα παραγωγής-διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας



Ένα αποκεντρωμένο σύστημα παραγωγής-διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας

Σε ότι αφορά στην κοινωνική διάσταση, η πρόταση για αποδέσμευση από τον λιγνίτη θα πρέπει να απαντήσει στο πως θα διασφαλιστούν εναλλακτικές θέσεις εργασίας στον ενεργειακό τομέα, αφού η λιγνιτοπαραγωγή διασφαλίζει σήμερα αρκετές χιλιάδες θέσεις εργασίας. Η απάντηση ευνοεί και πάλι τις **καθαρές πηγές ενέργειας**, αφού αυτές **δημιουργούν περισσότερες θέσεις εργασίας από τον λιγνίτη, τόσο ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος όσο και ανά μονάδα ενέργειας**. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τα αποτελέσματα πρόσφατης έρευνας επί του θέματος [26].

Εργατοέτη σε σχέση με λιγνίτη (λιγνίτης = 1)	**ανά μονάδα ισχύος**	**ανά μονάδα ενέργειας**
Λιγνίτης (παραγωγή & ορυχεία)	1	1
Φωτοβολταϊκά	2,5	18,75
Αιολικά	0,9	3,75
Βιομάζα	2,4	2,50
Γεωθερμία	2,8	2,50
Ηλιοθερμικά	1,4	6,25
Υδροηλεκτρικά	1,2	6,88

Το θέμα των θέσεων εργασίας μπορεί λοιπόν να απαντηθεί. Το πραγματικό ερώτημα είναι πως θα περάσουμε σε μια μεταλιγνιτική εποχή χωρίς απότομες και επώδυνες αλλαγές. Το κατά πόσο θα υπάρξει δηλαδή σχεδιασμός και πρόνοια ώστε η ελληνική κοινωνία να απορροφήσει κατά το δυνατόν τους κλυδωνισμούς μιας τόσο μεγάλης αλλαγής.

Η απάντηση σ' αυτό το ερώτημα ίσως τελικά να είναι πολύ απλή. **Για να αντιμετωπίσουμε τα προβλήματα που είναι συνυφασμένα με τον λιγνίτη και τα οποία περιγράψαμε παραπάνω, θα πρέπει να διασφαλίσουμε κατ' αρχήν ότι δεν θα κατασκευαστούν νέοι λιγνιτικοί σταθμοί. Οι παλιές μονάδες της ΔΕΗ μπορούν να κλείνουν σταδιακά σε βάθος χρόνου καθώς φτάνουν στο τέλος του ωφέλιμου χρόνου ζωής τους**. Έτσι, η μετάβαση στη μεταλιγνιτική εποχή θα γίνει σταδιακά και θα διαρκέσει σχεδόν 20-25 χρόνια, αφού τότε εκτιμάται ότι θα απαξιωθεί και ο πιο σύγχρονος λιγνιτικός σταθμός της ΔΕΗ.

Το ερώτημα λοιπόν δεν είναι αν θα περάσουμε σε μια μεταλιγνιτική εποχή. Κάτι τέτοιο είναι πλέον επιβεβλημένο αν δεν θέλουμε να υποστούμε τις συνέπειες των κλιματικών αλλαγών. Το πραγματικό ερώτημα είναι πόσο γρήγορα θα συμβεί αυτό. Και η απάντηση δεν μπορεί παρά να είναι πολιτική, με την έννοια ότι **η χώρα χρειάζεται επιτέλους ένα μακροχρόνιο ενεργειακό σχεδιασμό που δεν θα υποθηκεύει το μέλλον των επόμενων γενεών, αλλά θα ανοίγει το δρόμο στην εποχή της καθαρής ενέργειας, στην εποχή της ηλιακής οικονομίας.**

Παραπομπές

1. **Lundberg F.** (2003). *To phase out coal: the structure of the coal industry, its environmental effects, and the possibilities of phasing out the use of coal*. The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain. www.acidrain.org
2. **Καβουρίδης Κ.Β., Χαλούλος Κ., Λεοντίδης Μ., Ρούμπος Χ.** (2005). *Η εκμετάλλευση του λιγνίτη στην Ελλάδα με οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια. Σημερινή κατάσταση και προοπτικές.* Διημερίδα 'Λιγνίτης και Φυσικό Αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας', 9-10 Ιουνίου 2005, ΤΕΕ, http://library.tee.gr/digital/m2069/m2069_kavouridis_a.pdf
3. **BP** *Statistical Review of World Energy*, June 2005.
4. **ΔΕΗ** (2006). *Απολογισμός 2005,* www.dei.gr
5. **ΥΠΑΝ** (2005). *3η Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διείσδυσης της ανανεώσιμης ενέργειας το έτος 2010 (Άρθρο 3 Οδηγίας 2001/77/ΕΚ),* Αθήνα, Οκτώβριος 2005, www.ypan.gr
6. **ΥΠΕΧΩΔΕ** (2006). *Δελτίο τύπου για την κατανομή δικαιωμάτων εκπομπών*, 18 Μαΐου 2006.
7. **EPER** (2006). European Pollutant Emission Register, www.eper.cec.eu.int
8. **Charalabides G., Triantafyllou A., Aberg G., Manoliadis O., Patra A.** (2001*). PM_{10} concentrations and lead isotope variations of PM_{10} in the town of Kozani, West Macedonia, Hellas.* 7th Intl. Conf. on Environmental Science and Technology, Ermoupolis, Syros, Sep. 2001, www.ath.aegean.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=4445
9. **Triantafyllou A., Kiros E., Evagelopoulos V.** (2002). Respirable particulate matter at an urban and nearby industrial location. Concentrations and variability and synoptic weather conditions during high pollution episodes. *J. Air & waste Manage. Assoc.* 52:174-185, http://airlab.teikoz.gr/htm/2.pdf
10. **Triantafyllou A., Kiratzis A., Voutsinas M., Kiros E., Evagelopoulos V.** (2003). Analysis of suspended particulate levels in an industrial area over a multi-year period. 8th Intl. Conf. on Environmental Science and Technology, Lemnos, 8-10 Sep. 2003, www.ath.aegean.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=4048#search=%22pollution%20lignite%20Kozani%22
11. **Samara C.** (2005). Chemical mass balance source apportionment of TSP in a lignite-burning area of Western Macedonia, Greece. *Atmospheric Environment* 39 (2005) 6430-6443, http://gift.kr/techtrend/download.jsp?sno=153278&down_url=/upload/leekira/article778A(2005.11).pdf
12. **Biterna M., Voutsa D.** (2005). Polychlorinated biphenyls in ambient air of NW Greece and in particulate emissions. *Environment International* 31 (2005) 671-677, http://gift.kisti.re.kr/techtrend/download.jsp?sno=143671&down_url=/upload/leekira/article550I(2005.7).pdf
13. **Ευθυμιάδης Α., Βιρβίλη Ε., Πορφύρης Γ.** (2005). *Συγκριτική αξιολόγηση τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από πλευράς οικονομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης*. Διημερίδα 'Λιγνίτης και Φυσικό Αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας', 9-10 Ιουνίου 2005, ΤΕΕ.
14. **Sichletidis L., Tsiotsios I., Gavriilidis A., Chloros D., Gioulekas D., Kottakis I., Pataka A**. (2005). The effects of environmental pollution on the respiratory system of children in Western Macedonia, Greece. *J. Invest Allergol Clin Immunol* 2005; Vol. 15(2):117-123, www.jiaci.org/issues/vol15issue02/6.pdf
15. **Abt Associates Inc.** (2004). *Power Plant Emissions: Particulate Matter-Related Health Damages and the Benefits of Alternative Emission Reduction Scenarios.* www.cleartheair.org/dirtypower/docs/abt_powerplant_whitepaper.pdf
16. **Diakoulaki D., Mirasgentis S., Tziantzi M.** (2001). *Environmental externalities and the development of renewable energy sources*. Laboratory of Industrial and Energy Economics, Department of Chemical Engineering, National Technical University of Athens, www.soc.uoc.gr/calendar/2000EAERE/papers/PDF/F4-Diakoulaki.pdf
17. **NTUA** (1997). *External costs of electricity generation in Greece*. Laboratory of Industrial & Energy Economics, National Technical University of Athens, Dec. 1997.
18. **Κακαράς Ε., Δουκέλης Α., Γιαννακόπουλος Δ., Κουμανάκος Α.** (2005). *Δέσμευση CO_2 στον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από λιγνίτη και φυσικό αέριο*. Διημερίδα 'Λιγνίτης και Φυσικό Αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας', 9-10 Ιουνίου 2005, ΤΕΕ, http://library.tee.gr/digital/m2069/m2069_kakaras.pdf

19. **Κούκουζας Ν., Στογιάννης Π., Κλήμαντος Π., Κακαράς Ε.** (2005). *Αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα σε υπόγειους γεωλογικούς ταμιευτήρες.* Διημερίδα 'Λιγνίτης και Φυσικό Αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας', 9-10 Ιουνίου 2005, ΤΕΕ.
20. **New Scientist** (2006). *Carbon Dioxide's great underground escape in doubt*. Issue 2560, pp. 19, 18 July 2006.
21. **DOE/EPRI** (2000). *Evaluation of innovative fossil fuel power plants with CO_2 removal*. EPRI., Palo Alto, California; U.S. Department of Energy–Office of Fossil Energy, Germantown, Maryland, and U.S. Department of Energy/NETL, Pittsburgh, Pennsylvania: 1000316.
22. **Herzog H.** (2006). *The future of coal: addressing carbon and other environmental concerns.* 2006 EIA Energy Outlook and Modeling Conference, MIT, March 27th 2006.
23. **Herzog H., Golomb D.** (2004). *Carbon capture and storage from fossil fuels*. Contribution to Encyclopaedia of Energy. http://sequestration.mit.edu/pdf/enclyclopedia_of_energy_article.pdf
24. **Bock B.R., Rhudy R.G., Herzog H.** *CO_2 storage and sink enhancements: Developing comparable economics*. MIT, http://sequestration.mit.edu/pdf/ghgt6_paper_H4-1.pdf
25. **Hurst P.** (2004). CO_2 capture and storage: an overview of BP's activities. Sep. 2004, www.tkk.fi/Units/ChemEng/efce/2004/presentations/MWR%20WoodmanEFCE%20co2.pdf
26. **Ψωμάς Σ.** (2005). *Η συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.* 3° Εθνικό Συνέδριο 'Η εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: Προοπτικές και προτεραιότητες προς το στόχο του 2010', Μονάδα Ανανεώσιμων Ενεργειακών Πόρων ΕΜΠ, Αθήνα, 23-25 Φεβ. 2005, www.helapco.gr/library/RES_Jobs_Helapco-Feb05.pdf

Greenpeace, Κλεισόβης 9, 106 77 Αθήνα, τηλ: 210 - 38 40 774 & 5, www.greenpeace.gr