

I.H.T.

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΕΚΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΓΙΑ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΒΟΛΟΣ 3 - 5 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1999



ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Τόμος Γ'

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

**6ο ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΟΥ Ι.Η.Τ. ΓΙΑ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
“ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ”**

ISSN 1108 - 3603

Επιμέλεια έκδοσης: Γ. Τσιλιγκιρίδης

Έκδοση του: *Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής*
Τ.Θ. 487, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
540 06 Θεσσαλονίκη
Τηλ. 031 996087, 996084
e-mail:tsil@vergina.eng.auth.gr

Εκτύπωση: *Εκδόσεις “Γιαχούδη – Γιαπούλη”*
Κ. Μελενίκου 15
540 06 Θεσσαλονίκη
τηλ. 031 216 779
e-mail:giah-giap@the.forthnet.gr

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την έκδοση αυτή συμπληρώνεται η τεκμηρίωση όλων των εργασιών, οι οποίες παρουσιάστηκαν στο 6^ο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας.

Ο παρών τόμος περιλαμβάνει τους χαιρετισμούς των επισήμων, τις εργασίες των προσκεκλημένων ομιλητών καθώς και εργασίες, οι οποίες παρουσιάστηκαν μεν στο Συνέδριο, τα γραπτά όμως κείμενα έφτασαν στην Οργανωτική Επιτροπή αφού ήδη είχε γίνει έκδοση των δύο τόμων των πρακτικών, καθώς επίσης και οι τοποθετήσεις των συνέδρων στη συζήτηση της στρογγυλής τραπέζης.

Στο 6^ο Συνέδριο συνολικά παρουσιάστηκαν και περιέχονται στα πρακτικά του 132 εργασίες σε ένα σύνολο 1.220 σελίδων. Οι αριθμοί αυτοί δείχνουν ότι η ελληνική επιστημονική κοινότητα είναι ευαισθητοποιημένη και συνεχίζει να εργάζεται ερευνητικά στον τομέα των Ήπιων Μορφών Ενέργειας.

Η Επιστημονική και Οργανωτική Επιτροπή εκφράζουν τις ευχαριστίες τους σε όλους όσους βοήθησαν στην οργάνωση και παρουσίαση του σημαντικού αυτού έργου.

Ο Πρόεδρος του ΙΗΤ

Β.Α. Σωτηρόπουλος

ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Νικόλαος Βλάχος	Πρόεδρος	Καθηγητής Τμ. Μηχ/γων Μηχανικών Βιομηχανίας ΠΘ
Βασίλης Μποντόζογλου	Αντιπρ.	Πρόεδρος Ελληνικής Ένωσης Εργαστηρίων-HellasLab
Παναγιώτης Τσιακάρας	Ταμίας	Αν. Καθ., Πρόεδρος Τμ. Μηχ/γων Μηχ/κών Βιομηχανίας ΠΘ
Κων/νος Κίττας	Μέλος	Λέκτορας Τμ. Μηχ/γων Μηχανικών Βιομηχανίας ΠΘ
Ιωάννης Λεκάκης	Μέλος	Αν. Καθ. Τμ. Γεωπονίας Φυτικής & Ζωικής Παραγωγής ΠΘ
Αντώνιος Λιακόπουλος	Μέλος	Διδάσκων Τμ. Μηχ/γων Μηχανικών Βιομηχανίας ΠΘ
Φίλιππος Λουκίσσας	Μέλος	Καθηγητής Τμ. Πολιτικών Μηχανικών ΠΘ
Δημήτριος Μαραγκός	Μέλος	Καθηγητής Τμ. Μηχ. Χωροταξίας & Περιφ. Ανάπτυξης ΠΘ
Γιώργος Γκάγκας	Μέλος	Πρόεδρος Συνδέσμου Ελληνικών Χημικών Βιομηχανιών
Ιωάννης Πρίντζος	Μέλος	ΔΕΜΕΚΑΒ/Περιφ. Ενεργειακό Γραφείο Θεσσαλίας
Εμμανουήλ Σιγανός	Μέλος	Πρόεδρος ΤΕΕ/Τμ. Μαγνησίας
Βλάχης Σωτηρόπουλος	Μέλος	Διευθνή Εργοστασίου ΑΓΕΤ "Ολυμπος" - Βόλος
Γεώργιος Τσιλιγκιρίδης	Μέλος	Ομ. Καθηγητής Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ
		Λέκτορας Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Α. Αϊβαζίδης	ΔΠΘ	Ν. Μουσιόπουλος	ΑΠΘ
Ε. Αθανασάκου	Ενεργ. Φυσικός	Γ. Μπεργελές	ΕΜΠ
Ν. Ανδρίτσος	ΕΙΤΧΗΔ	Β. Μποντόζογλου	ΠΘ
Δ. Ασημακόπουλος	ΕΚΠΑ	Π. Ντοκόπουλος	ΑΠΘ
Δ. Ασημακόπουλος	ΕΜΠ	Κ. Πανέτσος	ΑΠΘ
Κ. Βαγενάς	Π. Πατρών	Α. Παπαγιαννάκης	ΕΜΠ
Σ. Βαρνάβας	Π. Πατρών	Δ. Παπαηλιού	Π. Πατρών
Ν. Βλάχος	ΠΘ	Κ. Πάττας	ΑΠΘ
Σ. Βουτσινός	ΕΜΠ	Μ. Σανταμούρης	ΕΚΠΑ
Δ. Γεωργίου	Π. Πατρών	Χ. Σαχσαμάνογλου	ΑΠΘ
Σ. Γιαννιώτης	ΓΠΑ	Α. Σταματέλλος	ΠΘ
Ι. Γκανούλης	ΑΠΘ	Ε. Σταπουντζής	ΑΠΘ
Ε. Διαμαντόπουλος	Πολ. Κρήτης	Β. Σωτηρόπουλος	ΑΠΘ
Α. Καράμπελας	ΑΠΘ	Ι. Τσαμόπουλος	Π. Πατρών
Ν. Κουμούτσος	ΕΜΠ	Π. Τσιακάρας	ΠΘ
Α. Κωσταντόπουλος	ΕΙΤΧΗΔ	Γ. Τσιλιγκιρίδης	ΑΠΘ
Ν. Κωτσοβίνος	ΔΠΘ	Μ. Φούντη	ΕΜΠ
Ι. Λεκάκης	ΠΘ	Μ. Φυτίκας	ΑΠΘ
Θ. Λέκκας	Π. Αιγαίου	Π. Χαβιαρόπουλος	ΚΑΠΕ
Ν. Μαρκάτος	ΕΜΠ	Ν. Χρυσομαλλίδου	ΑΠΘ

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΟΥ ΙΗΤ

Β. Σωτηρόπουλος	Πρόεδρος, καθ. ΑΠΘ	Α. Θαναηλάκης	Μέλος, καθ. ΔΠΘ
Κ. Πανέτσος	Α' Αντιπρόεδρος, καθ. ΑΠΘ	Α. Καράμπελας	Μέλος, καθ. ΑΠΘ
Κ. Πάττας	Β' Αντιπρόεδρος, καθ. ΑΠΘ	Ν. Κουμούτσος	Μέλος, ομ. καθ. ΕΜΠ
Γ. Τσιλιγκιρίδης	Γραμ., λέκτορας ΑΠΘ	Α. Παπαδόπουλος	Μέλος, επίχ. καθ. ΑΠΘ
Σ. Νυχάς	Ταμίας, καθ. ΑΠΘ	Μ. Φυτίκας	Μέλος, καθ. ΑΠΘ
Ν. Γεωργουλός	Μέλος, αν. καθ. ΔΠΘ	Ν. Χρυσομαλλίδου	Μέλος αναπ. Καθ. ΑΠΘ

ΕΛΕΓΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Νικόλαος Ανδρίτσος	Δρ. Χημικός Μηχανικός, ερευνητής ΕΚΕΤΑ/ΙΤΧΗΔ
Κων/νος Παπακώστας	Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός, επιστ. συνεργάτης ΑΠΘ

ΤΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

ευχαριστεί

το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, τη ΔΕΗ, την ΑΓΕΤ Ηρακλής, την Αναπτυξιακή Καρδίτσας, τη ΓΓΕΤ, το Δήμο Βόλου, την ΕΒΕΤΑΜ, τις Εκδόσεις Τζιόλα, την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης, Ελληνική Ένωση Εργαστηρίων - HellasLab, το Ενεργειακό Κέντρο Τρικάλων, την Ένωση Ξενοδόχων Ν. Μαγνησίας, την Επιτροπή Ερευνών του ΠΘ, το ΕΠΕΑΕΚ/ΠΜΣ του ΤΜΜΒ ΠΘ, τον ΕΟΤ, το ΙΜΑΣ, τη Leader Books, τη Μαλτέζος, τη Νομαρχία Καρδίτσας, τη Νομαρχία Μαγνησίας, τις Εκδόσεις Παπασωτηρίου, την Συρίβελης και όλους όσους βοήθησαν υλικά και ηθικά στη διοργάνωση του 6^{ου} ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ για τις ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΤΟΜΟΣ Γ΄

Αντί προλόγου	
Πίνακας Περιεχομένων	
Τελετή Έναρξης – Χαιρετισμοί	
Ομιλίες Προσκεκλημένων Ομιλητών	
Εργασίες που δεν περιελήφθησαν στους τόμους Α΄ και Β΄	
Συζήτηση Στρογγυλής Τραπέζης	
Ευρετήριο συγγραφέων τόμου Γ΄	

ΤΕΛΕΤΗ ΕΝΑΡΞΗΣ – ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΙ

ΟΜΙΛΙΕΣ ΠΡΟΣΚΕΚΛΗΜΕΝΩΝ ΟΜΙΛΗΤΩΝ

Ενέργεια και περιβάλλον – Οικονομία και Πολιτική <i>Αχ. Αδαμαντιάδης</i> 15
Η ενέργεια σε παγκόσμια κλίμακα – Αποθέματα και αειφορία <i>Γ. Γιαδικιάρη</i> 33
Η στρατηγική της έρευνας και ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας <i>Κ. Διαμαντάρας</i> 45
Η συμβολή της έρευνας στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας <i>Α. Καράμπελας</i> 59
Υπολογιστική ρευστομηχανική στις ενεργειακές διεργασίες <i>Γ. Μπεργελές</i> 79
Ενεργειακή βελτιστοποίηση και βελτίωση ποιότητας προϊόντων στις διεργασίες στερεών <i>Ε. Τσότσας</i> 91
Γεωθερμία: Ιστορία, εφαρμογές και προοπτικές μιας ήπιας μορφής ενέργειας <i>Μ. Φυτίκας</i>105
Ενέργειας και κτίριο: Από τη θεωρία στην εφαρμογή και από τις μικρές ενεργειακές παρεμβάσεις στις ολοκληρωμένες λύσεις <i>Ν. Χρυσομαλλίδου</i>121

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΕΡΙΕΛΗΦΘΗΣΑΝ ΣΤΟΥΣ ΤΟΜΟΥΣ Α΄ ΚΑΙ Β΄

Θερμοκρασιακή συμπεριφορά μεμονωμένων χώρων κτιρίων γραφείων στην καλοκαιρινή περίοδο

A. Κοκκινάκη - Δανιήλ137

Φ/Β Συστήματα σε κτίρια

A. Χάρης145

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΡΟΓΓΥΛΗΣ ΤΡΑΠΕΖΗΣ

ΤΕΛΕΤΗ ΕΝΑΡΞΗΣ - ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΙ

ΤΕΛΕΤΗ ΕΝΑΡΞΗΣ ΤΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

Ν. Βλάχος: Κυρίες και κύριοι καλημέρα σας. Εκ μέρους της Οργανωτικής Επιτροπής σας καλωσορίζω στο 6^ο Εθνικό Συνέδριο του ΙΗΤ που εφέτος έχει σαν θέμα την Βελτιστοποίηση των Ενεργειακών Διεργασιών. Έχετε ελπίζω όλοι το πρόγραμμα στα χέρια σας και θα έχετε ιδεί τις θεματικές ενότητες. Έχουμε 125 εργασίες και λόγω ασθένειας του ενός θα έχουμε 7 προσκεκλημένους ομιλητές.

Θα ήθελα να αναφερθώ σε κάποιους χαιρετισμούς που έχουν σταλεί μετά από επικοινωνία με τους φορείς της περιοχής μας. Ο Σεβασμιότατος Μητροπολίτης Θεσσαλιώτιδος κ. Θεόκλητος χαιρετίζει το Συνέδριο και επειδή εγκαθίσταται αυτές τις ημέρες στην νέα Μητρόπολη, δεν θα μπορέσει να είναι παρών στην σημερινή μας συνάντηση. Το Συνέδριό μας χαιρετίζουν ο Βουλευτής Λάρισας κ. Ν. Κατσαρός, ο Γενικός Γραμματέας Βιομηχανίας κ. Παν. Θεοφανόπουλος, ο Γενικός Γραμματέας Έρευνας και Τεχνολογίας ο κ. Αθ. Τσαφάρης. Επίσης ο Πρόεδρος του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος κ. Κώστας Λιάσκας χαιρετίζει το Συνέδριο αλλά επειδή υπάρχει άλλη εκδήλωση στην Αθήνα δεν μπορεί να παρευρίσκεται εδώ. Έχουμε τουλάχιστον (2) φαξ, από τον Βουλευτή Μαγνησίας κ. Αλ. Βούλγαρη και από τον Βουλευτή Μαγνησίας και πρώην Υπουργό κ. Γ. Σούρλα που χαιρετίζουν το Συνέδριό μας.

Θα ήθελα να παρακαλέσω τον κ. Μαρκάκη, Πρόεδρο του ΔΕΜΕΚΑΒ, ο οποίος εκπροσωπεί τον Δήμαρχο Βόλου να έλθει στο Βήμα και να χαιρετίσει το Συνέδριο.

κ. Μαρκάκης: Κύριε Πρόεδρε, αγαπητοί Σύεδροι, κατ' αρχάς σαν εκπρόσωπος του Δημάρχου κ. Κουντούρη, σας καλωσορίζω στην πόλη του Βόλου. Είναι πάντα χαρά για μας όχι μόνο να παρευρισκόμαστε αλλά και να συμμετέχουμε σε επιστημονικά συνέδρια και να είμαστε σε συνεργασία με τους τοπικούς φορείς και ιδιαίτερα με το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Θέλω επίσης να ευχαριστήσω το ΙΗΤ γιατί επέλεξε την πόλη του Βόλου να διοργανώσει το 6^ο Συνέδριό του και έτσι να μεταφέρει τις δραστηριότητές του στο χώρο της κεντρικής Ελλάδας, στη Θεσσαλία. Ο Δήμος Βόλου συμμετέχει στο Συνέδριο με το ενεργειακό του Κέντρο το οποίο ήταν από τα πρώτα που δημιουργήθηκαν σαν Περιφερειακό Ενεργειακό Κέντρο Θεσσαλίας. Αυτό δείχνει το ενδιαφέρον του Βόλου για τα ενεργειακά θέματα-προβλήματα και ειδικότερα στον Τομέα εξοικονόμησης ενέργειας, ιδίως σε χρήσεις ήπιων μορφών ενέργειας.

Σκοπός του Ενεργειακού Κέντρου είναι όχι μόνον η σύνταξη μελετών αλλά να αξιοποιήσει και να εφαρμόσει στο μέγιστο δυνατό βαθμό το ενδογενές ενεργειακό δυναμικό. Μπορεί το τοπικό ενεργειακό δυναμικό της πόλης μας, της περιοχής μας σε σχέση με την εθνική κλίμακα να φαίνεται μικρό αλλά είναι πολύ σημαντικό για μας σε τοπικό επίπεδο. Γιατί μας βοηθάει να εξοικονομούμε ενέργεια για το δημοτικό φωτισμό, για τα δημοτικά κτίρια και επίσης να αξιοποιούμε το ντόπιο υδάτινο δυναμικό. Ενδεικτικά θα σας αναφέρω ότι το

Περιφερειακό Ενεργειακό Κέντρο του Δήμου Βόλου, συνέταξε την μελέτη σκοπιμότητας για την αξιοποίηση των νερών του Πηλίου.

Σήμερα το νερό που χρησιμοποιείται στο Πολεοδομικό συγκρότημα αξιοποιείται και ήδη παράγεται ηλιακή ενέργεια. Επίσης το Ενεργειακό Κέντρο του Δήμου Βόλου συνέταξε μελέτη για την βελτιστοποίηση του δημοτικού φωτισμού με αποτέλεσμα να έχουμε στα δημοτικά κτίρια μια εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 30% περίπου. Σήμερα τα δημοτικά κτίρια μετασκευάζονται και εφαρμόζουμε πιλοτικές μεθόδους με σκοπό την εξοικονόμηση της ενέργειας. Χαρακτηριστικά αναφέρω το συγκρότημα Τσαλαπάτα όπου ανακατασκευάζεται και εκεί χρησιμοποιήθηκαν πιλοτικές μέθοδοι με την βοήθεια και μελέτη προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επίσης το κτίριο όπου θα στεγασθεί το Περιφερειακό. Ενεργειακό Κέντρο του Δήμου κατασκευάστηκε με βάση τις αρχές της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής. Τέλος, το Περιφερειακό μας Κέντρο συμμετέχει ενεργά στην υλοποίηση περιφερειακών ευρωπαϊκών προγραμμάτων. Εντός των ημερών περιμένουμε σε συνεργασία με το τμήμα διαχείρισης υδατίνων πόρων της Περιφέρειας να συμμετέχουμε στην μέτρηση των νερών των χειμάρρων της Θεσσαλίας με σκοπό την αξιοποίησή τους.

Αγαπητοί Σύεδροι τα στελέχη του Ενεργειακού Κέντρου θα παρακολουθήσουν όλες τις εργασίες του Συνεδρίου και θα προσπαθήσουν να αξιοποιήσουν τα αποτελέσματα και τις εφαρμογές τους για το καλό της πόλης. Θα ήθελα από την πλευρά της πολιτικής ηγεσίας και της Δημοτικής Αρχής να παρακαλέσω το Ινστιτούτο και τους φορείς που συμμετέχουν να συνεργασθούν με τον Δήμο Βόλου στην υλοποίηση ευρωπαϊκών προγραμμάτων σε σχέση με την ενέργεια, διότι και η πολιτική βούληση υπάρχει και το στελεχιακό δυναμικό υπάρχει αλλά και η εμπειρία στην εφαρμογή των προγραμμάτων είναι δεδομένη. Σας ευχαριστώ και σας εύχομαι καλή επιτυχία στο Συνέδριο.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε πάρα πολύ τον εκπρόσωπο του κ. Δημάρχου και πρόεδρο του ΔΕΜΕΚΑΒ. Σας ανακοινώνω ότι ο Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας Θεσσαλίας, κ. Ι. Καρατζιώτης βρίσκεται στην κεντρική Διοίκηση διότι διεκδικεί χρήματα για την περιφέρειά μας και μας στέλνει τον χαιρετισμό του. Ο κ. Νομάρχης επίσης πρέπει είναι στην ίδια πορεία με τον κ. Γενικό και στέλνει τον χαιρετισμό του.

Θα ήθελα να παρακαλέσω τον εκπρόσωπο του Συνδέσμου Βιομηχανιών Θεσσαλίας και Κεντρικής Ελλάδος και Δ/ντή του Εργοστασίου "Όλυμπος" της ΑΓΕΤ-Ηρακλής, κ. Εμμ. Σιγανό, να χαιρετίσει το Συνεδριό μας.

Εμ. Σιγανός: Καλημέρα σας, εκ μέρους του Συνδέσμου Βιομηχανιών Θεσσαλίας & Κεντρικής Ελλάδος χαιρετίζω την έναρξη του Συνεδρίου που έχει άμεση σχέση με τις δραστηριότητες της βιομηχανίας η απορροφά κατά μεγάλα ποσά ενέργεια. Το θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας πέραν των άλλων έχει και ουσιαστική σχέση με την ανταγωνιστικότητα της Βιομηχανίας και έτσι με ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα παρακολουθήσουμε τις εργασίες αυτού του Συνεδρίου και θα ακούσουμε τα συμπεράσματα τα οποία θα προκύψουν. Ευχαριστώ πολύ που μου δόθηκε η ευκαιρία να ανέλθω στο Βήμα και να

χαιρετίσω αυτό το Συνέδριο.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε. Θα ήθελα να δώσω τον λόγο στον Πρόεδρο του ΙΗΤ τον φίλατο και αγαπητό συνάδελφο καθηγητή του ΑΠΘ κ. Βλ. Σωτηρόπουλο να πει δύο λόγια γιατί γίνεται αυτό το Συνέδριο.

Β. Σωτηρόπουλος: Αγαπητοί κυρίες και κύριοι Σύνεδροι, για πέμπτη φορά βρίσκομαι στην ευχάριστη θέση από αυτό το Βήμα να χαιρετίζω ένα συνέδριο διότι εδώ και 18 χρόνια στην Θεσσαλονίκη και στην Ξάνθη 20 καθηγητές είχαν ανησυχίες για την χρήση της ενέργειας και ιδρύσαμε το ΙΗΤ που σαν κύριο σκοπό είχε την προώθηση της έρευνας, την διάδοση των εφαρμογών και κυρίως την ενημέρωση του κοινού σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Πρώτος πρόεδρος το 1982 είχε εκλεγεί ο κ. Πάττας ο οποίος οργάνωσε και το 1^ο Συνέδριο το 1982 το οποίο ήταν καταλυτικό για την περιοχή διότι τότε παρουσιάστηκαν 130 εργασίες, οι σύνεδροι ήταν περίπου 300 και τα πρακτικά περιελάμβαναν όλη την γνώση που υπήρχε μέχρι τότε πάνω στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Λόγω των ερευνητικών εργασιών του ο κ Πάττας αποχώρησε από την προεδρία του ΙΗΤ και στη συνέχεια ανέλαβα εγώ.

Έκτοτε λοιπόν κάναμε άλλα 4 συνέδρια που μαζί με το σημερινό γίνονται 6. Δηλαδή έχουμε φθάσει στο 6^ο Συνέδριο όπου συνολικά έχουν παρουσιαστεί μαζί με τις σημερινές περίπου 750 επιστημονικές εργασίες. Μπορούμε δε να πούμε ότι γύρω στους 500 ερευνητές στην Ελλάδα ασχολούνται με το θέμα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα πρακτικά έχουν φθάσει τις 6.000 σελίδες που περιλαμβάνουν αυτή τη γνώση και αποτελούν πλέον μια βιβλιογραφική αναφορά η οποία είναι απαραίτητη για όλους όσους ασχολούνται σε αυτή την περιοχή.

Χαιρόμαστε ιδιαίτερα διότι παρακολουθούμε την παράλληλη εξέλιξη στην εφαρμογή των ήπιων και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μπορώ να ειπώ ότι σήμερα γνωρίζουμε ότι στην Ελλάδα υπάρχουν τα περισσότερα ηλιόθερμα, δηλαδή ηλιακοί συλλέκτες, με αποθήκευση για νερό χρήσης από τις νοικοκυρές γύρω στα 2 εκατ. τ.μ. Είμαστε οι πρώτοι φυσικά και νομίζω ότι τώρα πάνε να μας περάσουν οι Γερμανοί. Έχουμε επίσης αρχίσει και εγκαθιστούμε ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά, κάνουμε χρήση της γεωθερμίας, βιομάζας και κυρίως η εφαρμογή των παθητικών συστημάτων δηλαδή στην λεγόμενη βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει λάβει πάρα πολύ μεγάλη έκταση. Είναι ωραίο αυτό διότι το κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι χρησιμοποιούμε σε όλες αυτές τις εφαρμογές πλην των φωτοβολταϊκών, πάρα πολύ ελληνική τεχνολογία. Ακόμη και οι γεννήτριες που φτιάχνουμε τώρα έχουν μέσα πολύ ελληνική τεχνολογία.

Έδωσαν λοιπόν τα έξι αυτά συνέδρια τις δυνατότητες στους μεν παλιούς ερευνητές να δείξουν την δουλειά τους, στους δε νέους επιστήμονες να παρουσιάζουν την δουλειά τους, να δημοσιεύουν εργασίες και συγχρόνως βέβαια να γνωρίζουν και να γνωρίζονται μεταξύ τους για συνεργασίες. Εκείνο που είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι ότι το Συνέδριο κράτησε σε υψηλό επίπεδο τις προδιαγραφές των παρουσιαζομένων εργασιών έτσι ώστε να μην συζητείται καν η αναγνώριση αυτών των δημοσιευμάτων σε περίπτωση όπου γίνει κάποια αξιολόγηση στα Πανεπιστήμια.

Νομίζω, ότι μετά από αυτούς τους αριθμούς έγινε αντιληπτό ότι ο σκοπός που έβαλε το Ινστιτούτο κατά κάποιο τρόπο εκπληρώνεται από τον χρόνο που μας πέρασε και δικαιώνεται η κάθε προσπάθεια. Από αυτό το Βήμα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συμμετείχαν ενεργά στα δρώμενα του ΙΗΤ και να ευχηθώ και το Συνέδριο που αρχίζει σήμερα να έχει την ίδια επιτυχία όπως και τα άλλα. Ευχαριστώ.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε κύριε Πρόεδρε. Μόλις είχαμε μια τηλεφωνική επικοινωνία με την Υφυπουργό κ. Ρ. Ζήση που μας εύχεται καλή επιτυχία και ότι λόγω των υποχρεώσεων δεν μπορεί να παρευρεθεί στην έναρξη του Συνεδρίου.

Παρακαλώ τον Πρόεδρο του Τμήματος Μαγνησίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος κ. Ι. Πρίντζο να απευθύνει ένα σύντομο χαιρετισμό στο Συνεδριό μας.

Ι. Πρίντζος: Κύριε Πρόεδρε, αγαπητοί Σύεδροι, κυρίες και κύριοι, κατ' αρχήν θέλω να σας καλωσορίσω στην όμορφη πόλη μας, στο νομό της Μαγνησίας με το θαυμάσιο περιβάλλον, διότι πιστεύω ότι τα συνέδρια είναι καλά. Έχω πάρει μέρος και εγώ σε πάρα πολλά συνέδρια, αλλά είναι πολύ καλύτερα όταν το συνέδριο γίνεται σε έναν όμορφο χώρο. Θα πρότεινα λοιπόν στον κ. Σωτηρόπουλο το συνέδριο να το κάνει πάντα εδώ. Εμείς θα το δεχόμαστε με πολύ ευχαρίστηση και θα τον βοηθάμε.

Κυρίες και κύριοι, η ανάπτυξη μιας χώρας εξαρτάται κυρίως από την δυνατότητα κατανάλωσης της διαθέσιμης ενέργειας. Σήμερα σε όλες τις χώρες η κατανάλωση ενέργειας βαίνει διαρκώς αυξανόμενη. Το περιβάλλον είναι άμεσα συνδεδεμένο με την κατανάλωση της ενέργειας και οι επιπτώσεις σε αυτό εξαρτώνται από το ύψος της καταναλισκομένης ενέργειας αλλά και από τις μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται. Στο τρίπτυχο ανάπτυξη-περιβάλλον-ενέργεια, το μεγάλο ζητούμενο είναι να πετύχουμε την αειφόρο ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος.

Ο άνθρωπος στην μακραίωνη ιστορία του χρησιμοποίησε και χρησιμοποιεί διάφορες πηγές ενέργειας. Το ξύλο, ο άνθρακας, το πετρέλαιο χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται ως βασικές πηγές ενέργειας. Η ενέργεια όμως των παραπάνω υλικών έχει σοβαρότατες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Σήμερα όλοι μιλούμε για το φαινόμενο των θερμοκηπίων που οφείλεται στην αύξηση του διοξειδίου του άνθρακος από την καύση.

Πέραν όμως από τον παράγοντα της προστασίας του περιβάλλοντος η χρήση των παραπάνω υλικών δημιουργεί εξάρτηση ιδιαίτερα για την χώρα μας από άλλες χώρες αφ' ενός και αφ' ετέρου οι ύλες αυτές δεν είναι ανεξάντλητες. Σήμερα βεβαίως έχουμε και την πυρηνική ενέργεια και αρκετές χώρες βασίζουν τον ενεργειακό τους δυναμικό σε αυτή. Η χρήση της όμως αποτελεί τον εφιάλτη θα έλεγα της ανθρωπότητας μετά τα γνωστά πυρηνικά ατυχήματα με τις τρομοκρατικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Εκ των πραγμάτων λοιπόν δημιουργείται η ανάγκη στροφής σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας, σε ήπιες και ανανεώσιμες πηγές οι οποίες δίνουν λύση στο ενεργειακό πρόβλημα, δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον ή το επιβαρύνουν ελάχιστα και είναι ανεξάντλητες. Η γεωθερμική, η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική, η ενέργεια από βιομάζα, είναι μορφές ενέργειας προς την οποία θα

πρέπει να στραφούν οι χώρες και ιδιαίτερα η πατρίδα μας.

Η χώρα μας έχει το προνόμιο να είναι πλούσια σε ηλιακή και αιολική ενέργεια. Θα έλεγα ο ζωοδότης ήλιος μας τροφοδοτεί με τεράστιες ποσότητες καθημερινά. Η ενέργεια που φθάνει στη γη κάθε χρόνο εκτιμάται σε 150 τρις. MW. Χονδρικά, η μισή ποσότητα αυτή φθάνει στην επιφάνεια της γης, και είναι πολύ μεγάλη. Είναι χαρακτηριστικό ότι 24 τ.κλμ. στην περιοχή των Αθηνών δέχονται τόση ηλιακή ενέργεια όση παράγει η ΔΕΗ για όλη την χώρα, με στοιχεία βέβαια του 1992. Δυστυχώς η τεράστια αυτή ποσότητα δεν είναι άμεσα απολήψιμη. Είναι ανάγκη να ευρεθούν μέθοδοι και συσκευές με τις οποίες αυτό θα καταστεί δυνατό. Πρέπει πάντως να επισημάνουμε ότι στην Ελλάδα με στοιχεία του 1989 υπήρχαν εγκατεστημένα 1,2 εκατ. τ.μ. ηλιακών συλλεκτών. Είμαστε η χώρα με την μεγαλύτερη χρήση ενεργητικών συστημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Κυρίες και κύριοι, η ενεργειακή πολιτική μιας χώρας όσον αφορά την παραγωγή, την διάθεση και την διαχείριση της ενέργειας πρέπει να βασίζεται κατά την άποψή μου στην ανακύκλωση των υλικών, στον περιορισμό της χρήσης ενεργοβόρων υλικών, στον περιορισμό ενεργοβόρων βιομηχανιών, στην ορθολογική χρήση της ενέργειας, στην χρήση συσκευών που καταναλίσκουν λιγότερη ενέργεια, στην εξοικονόμηση ενέργειας σε όλα τα στάδια και κυρίως στην χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Είμαι βέβαιος ότι πάνω σε όλα αυτά τα ζητήματα θα ακουστούν στο παρόν Συνέδριο λαμπρές εισηγήσεις και θα εξαχθούν σπουδαία συμπεράσματα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την εξοικονόμηση ενέργειας, την προστασία του περιβάλλοντος και την αειφόρο ανάπτυξη. Το Τεχνικό Επιμελητήριο Μαγνησίας συμμετέχει στην διοργάνωση του παρόντος Συνεδρίου αναγνωρίζοντας την μεγάλη σπουδαιότητά του. Εύχομαι καλή επιτυχία στις εργασίες του Συνεδρίου και σας ευχαριστώ.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε κύριε Πρόεδρε. Πριν δώσω τον λόγο στον αγαπητό συνάδελφο, τον Πρόεδρο του Τμήματος ΜΜΒ, θα παρακαλούσα τον κ. Νομάρχη, τον κ. Πάνο Σκοτεινιώτη, ο οποίος μόλις μπήκε στην αίθουσα, να χαιρετίσει την συνάντησή μας.

Π. Σκοτεινιώτης: Κυρίες και κύριοι Σύεδροι, θα ήθελα να ζητήσω την κατανόησή σας για κάποια καθυστέρηση που είχα αλλά δυστυχώς δεν μπορούν να υπολογιστούν όλα με απόλυτη ακρίβεια, και βεβαίως να σας ευχαριστήσω που επιλέξατε τον Βόλο, την Μαγνησία για την πραγματοποίηση αυτού του τόσο σημαντικού Συνεδρίου. Είμαι βέβαιος ότι δεν θα βγείτε χαμένοι από αυτήν την επιλογή.

Ο εικοστός αιώνας και η βιομηχανική επανάσταση, όπως καλύτερα από εμένα γνωρίζετε, συνοδεύτηκαν από τον πολλαπλασιασμό των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου οι οποίες σχετικά γρήγορα οδήγησαν στην εντατική εκμετάλλευση των στερεών καυσίμων και του φυσικού αερίου. Είναι γνωστό πως η μεγάλη ενεργειακή ισχύς των προαναφερομένων σημαντικών καυσίμων οδήγησαν σταδιακά στην περιθωριοποίηση των παραδοσιακών πηγών ενέργειας. Εξαίρεση ίσως αποτελεί η υδροδυναμική ενέργεια μεγάλης κλίμακας. Για παράδειγμα, η παραδοσιακή βιομάζα από κύρια πηγή οικιακής θέρμανσης του παρελθόντος

έγινε διακόσμηση σε ώρες γιορτής.

Σήμερα, στην παρούσα οικονομική και τεχνολογική πραγματικότητα, θα πρέπει να ενεργοποιηθεί όλη η επιστημονική κοινότητα για την περαιτέρω διερεύνηση, ανάλυση και απόδειξη της χρησιμότητας, της αναγκαιότητας καλύτερα, για την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ίσως έφθασε ο κατάλληλος χρόνος και πρέπει να υποστηριχθεί ουσιαστικά η ιδέα που έχει εκφραστεί από πολλούς κατά το παρελθόν και μέχρι τις ημέρες μας. Να γίνει δηλαδή η χώρα μας ένα κέντρο παραγωγής ενέργειας από εναλλακτικές πηγές.

Είμαι απόλυτα βέβαιος ότι στο Συνέδριο αυτό, θα διαφανούν και θα προταθούν πρακτικά εφαρμόσιμες λύσεις και κατευθύνσεις. Συγκεκριμένοι στόχοι για ενεργειακή πολιτική που θα στοχεύει στην βελτίωση της εξοικονόμησης ενέργειας. Ας θεωρηθεί πως οι κατευθύνσεις αυτές αφού προωθηθούν στις αρμόδιες πολιτικές αρχές θα αξιοποιηθούν και θα χρησιμοποιηθούν για βελτίωση και ανάπτυξη της εθνικής αλλά και της τοπικής ενεργειακής στρατηγικής.

Και πάλι σας ευχαριστώ για την ευκαιρία που μου δώσατε, να ευχηθώ καλή επιτυχία στο Συνεδριό σας και καλή διαμονή αυτές τις ημέρες στο Βόλο.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε τον κ. Νομάρχη. Καλώ στο βήμα τον συνάδελφο κ. Βασ. Μποντόζογλου, Πρόεδρο του ΤΜΜΒ του ΠΘ, να απευθύνει έναν χαιρετισμό και να μας πει μερικά διαδικαστικά του Συνεδρίου.

Β. Μποντόζογλου: Κυρίες και κύριοι, βρίσκομαι στο Βήμα αυτό με δύο ιδιότητες. Με αυτή του Προέδρου του ΤΜΜΒ που συνδιοργανώνει το Συνέδριο θα ήθελα να σας καλωσορίσω όλους, να σας ευχηθώ ένα δραστήριο τριήμερο στο Βόλο και επίσης μια ευχάριστη διαμονή. Με την ιδιότητά μου ως μέλος της Οργανωτικής Επιτροπής θέλω απλώς να επιστήσω την προσοχή σε ορισμένες τεχνικές φύσης λεπτομέρειες.

Η συνδιοργάνωση αυτού του Συνεδρίου αποτέλεσε από την αρχή για μας μια πρόκληση για δύο λόγους. Κατ' αρχήν διότι είναι γενική παραδοχή ότι τα συνέδρια του ΙΗΤ είναι πολύ επιτυχημένα συνέδρια. Συνεπώς καλούμαστε και εμείς να ανταπεξέλθουμε με την ελάχιστη εμπειρία μας σε ένα πολύ επιτυχημένο παρελθόν. Η δεύτερη πρόκληση ήταν το γεγονός ότι θέλαμε να συνεισφέρουμε και εμείς την δική μας ιδιαίτερη νότα στην θεματολογία του Συνεδρίου. Η νότα αυτή είναι η έμφαση, παράλληλα με τις υπόλοιπες δραστηριότητες, στα θεμελιώδη εργαλεία ανάλυσης και σχεδιασμού των ενεργειακών συστημάτων. Θέλουμε δηλαδή παράλληλα με τους επιστήμονες που ασχολούνται με την εφαρμοσμένη έρευνα και με την ενσωμάτωση στον παραγωγικό ιστό της χώρας των ενεργειακών τεχνολογιών αιχμής, να φέρουμε εδώ και ανθρώπους που ασχολούνται με την θεμελιώδη έρευνα και συνεπώς να συγκεντρώσουμε πρακτικά όλο το φάσμα των Ελλήνων επιστημόνων που ασχολούνται με θέματα ενέργειας.

Σε ποίο βαθμό θα το πετύχαμε αυτό θα το ξέρουμε πιθανόν μετά από (3) ημέρες. Επειδή όμως καμιά φορά η επιτυχία ενός συνεδρίου εξαρτάται και από μικρές λεπτομέρειες θα ήθελα να σας επιστήσω την προσοχή σε λίγα τεχνικά θέματα. Εύχομαι καλή δουλειά και καλή διαμονή.

Ν. Βλάχος: Λαμπρά και πολύ χρήσιμα όσα μας είπε ο κ. Πρόεδρος. Κυρίες και κύριοι δεν μπορώ να κρύψω την επιστημονική μου ανατροφή και γι' αυτό άφησα ένα εκλεκτό παλιό συνάδελφο, μια και είμαι μηχανολόγος, να μιλήσει τελευταίος. Καλώ λοιπόν στο Βήμα τον Πρόεδρο του Πανελληνίου Συλλόγου Διπλωματούχων Μηχ/γων-Ηλ/γων κ. Γ. Κεραμάρη να απευθύνει ένα σύντομο χαιρετισμό στο Συνέδριό μας.

Γ. Κεραμάρης: Κύριε Νομάρχα, κύριοι Πρόεδροι, Σύεδροι, σήμερα θα ανακοινώσω κάτι πολύ ευχάριστο. Ο Φορέας μας θα στηρίξει οικονομικά στα μέτρα των δυνατοτήτων του το ΙΗΤ και το Συνέδριο.

Βέβαια εγώ θα τονίσω το πολιτικό σκέλος του Συνεδρίου διότι το επιστημονικό θα το ακούσετε για τρεις ημέρες και ίσως να σας κουράσει. Το πολιτικό σκέλος είναι το πόσο καταφέρνουμε εμείς οι επιστήμονες και κυρίως οι τεχνικοί επιστήμονες, να πείσουμε την πολιτεία και την κοινωνία για την σημαντικότητα της δουλειάς που κάνουμε γιατί πραγματικά αυτό είναι το ζητούμενο. Δεν είναι να ανταλλάσσουμε απλά εργασίες μεταξύ μας αν και αυτό βέβαια είναι πάρα πολύ σημαντικό γιατί προάγει την επιστήμη. Το σημαντικό είναι να πείσουμε εν κατακλείδει την κοινωνία και την πολιτεία διότι η πολιτεία θα πάρει μέτρα για να χρησιμοποιήσει το αποτέλεσμα της δουλειάς μας.

Έτσι λοιπόν θέλω να επαινέσω και να συγχαρώ τον κ. Νομάρχη και τον εκπρόσωπο του κ. Δημάρχου που βρίσκονται σήμερα εδώ και να διαμαρτυρηθώ εκ μέρους των 25.000 επιστημόνων σαν εκλεγμένος εκπρόσωπός τους για τα υπόλοιπα πολιτικά πρόσωπα που δεν παρευρίσκονται. Το λρω αυτό, γιατί πραγματικά και ουσιαστικά τα πολιτικά πρόσωπα είναι εκείνα που μπορούν, που έχουν την εξουσία να προωθήσουν λύσεις. Είχα την ευτυχία στο παρελθόν να υπηρετήσω και εγώ σε τέτοιες θέσεις και το γνωρίζω εξ ιδίας εμπειρίας.

Το δεύτερο όμως είναι η δικιά μας ευθύνη. Η κοινωνία δεν έχει άμεσους θεσμούς αλλά κάποιους θεσμούς, μεταξύ βέβαια αυτών είναι η τοπική αυτοδιοίκηση. Εμείς έχουμε την κύρια ευθύνη να πάμε προς την κοινωνία, να βρούμε τρόπους επικοινωνίας για να προβάλλουμε όχι προς ίδιο όφελος αλλά προς όφελος της κοινωνίας το έργο μας. Το αντικείμενο δε που έχουμε αυτές τις ημέρες να συζητήσουμε εδώ, η ενέργεια, είναι για την κοινωνία το Α και το Ω και για την πολιτεία δύο φορές το Α και το Ω.

Το ζητούμενο είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Εμείς έχουμε και τον λιγνίτη και τον ήλιο. Πιστεύω ότι η πολιτική σημασία αυτού του συνεδρίου και των αποτελεσμάτων του είναι πάρα πολύ μεγάλη και σαν τέτοια πιστεύω ότι θα την χειρισθούν όσοι μπορούν να βοηθήσουν σε αυτήν την κατεύθυνση. Τα αποτελέσματα του συνεδρίου θα αξιοποιηθούν κατάλληλα. Εύχομαι καλή επιτυχία.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστώ κύριε Πρόεδρε. Επειδή αυτή η τελετή έναρξης μεταδίδεται από το διεθνές Διαδίκτυο θα ήθελα να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου όλους αυτούς οι οποίοι με πολύ συναίσθηση ευθύνης βοήθησαν να είμαστε σήμερα οργανωμένοι και να ξεκινάει ομαλά το Συνέδριο που για πολλούς από εμάς είναι ένα σημαντικό συνέδριο. Δεν θα τους αναφέρω ονομαστικά. Θα τους δείτε έξω και είναι αυτοί που θα μας κάνουν να

αισθανθούμε όμορφα και ξεκούραστα στην πόλη μας και μέσα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, μέσα στο χώρο του Συνεδρίου.

Φθάσαμε λοιπόν στο σημείο που θα αρχίσει το επιστημονικό μέρος του Συνεδρίου και γι' αυτό έχω το προνόμιο και την τιμή να καλέσω τον συνάδελφο και Αντιπρύτανη του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας καθηγητή κ. Ν. Αράβα να κηρύξει την έναρξη των εργασιών του Συνεδρίου μας.

Ν. Αράβας: Θα ήθελα να σας καλωσορίσω και εκ μέρους της Πρυτανείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο 6^ο Εθνικό Συνέδριο το οποίο διοργανώνεται από το Ινστιτούτο της Ηλιακής Τεχνικής και το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας του ΠΘ. Θεωρώ ότι συνέδρια όπως και το σημερινό δείχνουν για άλλη μια φορά ότι το ΠΘ αν και είναι ένα νέο σχετικά Πανεπιστήμιο συμμετέχει ήδη ενεργά τα επιστημονικά δρώμενα της χώρας. Με την ευκαιρία αυτή θα ήθελα να πω λίγα λόγια για το ΠΘ το οποίο ιδρύθηκε επισήμως το 1985 και δέχθηκε τους πρώτους φοιτητές το 1989 και από τότε αναπτύσσεται συνεχώς.

Σήμερα εκτός από τα Πολυτεχνικά Τμήματα, τα οποία πιθανόν γνωρίζετε, υπάρχει το Γεωπονικό τμήμα, οι σχολές Ιατρικής και Κτηνιατρικής, τα τέσσερα Παιδαγωγικά τμήματα και το τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού. Φέτος ξεκίνησαν δύο νέα τμήματα, Αρχιτεκτόνων και Οικονομικών Επιστημών. Από την επόμενη ακαδημαϊκή χρονιά θα ξεκινήσει το τμήμα Μηχανικών Η/Υ, Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων στον Πολυτεχνικό κύκλο και της Βιοχημείας-Βιοτεχνολογίας στον Ιατρικό κύκλο. Σήμερα το ΠΘ έχει 3.000 φοιτητές και όταν όλα τα τμήματα φθάσουν σε πλήρη ανάπτυξη περιμένουμε αυτός ο αριθμός να φθάσει στις 6.000, δηλαδή να διπλασιασθεί.

Με μεγάλη μου χαρά κηρύσσω την έναρξη του Συνεδρίου και εύχομαι καλή επιτυχία στις εργασίες σας.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε τον κ. Αντιπρύτανη του ΠΘ και όλους τους παριστάμενους που μας τίμησαν. Σε αυτό το σημείο αρχίζει το επιστημονικό μέρος του Συνεδρίου.

ΟΜΙΛΙΕΣ ΠΡΟΣΚΕΚΛΗΜΕΝΩΝ ΟΜΙΛΗΤΩΝ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

Του Αχιλλέα Γ. Αδαμαντιάδη
Adjunct Καθηγητή του George Washington University
Ενεργειακού Συμβούλου της Διεθνούς Τράπεζας

1. Εισαγωγή

1.1 Ο τίτλος της ομιλίας αποτελείται από δύο δίπτυχα: έχει γίνει κοινή συνείδηση ότι οι όροι «ενέργεια» και «περιβάλλον» συνδέονται στενά, καθώς οι συνέπειες της αυξανόμενης κατανάλωσης ενέργειας γίνονται όλο και πιο αισθητές στην καθημερινή μας ζωή. Παρόμοια και οι έννοιες «οικονομία» και «πολιτική» είναι αυτονόητα συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η στενή όμως σύνδεση και των τεσσάρων εννοιών μεταξύ τους δεν έχει γίνει σαφής μέσα στο νου μας με αποτέλεσμα να μην αναζητούνται πάντοτε λύσεις των προβλημάτων με τους κατάλληλους μοχλούς. Ακόμα και σήμερα ακούει κανείς από σοβαρούς επιστήμονες και ερευνητές να εξαρτούν τις ελπίδες τους για το πρόβλημα του θερμοκηπίου (με τον οποίο θα ασχοληθούμε περισσότερο στα παρακάτω), προτείνοντας καθαρά τεχνολογικές λύσεις, όπως η χημική ή φυσική δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα και η αποθήκευσή του στα βάθη των ωκεανών! Δεν υποπτεύονται πολλοί πως τα προβλήματα του ενεργειακού-περιβαλλοντικού διδύμου είναι άρρηκτα συνυφασμένα με αποφάσεις και εξελίξεις στην οικονομία και την πολιτική. Τα παραδείγματα που θα παρουσιαστούν στην παρούσα ομιλία θα καταδείξουν την στενή αυτή αλληλεξάρτηση και την ανάγκη για συνδυασμένες πρωτοβουλίες και ενέργειες.

1.2 Το διφυές πρόβλημα ενέργεια-περιβάλλον αναδύεται σήμερα σαν ένα μεγάλο και ίσως αγωνιώδες ερώτημα μέσα στη δυναμική του χρόνου: ποιά θα είναι το μέλλον του ανθρώπινου πολιτισμού, ή ακόμα, ποιά είναι η προοπτική για την ίδια την επιβίωση του ανθρώπου στη γη; Πως μπορεί ο άνθρωπος, που επιδιώκει με κάθε τρόπο την οικονομική ανάπτυξη για να ανυψώσει τη στάθμη του βιωτικού του επιπέδου που για την πλειοψηφία των κατοίκων της γής βρίσκεται ακόμα πολύ χαμηλά, να καταφέρει η ανάπτυξη αυτή να είναι «αιεφόρος». Μέσα στα πλαίσια της παρούσας σύντομης ομιλίας, θα δοθεί ένα γενικό περίγραμμα του προβλήματος, με έμφαση στις αλληλοσυνδέσεις και συνέργειες μεταξύ των τεσσάρων εννοιών του τίτλου καθώς και γενικές ιδέες και προτάσεις για δυνατές λύσεις.

1.3 Η διατύπωση του προβλήματος είναι η εξής:

- 1) η οικονομική ανάπτυξη είναι καθολικός σκοπός των κοινωνιών σε παγκόσμια κλίμακα,
- 2) η ανάπτυξη απαιτεί την ανάληψη φυσικών πόρων και πρωτίστως ενέργειας, και
- 3) η ανάληψη αυτή συνεπάγεται σημαντικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον που μπορεί να πέρνουν τις διαστάσεις σοβαρών κινδύνων.

1.4 Με τα δεδομένα αυτά, ποιά είναι η προοπτική για τη συνέχιση της αναπτυξιακής πορείας του κόσμου με αιεφόρο τρόπο, χωρίς, δηλαδή, να δημιουργήσει αυτή η ίδια η ανάπτυξη τις συνθήκες που θα την επιβραδύνουν και θα την φέρουν σε αδιέξοδο;

2. Έντονη Αύξηση στην Κατανάλωση Ενέργειας

2.1 Η πρώτη αφετηριακή πρόταση του προβλήματος είναι η αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Η σύνδεση οικονομικής ανάπτυξης και κατανάλωσης ενέργειας έχει αποδειχθεί με σωρεία μελετών και βρίσκεται σήμερα εκτός αμφιβολίας. Είναι κοινή συνείδηση ότι ενέργεια απαιτείται για όλες σχεδόν τις δραστηριότητες της ατομικής και κοινωνικής ζωής. Διακριτικό των μη ανεπτυγμένων κοινωνιών (τις οποίες κατά σύμβαση ονομάζουμε «αναπτυσσόμενες») είναι η χαμηλή διαθεσιμότης ενέργειας. Η άκρα πτωχεία των αφρικανικών χωρών συνδέεται άμεσα με την έλλειψη διαθέσιμης ενέργειας (όχι όμως και ενεργειακών πηγών, που είναι σε πολλές απ' τις χώρες αυτές άφθονες) η πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια των χωρών της υπο-Σαχάρας Αφρικής είναι μόλις ένα απίστευτο 10% του πληθυσμού. Το 1996, η Διεθνής Τράπεζα εξέδωσε μία μείζονα μελέτη για την ενεργειακή κατάσταση των φτωχότερων χωρών και για το πώς θα μπορούσε να βελτιωθεί η διαθεσιμότης ενέργειας σ' αυτές [1]. Πρέπει να σημειωθεί ότι κεντρικό σημείο στη μελέτη αυτή υπήρξε ο ρόλος που μπορούν να παίξουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην παροχή ενεργειακών υπηρεσιών στους φτωχούς, αγροτικούς κυρίως πληθυσμούς με οικονομικό και αειφόρο τρόπο. Το Διάγραμμα 1 δείχνει την υφιστάμενη μεγάλη ανισότητα μεταξύ των αναπτυγμένων και των αναπτυσσόμενων χωρών, και εξηγεί τις έντονα αυξητικές τάσεις για μιά αύξηση της κατά κεφαλή κατανάλωσης ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες.

2.2 Εξετάζοντας τώρα την αναμενόμενη συνολική ενεργειακή εξέλιξη στις χώρες του ΟΟΣΑ απ' ενός και στις αναπτυσσόμενες χώρες απ' ετέρου (Διάγραμμα 2), παρατηρούμε μιά δραματική διαφορά: ενώ η κατανάλωση στις πρώτες αναμένεται να αυξηθεί με σχετικά βραδύ ρυθμό (περίπου 1%), στις δεύτερες, η αύξηση της κατανάλωσης είναι πολύ πιο ισχυρή με αποτέλεσμα να υπερβεί, στο σύνολό της, την κατανάλωση των χωρών του ΟΟΣΑ (ανάλογα με το σενάριο αύξησης που θα δεχθούμε σαν πιο πιθανό, δηλ. 3% ή 4% ετήσια αύξηση) γύρω στην περίοδο 2008-2020. Οι πολυάνθρωπες χώρες της Ασίας, όπως η Κίνα, Ινδία, Μπανγκλαντές, Πακιστάν, Ινδονησία, κλπ., αποτελούν τη κινητήρια δύναμη πίσω απ' τις τεράστιες πιέσεις για αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα. Η δυναμική της οικονομικής ανάπτυξης (σχεδόν 7% το χρόνο στην Κίνα για σειρά ετών) είναι η μηχανή που κάνει την εξέλιξη αυτή αναπόδραστη πραγματικότητα. Με τη δυναμική αυτή, από ένα συνολικό επίπεδο 6,3 δισεκατ. τόννων ισοδύναμου πετρελαίου (τιπ) σήμερα, η συνολική κατανάλωση το 2010 αναμένεται να είναι περίπου 8.0 δισεκατ. τιπ, δηλαδή μιά αύξηση 27% σε μια δεκαετία περίπου.

2.3 Ενώ η γενική συσχέτιση οικονομικής ανάπτυξης-ενέργειας δεν αμφισβητείται, εκείνο που συζητείται είναι η ακριβής αριθμητική σχέση μεταξύ των δύο. Σαν γενικό κανόνα δεχόμαστε ότι μιά ποσοστιαία μονάδα (επί τοίς εκατό) οικονομικής ανάπτυξης αντιστοιχεί σε μία (επί τοίς εκατό) μονάδα αύξησης στην κατανάλωση ενέργειας. Σε πολλές περιπτώσεις, η ισότητα της αναλογίας διαταράσσεται στις αναπτυγμένες οικονομίες (όπου η κατά κεφαλή ετήσια κατανάλωση είναι ήδη εξαιρετικά υψηλή) η σχέση αυτή είναι μικρότερη του ενός διότι έχουν υιοθετηθεί, και εν πολλοίς επιτύχει, μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας. Όπως θα θίξουμε πιο κάτω, είναι κρίσιμο να μειωθεί η σχέση αυτή και στις αναπτυσσόμενες χώρες σε μια τιμή μικρότερη του ενός, ει δυνατόν στο 0,6-0,7, ούτως ώστε, η οικονομική ανάπτυξη που ούτως ή άλλως θα λάβει χώρα, να απαιτήσει μικρότερη ενεργειακή συμβολή.

3. Οι Επιπτώσεις στο Περιβάλλον

3.1 Η δεύτερη αφετηριακή πρόταση του προβλήματος είναι οι κίνδυνοι που περιλαμβάνει η χρήση των φυσικών πόρων για το περιβάλλον, αλλά σε πίο ακραίες περιπτώσεις, ακόμα και για το μέλλον της ζωής στον πλανήτη Γη. Ένας απ' τους πίο αιχμηρούς και στοχευμένους λόγους του Προέδρου John F. Kennedy ήταν ο εξής: «αν ο άνθρωπος δεν βάλει τέρμα στον πόλεμο, ο πόλεμος θα βάλει τέρμα στον άνθρωπο». Με ελεύθερη παράφραση, μπορούμε να πούμε πως «αν ο άνθρωπος δεν βάλει τέλος στην αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων, αυτή η αλόγιστη χρήση θα βάλει τέλος στον ανθρώπινο πολιτισμό». Αποτελεί μιά καινούργια επιστημονική ειδικότητα η απαρίθμηση και ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διαφόρων μορφών ενέργειας. Πολλές απ' αυτές τις διαπιστώσουμε ακόμα και στην καθημερινή μας ζωή: ο ασφυκτικά μολυσμένος αέρας των πόλεων, που συχνά οδηγεί σε ενοχλήσεις και ασθένειες, η μόλυνση των νερών ποταμών, λιμνών και θαλασσών, η καταστροφή του ποτίου γύρω στα ορυχεία άνθρακος ή λιγνίτου είναι μερικές μόνο απ' τις δυσμενείς αυτές επιπτώσεις. Αλλά ας κάνουμε μιά σύντομη και πίο συστηματική επισκόπηση.

3.2 Τα συμβατικά καύσιμα, άνθρακας (διαφόρων ειδών και ποιοτήτων), πετρέλαιο, και αέριο είναι σήμερα οι πίο βασικές πηγές ενέργειας καλύπτοντας, πρωτογενώς, το 86% της παγκόσμιας κατανάλωσης¹ [2]. Η καύση του άνθρακα παράγει, εκτός απ' την θερμική ενέργεια, τέφρα, διοξείδιο του θείου, διάφορα οξείδια του αζώτου, πολυκυκλικές οργανικές ενώσεις, και μια μεγάλη ποικιλία μεταλλικών ενώσεων απο το αρσενικό ως τον ψευδάργυρο! Δεν είναι σε πολλούς γνωστό ότι υπάρχουν περιπτώσεις (παράδειγμα είναι η πόλη Pec της Ουγγαρίας), όπου οι εκλύσεις των ανθρακικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού περιέχουν (επικινδύνως) μεγάλες ποσότητες ουρανίου και θορίου που είναι ραδιενεργές ουσίες. Όλες οι παραπάνω ουσίες έχουν, από μικρότερο ως μεγαλύτερο βαθμό, ζημιόγones επιδράσεις τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στη γεωργική παραγωγή, την ευρωστία των δασών, την οξύτητα των λιμνών, αλλά ακόμα και στην μακροβιότητα των κτιρίων και άλλων υλικών αγαθών. Το πετρέλαιο έχει κάπως λιγότερες επιπτώσεις απ' τον άνθρακα (π.χ., το ποσό της τέφρας είναι σχεδόν μηδαμινό) αλλά το διεθνές εμπόριο του με τις απαιτούμενες θαλάσσιες μεταφορές απειλεί συχνά την οικολογία των θαλασσών και ακτών με τις εκχύσεις που προκαλούνται απο τα θαλάσσια ατυχήματα (πρόσφατο παράδειγμα η περίπτωση του Exxon Valdez, στις ακτές της Αλάσκας). Οι οικολογικές καταστροφές και σχετικές οικονομικές απώλειες απ' τα ατυχήματα αυτά, που δυστυχώς είναι αρκετά συχνά, είναι τεράστιες. Το φυσικό αέριο είναι το σχετικά πίο αβλαβές καύσιμο, με μικρότερο ποσό εκλύσεων ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας και για το λόγο αυτό αυξάνεται η χρήση και η ζήτησή του στη διεθνή αγορά. Και αν ακόμη το αέριο περιέχει θείο στην πρωτογενή του μορφή, είναι σχετικά εύκολος ο καθαρισμός του στην πηγή. Ακόμη και οι εκλύσεις διοξειδίου του άνθρακος είναι σχεδόν το μισό απ' αυτές του άνθρακα για το ίδιο ποσό παραγόμενης ενέργειας (Πίνακας 1) [16].

3.3 Ένα κραυγαλέο παράδειγμα των περιβαλλοντικών καταστροφών που επιφέρονται από την έλλειψη ορθής αναπτυξιακής και οικονομικής πολιτικής είναι το παράδειγμα της Πρώην Σοβιετικής Ένωσης (ΠΣΕ). Πολυάριθμες μελέτες έχουν καταδείξει πως η ενεργειακή ένταση της Σοβιετικής οικονομίας ήταν περίπου 1,0-1,5 χιλιογράμμοι ισοδύναμοι πετρελαίου (χιπ) ανά μονάδα (\$) Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ), με συνακόλουθες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, χωρίς μάλιστα προβλέψεις για περιορισμό ή έλεγχο των εκλύσεων. Η σπατάλη των ενεργειακών πόρων ήταν αποτέλεσμα χαμηλών τιμών που υπήρξαν με τη σειρά τους αποτέλεσμα μιάς πολιτικής

¹ Η πυρηνική ενέργεια συμβάλλει 6% ενώ η υδροηλεκτρική και οι άλλες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας ένα 8%.

επιδότησης της ενέργειας (που την καθιστούσε δυνατή η ύπαρξη μεγάλων ενεργειακών αποθεμάτων), έλλειψη οικονομικών κριτηρίων στη διαμόρφωση των τιμών, και απροθυμία για τη χρήση δημοσιονομικών μέτρων (φορολογία των καυσίμων) σαν ισχυρό μέσο ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής. Πρέπει ακόμα να επισημάνουμε ότι η απουσία δημοκρατικών διαδικασιών αποστερούσε τον λαό από τη δυνατότητα δυναμικής παρέμβασης. Αλλά και μία γενικότερη περιβαλλοντική αβελτηρία στην ΠΣΕ οδήγησε σε τεράστιες περιβαλλοντικές καταστροφές όπως η μόλυνση πολλών ποταμών με τοξικές ουσίες της βιομηχανίας χωρίς καμμία πρόβλεψη καθαρισμού ή πρόληψης, η καταστροφή της μεγάλης και μοναδικής στο είδος της λίμνης Αράλης, ενός απ' τα ωραιότερα φυσικά κοσμήματα της υδρογείου, οι πολλαπλές εκχύσεις πετρελαίων στις στέπες της Σιβηρίας, και συγκεκριμένα στην κοιλάδα του ποταμού Πετσόρα (1992), το πυρηνικό ατύχημα του Τσερνομπίλ (Μάιος 1986), αλλά και το ενωρίτερο (1957) μεγάλο ατύχημα του Τσελιαμπίνσκ στα Ουράλια όρη, η βαρεία μολυσμένη ατμόσφαιρα στις πρώην σοβιετικές πόλεις είναι μόνο η κορυφή του παγόβουνου, που μαρτυρούν «του λόγου το αφαλές». Η σύνδεση των περιβαλλοντικών καταστροφών με την λανθασμένη αναπτυξιακή πολιτική και την «κατ' εντολή οικονομία» είναι αδιαφιλονίκητη. Παρόμοιες καταστρεπτικές περιπτώσεις θα μπορούσε κανείς να αναφέρει και απ' τις λεγόμενες «δυτικές» κοινωνίες. Η διαφορά εκεί είναι πως υπήρχαν πύο αποτελεσματικοί διορθωτικοί μηχανισμοί.

3.4 Η συστηματική μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων τις κατατάσσει σε τρεις κατηγορίες (α) τοπικές, (β) περιφερειακές, και (γ) υδρογειακές, ανάλογα με το γεωγραφικό βεληγεκές τους. Οι τοπικές επιπτώσεις, που ορίζονται σαν αυτές που προκαλούνται από εκλύσεις που μεταφέρονται σε απόσταση δεκάδων χιλιομέτρων και που γίνονται και πύο άμεσα αντιληπτές και και πύο εύκολα αποδοτές στις αιτίες τους, προκαλούνται από τα πύο βαριά σωματίδια, και απ' τις εκλύσεις που γίνονται κοντά στην επιφάνεια της γής. Τέτοιες εκλύσεις είναι η τέφρα απο εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού και τσιμέντων καθώς και οι εκλύσεις των μεταφορικών μέσων. Οι βλάβες στην υγεία του πλησιεστέρου πληθυσμού έχουν μελετηθεί και τεκμηριωθεί εκτεταμένα. Οι περιφερειακές επιπτώσεις, που προκαλούνται από εκλύσεις που μεταφέρονται εκατοντάδες χιλιομέτρων απ' την πηγή τους, αποτελούν ένα πολυπλοκότερο πρόβλημα: ποιός ευθύνεται γιά την όξινη βροχή που πέφτει στις λίμνες και τα ποτάμια του Καναδά και της Σουηδίας, όπου η οξύτης φθάνει μερικές φορές σε ένα pH της τάξεως κάτω του 3,0; Πως εκτιμούνται οι ζημίες στα έμβια όντα των λιμνών αυτών, πως εκτιμούνται οι ζημίες στα δάση της Μοραβίας και του γνωστού σαν «καταραμένου τριγώνου» Πολωνίας, Τσεχίας, και (Πρώην Ανατολικής) Γερμανίας; Και ακόμη πύο δύσκολο, πως μπορούμε να προσεγγίσουμε μία λύση στο πρόβλημα; Ποιοί θα υποχρεωθούν να μειώσουν τις εκλύσεις, κατά πόσα ποσοστά ο καθένας, ποιός θα επιβάλει τις οποιεσδήποτε αποφάσεις όταν το ζήτημα ξεπερνάει τα εθνικά σύνορα; Προβάλλει αμέσως η ανάγκη διεθνών συνθηκών που, και αν υπογραφούν, είναι συχνά δύσκολο να επικυρωθούν απ' τα νομοθετικά σώματα και ακόμη πύο δύσκολο να επιβληθούν με κυρώσεις στους μη συμμορφωμένους. Η επίλυση του προβλήματος ενέργεια-περιβάλλον πέρνει μεγάλες και διεθνείς διαστάσεις [3].

3.5 **Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου.** Θα μιλήσω κάπως διεξοδικότερα γιά την κατηγορία των υδρογειακών επιπτώσεων, δηλαδή αυτών που επηρεάζουν ολόκληρη την υδρόγειο σφαίρα. Τα τελευταία 20 χρόνια, οξύνθηκε η αντίληψη μας σ' ένα καινούργιο κίνδυνο που δεν τον είχαμε συνειδητοποιήσει προηγουμένως: το φαινόμενο του θερμοκηπίου που είναι πιθανό να επιφέρει δραματική μεταβολή του κλίματος της υδρογείου στο μέλλον. Στο φαινόμενο αυτό, ορισμένα αέρια στην ατμόσφαιρα δρύν όπως το γυαλί του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό της

ηλιακής ενέργειας μέσα στην γήινη ατμόσφαιρα και την άνοδο της μέσης υδρογειακής θερμοκρασίας. Ο κύριος παράγοντας του φαινομένου αυτού είναι το διοξείδιο του άνθρακος². Σήμερα, οι συνολικές εκλύσεις άνθρακα είναι της τάξεως των 6 δισεκατομ. τόννων το χρόνο και αυξάνουν σε ευθεία αναλογία με τη ζήτηση ενέργειας, ενώ η φυσική ικανότητα απορρόφησης της υδρογείου (ξηράς και ωκεανών) είναι περίπου 2-3 δισεκατομ. τόννοι. Είναι δυνατόν οι εκλύσεις να υπερβούν τα 10 εκατομ. τόννους σε 20 χρόνια και τα 20 δισεκατομ. σε 50 χρόνια, ακόμα και σε ένα σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας [4-6].

3.6 Τα διάφορα σενάρια στην εξέλιξη αυτή δείχνονται στο Διάγραμμα 3. Αν συνεχισθεί η αύξηση στη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακος στην ατμόσφαιρα, οι κλιματολογικές μελέτες δείχνουν πως είναι δυνατή, και μάλιστα πιθανή, μία αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της υδρογείου κατά μερικούς (περίπου 2-5 βαθμούς Κελσίου), πού αν πράγματικά συμβεί, θα έχει δραματικές επιπτώσεις στη στάθμη των ωκεανών, στη κατανομή των ευκράτων ζωνών στη γή, στη γεωργική παραγωγή, στη κατανομή των βιολογικών ειδών, στη εξάπλωση των ασθενειών, κλπ., με αποτελέσματα πού αναμένεται να φέρουν μεγάλη διαταραχή στην ισορροπία της υδρογείου και να είναι πολύ επιβαρυντικά για τούς φτωχότερους λαούς της γης καθώς και για πολλές νησιωτικές χώρες.

3.7 Είναι αλήθεια ότι οι κλιματολογικές αυτές προβλέψεις έχουν ένα μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας και γι'αυτό το λόγο είναι ζήτημα αμφιλεγόμενο. Μολοντούτο, η γνώμη της συντριπτικής πλειοψηφίας των κλιματολόγων συγκλίνει στο ότι «είναι θέμα σωφροσύνης να δεχθούμε πως μιά τέτοια κλιματολογική αλλαγή θα λάβει χώρα ώστε, να να πρέπει λάβουμε τα ενδεικνυόμενα μέτρα» [7]. Σάν αποτέλεσμα των ανησυχιών αυτών, έγιναν τα Συνέδρια του Rio de Janeiro το 1991, του Kyoto, το 1997, και του Buenos Ayres, το 1998. Το πρωτόκολλο του Kyoto υπογράφηκε από την πλειοψηφία των μετεχουσών χωρών αλλά η επικύρωση από μερικές σημαντικές χώρες, όπως οι ΗΠΑ, καθυστερεί και είναι αμφίβολο αν θα γίνει καθόλου, λόγω του οικονομικού κόστους που συνεπάγονται τα μέτρα για τη μείωση των εκλύσεων του διοξειδίου του άνθρακος. Υπάρχουν ακόμη πολιτικές διαφωνίες για το κατά πόσο ευθύνη μειώσεων έχουν οι αναπτυσσόμενες χώρες στον ίδιο αναλογικό βαθμό πού ευθύνη έχουν οι αναπτυγμένες χώρες, τη στιγμή που η κατά κεφαλή κατανάλωση στις τελευταίες φτάνει να είναι σχεδόν εβδομήντα φορές υψηλότερη απ' την κατά κεφαλή κατανάλωση στις πύο φτωχές απ' τις πρώτες. Γεννώνται λοιπόν ακανθώδη και δυσεπίλυτα προβλήματα δικαιοσύνης και ισοκατανομής ευθυνών.

3.8 Η Ευρωπαϊκή Ένωση όμως είναι πρωτοπόρος στην προσπάθεια να μειωθούν οι εκλύσεις του διοξειδίου του άνθρακος και υιοθέτησε προβλέψεις ώστε να μειωθούν οι εκλύσεις κατά 10% σε σύγκριση με τις εκλύσεις στο έτος 1990, μέσα στην περίοδο 2008-2012. Οι μετρήσεις δείχνουν πως η εξέλιξη των εκλύσεων στην Ευρώπη βαδίζει ευνοϊκά, δηλαδή με μειωτική τάση. Οι μελέτες προχωρούν με εντατικό ρυθμό για να βρεθούν οι πύο οικονομικές και πρακτικές λύσεις [8].

3.9 **Υδρογειακοί Κίνδυνοι και Διεθνής Μέριμνα.** Οι απειλές στο περιβάλλον είναι πολλαπλές και ποικιλόμορφες ώστε να είναι δύσκολο να τις απαριθμήσει κανείς διεξοδικά. Ειδικά για τους υδρογειακούς κινδύνους, η διεθνής κοινότητα τους έχει κατατάξει σε τέσσαρες μείζονες κατηγορίες, για τις οποίες έχει θεσμοθετηθεί, απ' την εποχή του Συνεδρίου του Ρίο το 1991, ένα ειδικό ταμείο, με το όνομα Global Environment Facility (GEF), όπως θα μιλήσουμε πύο

² Υπάρχουν όμως και μερικά άλλα αέρια πού συμβάλλουν, σε μικρότερο βαθμό: το μεθάνιο, το νιτρώδες οξείδιο, οι φθοριο-χλωριο-άνθρακες και το εξαφθοριοχού θείο.

συγκεκριμένα στο κεφάλαιο περί “κινήτρων. Οι κίνδυνοι αυτοί είναι: (α) η μόλυνση των ωκεανών, (β) η συρρίκνωση του στρώματος του όζοντος στην στρατόσφαιρα, (γ) η απώλεια βιοποικιλίας, και (δ) το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η συνακόλουθη αλλαγή του υδρογειακού κλίματος. Σύντονες προσπάθειες καταβάλλονται στο οικονομικό και πολιτικό επίπεδο για να επιτευχθεί πρόοδος και στις τέσσερες αυτές κατηγορίες. Για να είμαστε όμως δίκαιοι και αντικειμενικοί, θα πρέπει να πούμε ότι υπάρχουν αρκετά δείγματα προόδου σε πολλά περιβαλλοντικά θέματα σαν αποτέλεσμα των προσπαθειών αυτών: τέτοια παράδειγματα προσφέρουν οι μελέτες που δείχνουν μία σημαντική μείωση των θαλασσιών ατυχημάτων με έκχυση πετρελαϊκών καυσίμων μετά το 1981 καθώς και τα αποτελέσματα της Συνθήκης του Μοντρεάλ του 1989 που προβλέπει την εν καιρώ πλήρη κατάργηση των χλωριο- και φθοριο-ανθράκων που είναι η μεγαλύτερη αιτία καταστροφής του στρώματος του όζοντος. Οι ουσίες αυτές έχουν υποκατασταθεί με άλλες ισοδύναμες αλλά όχι βλαπτικές του όζοντος και η πλήρης απόσυρσή τους αναμένεται να γίνει γεγονός στα επόμενα λίγα χρόνια.

4. Οι Αποκρίσεις στην Πρόκληση

4.1 **Οι στρατηγικές** που προτείνονται για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που θίξαμε μπορούν να χαρακτηριστούν σαν βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες. Η πρώτη στρατηγική είναι η εξοικονόμηση ενέργειας [9] ενώ η δεύτερη συνίσταται στην αυξανόμενη χρήση της τεχνολογίας των ανανεωσίμων πηγών ενέργειας [6]. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι επιθυμητή πρώτα γιατί εξασφαλίζει μακροβιότερη διάρκεια των ενεργειακών αποθεμάτων. Όπως δείχνει ο Πίνακας 2, η αναμενόμενη διάρκεια των αποθεμάτων του πετρελαίου (ο στατικός δείκτης) είναι περίπου 25 χρόνια, αν συνεχισθεί η παγκόσμια κατανάλωση στο σημερινό επίπεδο (δηλαδή χωρίς να υπολογίζουμε μία ετήσια αύξηση που οδηγεί σε μία μικρότερη τιμή για τον δυναμικό δείκτη). Παρόμοιοι υπολογισμοί ισχύουν για τον άνθρακα και το φυσικό αέριο. Ο άνθρακας μπορεί να διαρκέσει πολύ περισσότερο αλλά, όπως έχουμε ήδη πεί, είναι περιβαλλοντικά πολύ δυσμενές καύσιμο.

4.2 **Η εξοικονόμηση ενέργειας** είναι δυνατή με την τεχνολογική πρόοδο αλλά και με το κατάλληλο επίπεδο τιμών και τα διάφορα θεσμικά μέτρα. Σαν παράδειγμα της νέας τεχνολογίας, μπορούμε να αναφέρουμε τα ψυγεία νέου τύπου που καταναλώνουν το μισό της ηλεκτρικής ενέργειας (και βαδίζουν προς το ένα τέταρτο), τους κινητήρες αυτοκινήτων με μεγαλύτερη απόδοση, και την τεχνολογία των αεριοστροβίλων με συνδυασμένο κύκλο. Παρόμοια, σημαντική εξοικονόμηση μπορούμε να κάνουμε με ηλεκτρικούς λαμπτήρες και κινητήρες που καταναλίσκουν λιγώτερη ενέργεια για να παράγουν το ίδιο φως ή έργο, ιδίως στη βιομηχανία, όπου οι λαμπτήρες και κινητήρες εργάζονται με μεγάλο βαθμό χρησιμοποίησης, δηλαδή πολλές ώρες στο εικοσιτετράωρο.

4.3 **Αλλά εξοικονόμηση ενέργειας**, ενώ αυτή ενδυναμώνεται απ’ την νέα τεχνολογία, δεν μπορεί να συντελεστεί χωρίς τα κατάλληλα οικονομικά μέτρα και κίνητρα. Ας εξετάσουμε τη λεγόμενη ενεργειακή ένταση της οικονομίας, δηλαδή το ποσό ενέργειας που αναλώνει μία οικονομία για την παραγωγή μιάς μονάδας Ακαθαρίστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ). Ενώ στις χώρες του ΟΟΣΑ η ενεργειακή ένταση είναι περίπου 0,3-0,4 χιλιόγραμμα ισοδύναμου πετρελαίου ανά δολλάριο ΑΕΠ, στις υπόλοιπες χώρες, εκτός του ΟΟΣΑ, η ένταση αυτή είναι 1,0 με 1,5 χγρ. ανά δολλάριο ΑΕΠ. Ο βασικός λόγος γι’ αυτή τη σημαντική ανισότητα είναι οι υπερβολικά χαμηλές τιμές ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες, σε αντίθεση με τις αναπτυγμένες χώρες όπου

ισχυρά αντικίνητρα (υψηλές τιμές για την εισαγόμενη ενέργεια και πρόστιμα για τη μόλυνση του περιβάλλοντος) επέφεραν αποφασιστική μείωση της ενεργειακής έντασης, ιδιαίτερα μετά την πετρελαϊκή κρίση του 1973. Επί πλέον, η οικονομική και οργανωτική κατάσταση των ενεργειακών εταιριών των αναπτυσσομένων χωρών είναι, ως επί το πλείστον, πολύ δυσμενής, γεγονός που τις αποδυναμώνει και τις καθιστά ανίκανες να εισάγουν και να εφαρμόσουν σωστή τιμολογιακή πολιτική και να εισάγουν κίνητρα για την εξοικονόμηση ενέργειας. Γι' αυτό το λόγο, παρά το γεγονός ότι η κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση είναι πολύ χαμηλή στις αναπτυσσόμενες χώρες και πρόκειται να αυξηθεί αναπόφευκτα, μένουν μεγάλα περιθώρια για βελτίωση της ενεργειακής έντασης στις χώρες αυτές.

4.4 Αναγκαία Μέτρα. Για να επιτύχει όμως ο επιδιωκόμενος σκοπός, δηλαδή η μείωση των πέσεων για ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης, απαιτείται συντονισμένη προσπάθεια από όλους τους παράγοντες της κοινωνίας [9]:

- η τεχνολογία πρέπει να προσφέρει όλο και πιά αποτελεσματικά τεχνολογικά μέσα και να συνεχίσει την έρευνα στη κατεύθυνση αυτή,
- οι τιμές πρέπει να είναι ορθολογικές, δηλαδή να αντανακλούν το κόστος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής αλλά και το κόστος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και ζημιών,
- το κράτος πρέπει να υιοθετήσει τη σωστή ενεργειακή πολιτική και να θεσμοθετήσει τα αναγκαία μέτρα, κίνητρα και αντικίνητρα, και να ξεκινήσει μιά δυναμική καμπάνια διαφωτισμού του κοινού,
- η βιομηχανία πρέπει να θέσει τις σωστές προτεραιότητες στη αγορά τεχνικού εξοπλισμού και στη λειτουργία των εγκαταστάσεών της, παίρνοντας υπ' όψη της και τα ωφέλη που θα προκύψουν, και αξιοποιώντας τα οικονομικά κίνητρα,
- η εκπαίδευση πρέπει να προσαρμοσθεί στις ανάγκες των καιρών και να λάβει υπ' όψη τα σύγχρονα δεδομένα (σε πόσα σχολεία άραγε διδάσκεται η οικονομία της ενέργειας και η σημασία για την εξοικονόμησή της;),
- οι πολίτες πρέπει να συνειδητοποιήσουν πως μοιραζόμαστε όλοι την ίδια μοίρα πάνω στο διαστημόπλοιο που λέγεται Γή, και πως έχουν όλοι καθήκον να καταβάλουν προσωπική προσπάθεια στην καθημερινή τους ατομική και κοινωνική ζωή, και τέλος
- χρειάζεται να υπάρξει αλλαγή νοοτροπίας εκ μέρους όλων.

4.5 Άλλες προσεγγίσεις είναι (1) η υποκατάσταση και (2) οι νέες τεχνολογίες για περιβαλλοντική βελτίωση. Η υποκατάσταση λαμβάνει χώρα κυρίως με την αυξανόμενη χρήση του φυσικού αερίου που μπορεί να μας δώσει την ίδια θερμική ή και ηλεκτρική ενέργεια με ένα κλάσμα μόνο των εκλύσεων των άλλων ορυκτών καυσίμων. Η τεχνολογία πρώτης επιλογής διεθνώς για την παραγωγή ηλεκτρισμού σήμερα είναι οι αεριοστρόβιλοι σε συνδυασμένο θερμικό κύκλο, όπως παρατηρούμε και στον ελληνικό χώρο. Προηγμένες τεχνολογίες έχουν όμως εισαχθεί με επιτυχία και στη χρήση του άνθρακα, όπως οι λέβητες καύσεως ρευστοποιημένης κλίνης [10], είτε ατμοσφαιρικής πίεσεως είτε υπό πίεση, καθώς και η αεριοποίηση του άνθρακα (με ταυτόχρονο

καθαρισμό) για περαιτέρω χρήση σε αεριοστροβίλους και λέβητες αερίου. Η χρήση των τεχνολογιών αυτών μας δίνει δυνατότητες και προοπτικές χρησιμοποίησης των μεγάλων αποθεμάτων άνθρακα, ιδίως σε χώρες όπως η Κίνα, χωρίς τις συνακόλουθες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

4.6 Η **πυρηνική ενέργεια** θα μπορούσε να αποτελέσει μια αποτελεσματική λύση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου μιά και οι εκλύσεις CO₂ των σταθμών αυτών είναι μηδενικές. Ενώ όμως η τεχνολογία υπάρχει, τουλάχιστο κατά την γνώμη εκείνων από εμάς που έχουν ασχοληθεί επαγγελματικά μ'αυτήν, δεν συντρέχουν οι οικονομικοί και πολιτικοί λόγοι. Οι πυρηνικοί σταθμοί παραγωγής δεν είναι σήμερα οικονομικά ανταγωνιστικοί και πρέπει κανείς να ψάχνει με το φανάρι του Διογένη για να βρεί ένα πολιτικό που να την υποστηρίζει. Οι ανησυχίες του κοινού επικεντρώνονται στα εξής σημεία: (α) ασφάλεια κατά τη λειτουργία και ο κίνδυνος μεγάλων ατυχημάτων, (β) αβεβαιότητα ως προς την τελική διάθεση των πυρηνικών καταλοίπων, και (γ) φόβος για την παραγωγή πυρηνικών εκρηκτικών υλών (είτε από κράτη είτε από τρομοκράτες). Και ενώ πολλοί θα μπορούσαν να προσφέρουν τεχνολογικές λύσεις για όλες αυτές τις ανησυχίες, το κοινό ακόμη και τεχνολογικά αναπτυγμένων κοινωνιών, όπως στη Σουηδία και Γερμανία συζητεί το πλήρες κλείσιμο των σταθμών. Αποτελεί έτσι η πυρηνική ενέργεια μιά κατ' εξοχή περίπτωση όπου η έλλειψη κοινωνικής αποδοχής και της συνακόλουθης πολιτικής στήριξης, μαζί και με την έλλειψη οικονομικής ανταγωνιστικότητας αποτελούν ικανούς λόγους για να σταματήσει η ανάπτυξη μιάς ώριμης τεχνολογίας. Όλοι οι τεχνολόγοι πρέπει να πάρουν ένα πολύτιμο μάθημα απ' την περίπτωση αυτή.

4.7 **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)**. Όσο όμως και να είναι σημαντική η εξοικονόμηση ενέργειας, δεν πρόκειται να λύσει το μεγάλο πρόβλημα σε μακροχρόνια προοπτική. Τη λύση αυτή είναι πίο πιθανό να την δώσουν οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας [11]. Σ' αυτές καταλέγονται η ηλιακή (στις διάφορες μορφές της) και αιολική, η ενέργεια της βιομάζας, η γαιωθερμική, και η μικρή υδρο-ηλεκτρική. Με τη δυναμική εισαγωγή των μορφών αυτών ενέργειας είναι δυνατόν να στρέψουμε τις καμπύλες από εκθετική και επικίνδυνη αύξηση προς μιά σταθεροποίηση του διοξειδίου του άνθρακος στην ατμόσφαιρα, περιορίζοντας τη συγκέντρωση στο διπλάσιο της προβιομηχανικής εποχής και επομένως και τη θερμοκρασιακή μεταβολή σε ένα ή δύο βαθμούς Κελσίου.

4.8 Εγείρονται συχνά τα εξής ερωτήματα πάνω στο θέμα αυτό: υπάρχει η κατάλληλη τεχνολογία για την εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών; είναι οικονομική και πρακτική η χρήση τους; μήπως έχουν και αυτές περιβαλλοντικές επιπτώσεις; και, τέλος, έχουμε αρκετή εμπειρία που να μας δίνει εμπιστοσύνη για την εμπορική εκμετάλλευσή τους;

4.9 Τα τελευταία δέκα χρόνια, έγιναν αλματώδεις πρόοδοι στην τεχνολογία των ανανεώσιμων πηγών. Η παραγωγή των φωτοβολταϊκών στοιχείων βελτιώθηκε ώστε και η αποτελεσματικότητά τους να αυξηθεί και το κόστος να μειωθεί (Διάγραμμα 4) [12], σε σημείο που να ξεετάζεται η εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού για σύνδεση με δίκτυο μέχρι και 50 Μεγαβάττ, όπως π.χ., στην Κρήτη, από διεθνές Κονσόρτιουμ³.

4.10 Οι ανεμογεννήτριες επίσης έχουν βελτιωθεί σημαντικά. Το κόστος έχει μειωθεί [12-13] από US\$ 0.15-0.25/kWh το 1982 σε ένα επίπεδο US\$ 0.04-0.05/kWh σήμερα (Διάγραμμα 5). Η

³ Άλλα ηλιακά έργα είναι υπό μελέτη στο Μεξικό, Ινδία, Μαρόκο και Αίγυπτο.

τεχνική πρόοδος υπήρξε γρήγορη και εντυπωσιακή κυρίως στη αύξηση του μεγέθους μονάδος, στα νέα αποδοτικά περυσία, στα μοντέρνα υλικά που συνδυάζουν μεγάλη αντοχή και ελαφρύ βάρος, γεννήτριες μεταβαλλομένης ταχύτητας, κατάρηση κιβωτίου μετάδοσης κινήσεως με εισαγωγή ηλεκτρονικού ελέγχου για τάση και συχνότητα, και μηδαμινό θόρυβο [14-15]. Οι εκλύσεις, βέβαια, είναι μηδαμινές συγκρινόμενες με εκείνες των σταθμών παραγωγής από συμβατικά καύσιμα, όπως δείχνει ο Πίνακας 1 [16]. Με το κόστος να μειώνεται προς ανταγωνιστικά επίπεδα, η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών στον κόσμο ολόκληρο έχει πάρει μιά έντονα ανοδική πορεία (Διάγραμμα 6). Η παγκόσμια αιολική ηλεκτρική ισχύς ήταν, περί το τέλος του 1998, γύρω στις 9.000 MW, ενώ 1.500 MW ανεμογεννητριών εγκαθίστανται στον κόσμο καθε χρόνο, και ο ετήσιος αριθμός αυτός συνεχώς αυξάνει [13].

4.11 Παρόμοιες πρόοδοι στην τεχνολογία και στο κόστος έχουν γίνει και στις άλλες μορφές ανανεωσίμων πηγών ενέργειας [6,12]. Έστω όμως και αν οι πηγές αυτές είναι ακόμα κάπως πιο ακριβές απ' τις συμβατικές μορφές, η διαφορά αυτή δικαιολογείται διότι οι πηγές αυτές έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον που είναι κατά πολύ μικρότερες των επιπτώσεων των άλλων μορφών, γ' αυτό άλλωστε και ονομάζονται «ήπιες μορφές» ενέργειας. Στην προοδευτική Καλιφόρνια, όπου όλες οι ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές έχουν δει την μεγαλύτερη ώθηση, οι καταναλωτές έχουν το δικαίωμα να επιλέξουν την πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτεί το σπίτι τους, και πολλοί απ' αυτούς επιλέγουν ανανεώσιμες πηγές εν γνώσει τους και μολονότι η τιμή της κιλοβατώρας είναι υψηλότερη. Δείχνει αυτή η επιλογή γνώση των περιβαλλοντικών θεμάτων εκ μέρους των πολιτών και υψηλό αίσθημα ευθύνης.

5. Στήριξη και Κίνητρα

5.1 Για να επιταχυνθεί η εισαγωγή των ανανεωσίμων πηγών ενέργειας στην οικονομία, χρειάζεται να ληφθεί σειρά μέτρων για την ενθάρρυνσή τους, όπως έχει ήδη συμβεί στην Ελλάδα με το Νόμο 2244 του 1994. Οι κυβερνήσεις αναγνωρίζουν ότι έχουν καθήκον να θεσμοποιήσουν τις κατάλληλες πολιτικές στο ζήτημα αυτό [17]. Διάφορες χώρες, για διάφορες μορφές ΑΠΕ και σε διαφορετικές εποχές, έχουν πάρει διαφορετικά μέτρα.

5.2 Οι περισσότερες χώρες που ξεκίνησαν με την εγκατάσταση ΑΠΕ πέτυχαν το σκοπό τους με μιά αρχική οικονομική στήριξη ή άλλα κίνητρα της αγοράς. Καθώς η αγορά εξελίσσεται και το κόστος μειώνεται, κυρίως οφειλόμενο στην οικονομία της κλίμακος, και η εγχώρια βιομηχανία ισχυροποιείται, τα κίνητρα μειώνονται ή και καταργούνται. Η εμπειρία δείχνει ότι απότομη διακοπή της στήριξης μπορεί να διακόψει πρόωρα την ανάπτυξη μιάς αναδυόμενης βιομηχανίας. Γενικά, οι χώρες που έχουν μιά επιτυχημένη βιομηχανία ΑΠΕ μείωσαν τα κίνητρα βαθμιαία αλλά κράτησαν τις τιμές της ενέργειας των ΑΠΕ ψηλότερα από εκείνες των συμβατικών πηγών. Μέρος του κόστους που φέρει το Δημόσιο καλύπτεται από δημόσια έσοδα που γεννώνται από τη δημιουργία των νέων αυτών βιομηχανιών ΑΠΕ. Παραδείγματα τέτοιων εσόδων είναι διάφοροι φόροι από ιδιώτες και επιχειρήσεις καθώς και τέλη εξαγωγής. Άλλα οφέλη είναι οι λεγόμενες «εξωτερικότητες», δηλαδή μείωση εισαγωγής καυσίμων, κυρίως πετρελαίου, και μείωση της μόλυνσης της ατμόσφαιρας απ' την καύση των συμβατικών καυσίμων. Δεν θα ήταν άστοχο να πούμε ότι οικονομικά οφέλη προκύπτουν ακόμη απ' την μειωμένη ανάγκη για στρατιωτικές επεμβάσεις σε διάφορα μέρη της γης εφ' όσον οι πηγές της ενέργειας γίνονται πιο ασφαλείς και αιεφόρες. Μιά επισκόπηση των κινήτρων σε διάφορες χώρες δίνεται στον Πίνακα 3 [18]. Η διεθνής εμπειρία μπορεί να δώσει κατευθύνσεις στον σκόπιμο σχεδιασμό των καταλλήλων μέτρων

και κινήτρων για να έχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα χωρίς να επιφέρουν στερβλώσεις στην οικονομία.

5.3 Για το σκοπό της επίλυσης των σοβαρών περιβαλλοντικών κινδύνων της υδρογείου, θεσμοθετήθηκε μετά τη Διάσκεψη του Ρίο (1991) ένα ειδικό ταμείο με την επωνυμία Global Environment Facility (GEF) που άρχισε σαν εξάρτημα της Διεθνούς Τράπεζας αλλά σε λίγο έγινε ανεξάρτητος οργανισμός. Ο ειδικός σκοπός του ταμείου, στο οποίο συμβάλλουν κεφάλαια οι πύο εύπορες χώρες του κόσμου, είναι να βοηθήσει με χρηματοδότηση έργα που σκοπούν στην μείωση των τεσσάρων μεγαλύτερων κινδύνων που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 3.8. Το Διάγραμμα 7 δείχνει τους τομείς αυτούς και τα αντίστοιχα κονδύλια. Η ενίσχυση συνίσταται όχι στην πλήρη αλλά στην συμπληρωματική χρηματοδότηση των σχετικών έργων, δηλαδή με ένα ποσό που καθιστά τα έργα αυτά ανταγωνιστικά με συμβατικά έργα που έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι αναλύσεις δείχνουν ότι η επιδότηση του GEF αντιστοιχεί σε ένα ισοδύναμο κόστος CO₂ της τάξεως των US\$ 20-25 τον τόνο. Με άλλα λόγια, αν μία αιολική γεννήτρια 500 kW εργάζεται με συντελεστή χρησιμοποίησης 30%, και παράγει 1314 kWh το χρόνο, θα μπορέσει να μειώσει την έκλυση CO₂ κατά 0,946 kg/kWh δηλαδή κατά 1.243 τόννους CO₂ το χρόνο. Με την τιμή US\$ 20-25 /τόνο CO₂, η ετήσια αξία της μείωσης υπολογίζεται στα US\$ 24.860-31.076 το χρόνο. Με χρήση ενός συντελεστή έκπτωσης (discount factor) 10% που χρησιμοποιεί η Διεθνής Τράπεζα και για διάρκεια 20 χρόνων, η παρούσα συνολική αξία της μείωσης του CO₂ υπολογίζεται σε US\$ 211.647-264.568. Αν υποθέσουμε ότι η ανεμογεννήτρια κοστίζει US\$ 600.000 (με τιμή μονάδος US\$ 1.200 ανά kW), η μείωση του αρχικού κόστους είναι πολύ σημαντική (35-44%).

6. Η Αναμόρφωση του Ενεργειακού Τομέα

6.1 Η συζήτηση των θεμάτων που μας απασχολούν δεν θα ήταν πλήρης αν δεν αναφερόμαστε και στο επίκαιρο ζήτημα της αναμόρφωσης του ενεργειακού τομέα, που έχει πάρει μεγάλη ώθηση διεθνώς και αποτελεί μία απ' τις προτεραιότητες πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Θα αναφέρω μόνο συνοπτικές παρατηρήσεις απ' την εμπειρία μου με τη Διεθνή Τράπεζα [19]. Οι κύριες κινητήριες δυνάμεις πίσω απ' την διεθνή αυτή εξέλιξη είναι αφ' ενός, στον αναπτυσσόμενο κόσμο, η κακή κατάσταση των δημοσίων ενεργειακών εταιριών (με συνακόλουθη κακή εξυπηρέτηση και μεγάλη έλλειψη ενέργειας) και η αδυναμία ή απροθυμία των κυβερνήσεων να συνεχίσουν να επενδύουν δημόσια κεφάλαια στον τομέα αυτόν, όταν υπάρχουν πύο πιεστικές δημόσιες προτεραιότητες (άμυνα, υγεία, παιδεία, κλπ.). Αφ' ετέρου, στις αναπτυγμένες χώρες, υπάρχει η απαίτηση για βελτίωση της εξυπηρέτησης και για μείωση των τιμών, πράγματα που μόνο ο ελεύθερος ανταγωνισμός μπορεί να προσφέρει. Έτσι μορφώθηκε βαθμιαία και ισχυροποιήθηκε η πολιτική βούληση για αναμόρφωση του τομέα. Και φθάσαμε στο σημείο να επιβάλλει πλέον η Ευρωπαϊκή Ένωση το ποσοστό της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρισμού σε χώρες που με δυσκολία «σέρνονται» στη κατεύθυνση αυτή, όπως η Γαλλία και η Ελλάδα.

6.2 Η εξέλιξη αυτή δείχνεται στο Διάγραμμα 8. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι οι διαδρομές που οι διάφορες χώρες ακολουθούν ποικίλουν ευρύτατα και πως ο βαθμός επιτυχίας επίσης διαφέρει. Τα γενικά συμπεράσματα όμως είναι πως (α) οι βελτιώσεις στην εξυπηρέτηση και η πτώση των τιμών είναι αδιαμφισβήτητα επιτεύγματα στις πλείστες των περιπτώσεων και οπωσδήποτε εκεί όπου ο πραγματικός ανταγωνισμός εισήχθηκε, (β) σημαντικές ποσότητες νέων ενεργειακών πηγών μπήκε στην οικονομία εκεί όπου υπήρχε έλλειψη⁴, (γ) νέα ιδιωτικά κεφάλαια διατέθηκαν σε ενεργειακές

⁴ Σημαντικά παραδείγματα οι Ινδίες, το Πακιστάν, οι Φιλιππίνες, η Ινδονησία, η Αργεντινή, και η Χιλή.

επενδύσεις και μάλιστα με τρόπο ορθολογικό⁵, και (δ) δημιουργήθηκε ένας νέος και ανθηρός κλάδος της ιδιωτικής οικονομίας που, αντί να απομυζά, εμπλουτίζει τον δημόσιο τομέα. Σε όχι λίγες περιπτώσεις, βέβαια, οι τιμές της ενέργειας αυξήθηκαν μετά την αναμόρφωση, αλλά αυτό συνέβη γιατί ήταν παράλογα χαμηλές πριν απ' αυτή, με τα καταστρεπτικά αποτελέσματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Με τα παραπάνω δεδομένα, η αναμόρφωση του ενεργειακού τομέα είναι μία εξέλιξη που θα συνεχισθεί με αδιάπτωτο ρυθμό και με αυξανόμενο ανταγωνισμό και επιτυχία. Έχουμε και εδώ μία ακόμα περίπτωση όπου η τεχνολογία, η οικονομία, και η πολιτική συνεργάζονται στενά σ' ένα ζωτικό τομέα της κοινωνικής ζωής. Με τη λογική αυτή, η Διεθνής Τράπεζα χρηματοδοτεί και γενικά στηρίζει έργα που γίνονται μέσα στο πλαίσιο της αναμόρφωσης του τομέα και στηρίζει την αναμόρφωση αυτή ενεργά με τεχνική βοήθεια [20].

7. Συμπεράσματα

7.1 Εδειξαμε ότι η παγκόσμια αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης είναι μία αναπόφευκτη πραγματικότητα επειδή η κατά κεφαλή κατανάλωση στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι σήμερα πολύ χαμηλή και η άνοδος του βιωτικού τους επιπέδου το απαιτεί. Η αύξηση αυτή θα έχει σημαντικές και ίσως καταστρεπτικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που, αν δεν μετριασθούν, θα έχουν σοβαρές συνέπειες πρώτιστα γιά τους ίδιους τους αναπτυσσόμενους λαούς. Είναι, συνεπώς επιτακτική ανάγκη να βρεθούν αποτελεσματικοί μέθοδοι ώστε η οικονομική ανάπτυξη να είναι αειφόρος.

7.2 Οι λύσεις θα είναι σύνθετες, με όλους τους κοινωνικούς παράγοντες συμβάλλοντες στην προσπάθεια. Η τεχνολογία θα προσφέρει τα τεχνικά μέσα που όμως δεν μπορεί να είναι τελεσφόρα εκτός και αν συνοδεύονται απ' τα κατάλληλα οικονομικά και θεσμικά μέτρα. Η εξοικονόμηση ενέργειας κατά πρώτο λόγο και η προιούσα εισαγωγή των ανανεωσίμων πηγών είναι τα πιο ισχυρά μέσα στην επίτευξη του σκοπού. Η πολιτική βούληση να δοθούν τα ορθά κίνητρα και η συνεργασία όλων των κοινωνικών κατηγοριών είναι απαραίτητες προϋποθέσεις.

Αναφορές στη Βιβλιογραφία

- [1] The International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), *Rural Energy and Development: Improving Energy Supplies for Two Billion People*, Development and Practice Series, 1996.
- [2] US Department of Energy/Energy Information Administration, *International Energy Outlook 1997, With Projections to 2015*, DOE/EIA-0484(97), April 1997.
- [3] The International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), *World Development Report 1992: Development and the Environment*, Oxford University Press, New York, 1992.
- [4] D. Anderson, "Energy and the Environment: An Economic Perspective on Recent Technological Developments and Policies" Special Briefing Paper. No. 1, Edinburgh: Wealth of Nations Foundation, 1991.
- [5] D. Anderson, "Cost-Effectiveness in Addressing the CO₂ Problem, with Special Reference to the Investments of the Global Environment Facility", *Annual Review of Energy and the Environment*, Vol. 19, pp. 423-55, 1994.

⁵ Όλα σχεδόν τα νέα έργα παραγωγής ηλεκτρισμού βασίζονται στην προηγμένη τεχνολογία αεριοστροβίλων συνδυασμένου κύκλου που είναι και η πιο φτηνή και η πιο ευνοϊκή γιά το περιβάλλον.

- [6] A. G. Adamantiades et al., "The World Bank's Solar Initiative – A status Report", in *Advances in Solar Energy*, Karl Böer, Ed., Vol. 11, American Solar Energy Society, December 1997.
- [7] R. T. Watson, M. C. Zinyowera, and R. H. Moss, (Eds.), *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge and New York, 1996.
- [8] T. B. Johansson, R. H. Williams, H. Ishitani, and J. A. Edmonds, *Options for Reducing CO₂ Emissions from the Energy Supply Sector*, *Energy Policy*, 1996.
- [9] The International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), *Energy Efficiency and Conservation in the Developing – The World Bank's Role*, A World Bank Policy Paper, 1993.
- [10] Electric Power Research Institute and World Bank, *The Current State of Atmospheric Fluidized-Bed Combustion Technology*, Technical Paper No. 107, Country Department I and the Technical Department, September 1989.
- [11] T. B. Johansson et al., (Eds.), *Renewable Energy Sources for Fuel and Electricity*, Washington, D.C., 1993.
- [12] K. Ahmed, *Renewable Energy Technologies. A review of the Status and Costs of Selected Technologies*, The World Bank, Technical Paper 240, Energy Series, Washington, D.C., 1993.
- [13] M. Legerton, A. G. Adamantiades, and D. Ancona, *Wind Power Plants – Are they a Reliable Source of Energy?* Paper presented at the 17th Congress of the World Energy Council, Houston, Texas, September 13-18, 1998.
- [14] D. Milborrow, *How Much Land Does Wind Need?*, *Windstats* Vol. 11, No 1, Winter 1998, published by Forlaget Vistoft.
- [15] D. Milborrow. *Wind turbine Output and Efficiency*, *Windstats* Vol 10, No 3, Summer 1997, published by Forlaget Vistoft.
- [16] Energy Task Support Unit (ETSU) - UK, *Renewables for Power Generation: Towards a Better Environment*. A Report to the IEA Renewable Energy Working Party, March 1997.
- [17] World Energy Council (WEC), *Renewable Energy Resources: Opportunities and Constraints 1990-2020*, September 1993.
- [18] M. Legerton, *Review of Progress in the Implementation of Wind Energy in the Member Countries of the IEA during 1996*, ETSU Reference: RYEA 18677001/R/03, IEA Annex XV, July 1997.
- [19] A. G. Adamantiades, J. Besant-Jones, and M. Hoskote, *Power Sector Reform in Developing Countries and the Role of the World Bank*, World Bank, Industry and Energy Department Occasional Paper no. 9, September 1996; based on a paper presented at the 16th Congress of the World Energy Council, Tokyo, October 8-13, 1995.
- [20] International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), *The World Bank's Role in the Electric Power Sector*, A World Bank Policy Paper, 1993.

Πίνακας 1. Εκλύσεις Κύκλου Ζωής από Ανεμογεννήτριες και Συμβατικά Εργοστάσια Παραγωγής Ηλεκτρισμού [16]

Αέρια Εκλύσεων	Ανεμογεννήτριες	Ανθρακας		Πετρέλαιο (g/kWh)	Φυσ. Αέριο (g/kWh)
		Χωρίς Ειδικά Μετρα (g/kWh)	FGD & Low NO _x (g/kWh)		
CO ₂	7-9	955	987	818	430
SO ₂	0.02-0.09	11.8	1.5	14.2	-
NO _x	0.02-0.06	4.3	2.9	4.0	0.5

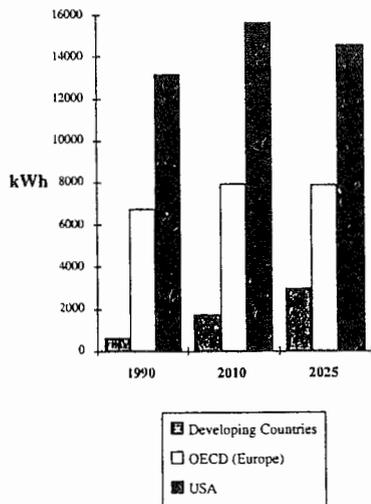
Πίνακας 2. Παγκόσμια Ενεργειακά Αποθέματα

Καύσιμο	Μονάδες	Αποθέματα	Ετήσια Κατανάλωση	Στατικός Δείκτης
Πετρέλαιο	δισεκατ. βαρ.	1000	25	40 χρόνια
Φυσικό Αέριο	τρισεκατ. κ.μ	110	2.5	44 χρόνια
Ανθρακας	δισεκατ. τόννοι	600	3	200 χρόνια

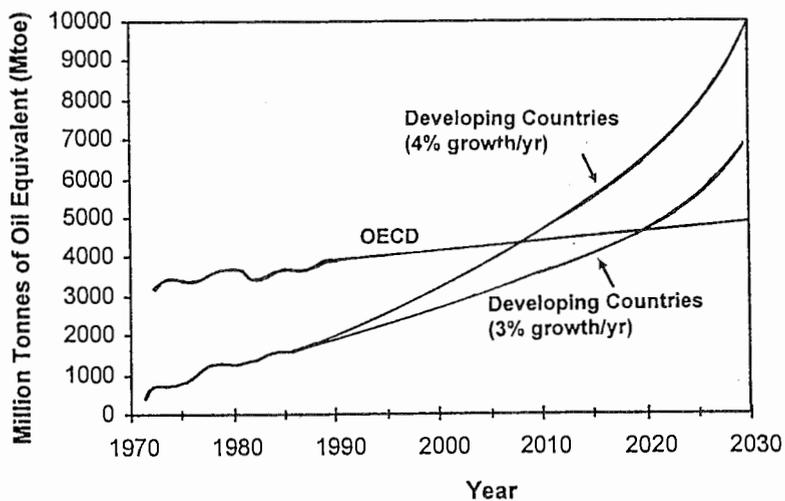
Πίνακας 3. Επισκόπηση των Κινήτρων για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Διάφορες Χώρες του ΟΟΣΑ [18]

Εργαλεία για τη Ενίσχυση της Αγοράς	
Αυστραλία	Κρατικές Επιδοτήσεις για ηλεκτρική ενέργεια ΑΠΕ εκτός δικτύου.
Καναδάς	Φορολογική Απαλλαγή Επενδυτικού Κεφαλαίου (30% το χρόνο του εκάστοτε μειωμένου υπολοίπου).
Δανία	Αυξημένη τιμή για ενέργεια παραγόμενη από ιδιώτες. Επιστροφή Φόρου CO ₂ στις εταιρίες παραγωγής για παραγωγή από ΑΠΕ. Έξοδα σύνδεσης χαμηλής τάσης πληρωμένα από τον ιδιοκτήτη ενώ το κόστος ενίσχυσης δικτύου από την εταιρία κοινής οφελείας.
Φινλανδία	Επενδυτικές Επιδοτήσεις- 30% έως 50% του συνολικού κόστους, ανάλογα με την νεωτερικότητα της τεχνολογίας.
Γερμανία	Μέχρι 25% επιδότηση του επενδυτικού κεφαλαίου (για ιδιώτες). Αυξημένη τιμή κιλοβατώρας για ενέργεια από ΑΠΕ.
Ελλάς	Επιδότηση μέχρι 40% του επενδυτικού κεφαλαίου και μέχρι 40% χαμηλότοκο δάνειο. Αυξημένη τιμή κιλοβατώρας από το 1994.
Ιταλία	Αυξημένη τιμή ενέργειας για ιδιώτες παραγωγούς και μοιραζόμενο κόστος σύνδεσης. Περιφερειακές αρχές εξετάζουν επενδυτικές επιδοτήσεις.
Γιαπωνία	Επιδότησεις: 100% για το κόστος των μετρήσεων (άνεμου, ηλίου), 50% του κόστους σχεδιασμού, και 50% του κόστους κατασκευής και εγκατάστασης. Τιμή εξαγοράς του έργου με διαπραγμάτευση μεταξύ παραγωγού και εταιρίας ηλεκτρισμού.
Ολλανδία	Αυξημένη τιμή για ενέργεια ΑΠΕ – Τιμές εγγυημένες απ' την ηλεκτρική εταιρία δημοσίας ωφελείας δUtility guaranteed prices (NLG 0.12/kWh (1995)). «Πράσινες» Επενδύσεις εξαιρούνται του φόρου εισοδήματος. Επιδότησεις για ανεμογεννήτριες έληξαν το 1995.
Νέα Ζηλανδία	Καμμία στήριξη προς το παρόν.
Νορβηγία	Μοιρασμένο κόστος για ανάπτυξη και λειτουργία έργων ΑΠΕ μέσα στα πλαίσια περιορισμένου κονδυλίου (μέχρι 50%).
Ισπανία	Επενδυτικές επιδοτήσεις (<30% για ορισμένα αιολικά πάρκα, <30% για αερο στροβίλους ειδικών εφαρμογών, <40% για νεωτερικά έργα). Αυξημένη τιμή για παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ.
Σουηδία	Επενδυτική επιδότηση (35% αλλά και μέχρι 50% σε περίπτωση προμήθειας τεχνολογίας). Μικρή αύξηση τιμής για την παραγόμενη ενέργεια (περιβαλλοντικό δώρο SEK 0.07/kWh).
Ηνωμένο Βασίλειο	Αυξημένη τιμή για παραγόμενη ενέργεια.
ΗΠΑ	Ομοσπονδιακή επιδότηση USD 0.015/kWh, προσαρμοσμένη ετησίως για πληθωρισμό, υπό μορφή μειώσεων του πληρωτέου φόρου για ιδιωτικές ηλεκτρικές εταιρίες ηλεκτρισμού και πληρωμές-κίνητρα για δημοτικές εταιρίες (που είναι αφορολόγητες). Μεγάλη ποικιλία κινήτρων στις διάφορες πολιτείες (π.χ., παραγραφή ΦΠΑ ή φόρων περιουσίας).

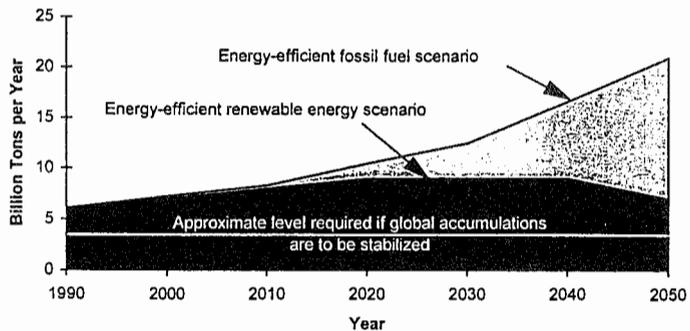
Διάγραμμα 1. Κατά Κεφαλή Κατανάλωση Ενέργειας



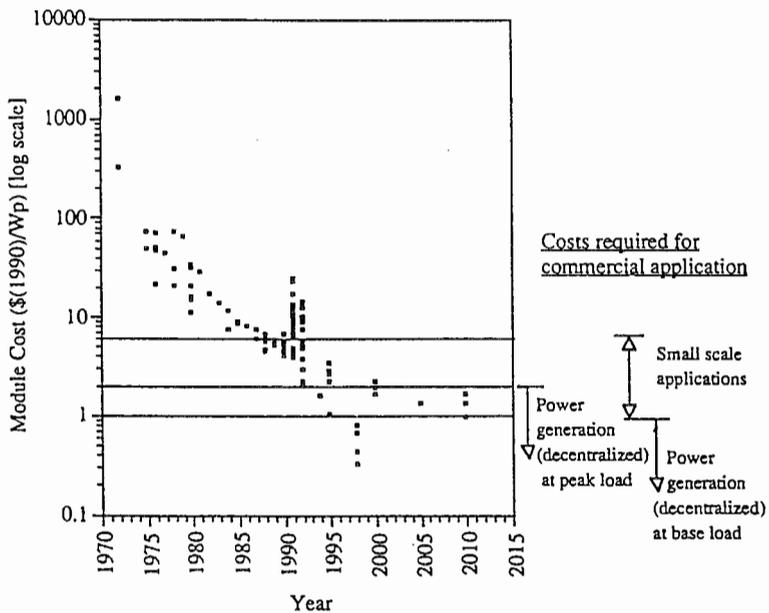
Διάγραμμα 2. Σενάρια Παγκόσμιας Κατανάλωσης Ενέργειας



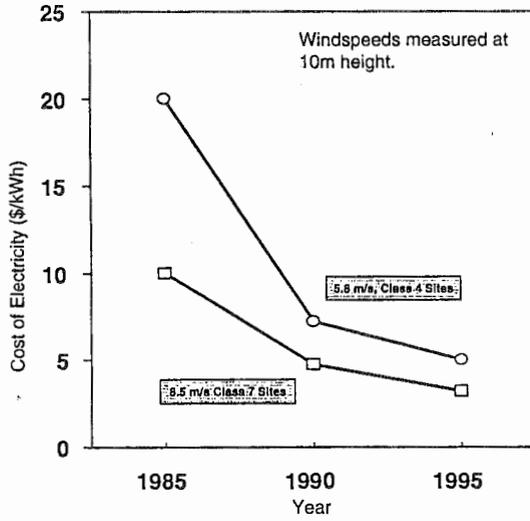
Διάγραμμα 3. Συνολικές Εκλύσεις Άνθρακα κάτω από δύο Σενάρια



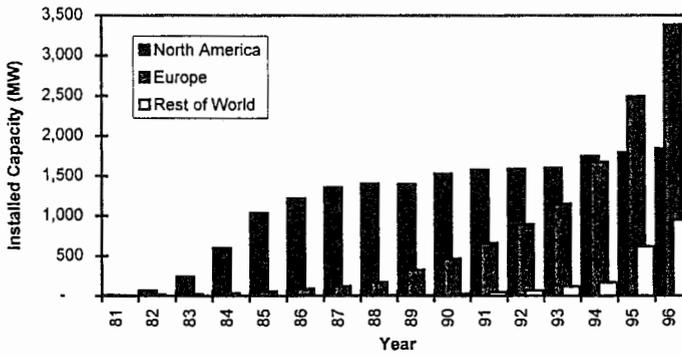
Διάγραμμα 4. Κόστος Φωτοβολταϊκών Κυψελών



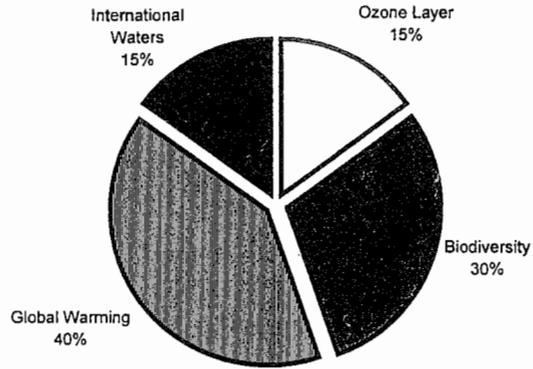
Διάγραμμα 5. Κόστος Ενέργειας από Ανεμογεννήτριες



Διάγραμμα 6. Εξέλιξη Εγκατάστασης Ανεμογεννητριών στον Κόσμο

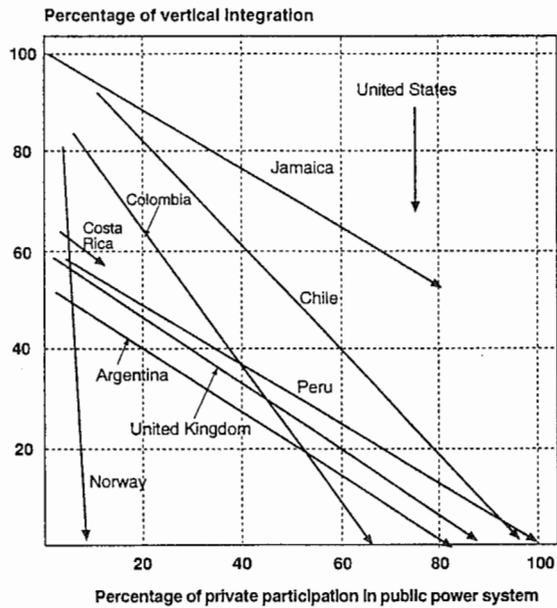


Διάγραμμα 7. Κατανομή Κεφαλαίων του Παγκόσμιου Περιβαλλοντικού Ταμείου



Total Project Financing: US\$ 1.5 Billion

Διάγραμμα 8. Παγκόσμιες Τάσεις στην Αναμόρφωση του Τομέα Ηλεκτρισμού



Γ. Γιαδικιάρογλου

Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας, Πολυτεχνείο Ζυρίχης, ETH

ETH-Zentrum, CLT - CH-8092, Zurich, Switzerland

yadi@iet.mavt.ethz.ch

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Οργανωτική Επιτροπή, η οποία είχε την καλοσύνη να με προσκαλέσει. Είναι ιδιαίτερη χαρά μου όταν μπορώ να βρίσκομαι σε κάποια τέτοια συγκέντρωση στην Ελλάδα.

Θα σας μιλήσω λίγο σχετικά για το τρίγωνο: πληθυσμός - ενέργεια - περιβάλλον σε σχέση με αειφορία. Θα επισημάνω πολύ λίγα σχετικά με αποθέματα, επειδή τα πράγματα είναι σχετικά απλά και δεν υπάρχει πολύ χώρος για συζήτηση. Απλώς να σας δείξω τους αριθμούς που έχω. Θα ήθελα επίσης να κάνω μερικές παρατηρήσεις σχετικά με το τι εννοώ όταν χρησιμοποιώ την έννοια «αειφορία». Τέλος, έχω μερικά στοιχεία για την πρόοδο που γίνεται στην Ελβετία σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές. Γενικά, ελπίζω να σας δώσω ορισμένα ερεθίσματα για περαιτέρω συζήτηση και προβληματισμό.

Σας δείχνω έναν κατάλογο με τα επείγοντα προβλήματα που απειλούν αυτήν την έννοια της αειφορίας. Έχω δώσει έμφαση σε αυτά που έχουν σχέση με τη σημερινή ομιλία και που είναι τα εξής: η εξάντληση των ορυκτών καυσίμων (ίσως το μεγαλύτερο πρόβλημα αειφορίας σχετικά με ενεργειακά θέματα), αλλά και η πολύ σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα και η καταστροφή της στρώσης του όζοντος. Τα άλλα θέματα, όπως η απώλεια της ποικιλίας (χλωρίδα και πανίδα), η διάβρωση, η μείωση των υδάτινων πόρων και η ρύπανση της θάλασσας είναι πολύ σημαντικά προβλήματα, αλλά δε σχετίζονται τόσο με την ενέργεια.

1. ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ

Ο πρώτος παράγοντας του τριγώνου που ανέφερα προηγουμένως, είναι ο πληθυσμός. Τα στοιχεία αυτά τα συγκέντρωσα από την ιστοσελίδα του ΟΗΕ και δείχνουν ότι σήμερα ο πληθυσμός είναι γύρω στα έξι δισεκατομμύρια άτομα. Υπάρχουν τριών ειδών προβλέψεις για το μέλλον. Η πρώτη πρόβλεψη αντιπροσωπεύεται σε γενικές γραμμές από την αντίληψη «business as usual», δηλαδή χωρίς μεγάλες αλλαγές. Κάπως πιο ήπια είναι η δεύτερη πρόβλεψη, η οποία σταθεροποιεί τον πληθυσμό γύρω στα οχτώ δισεκατομμύρια. Σχετικά με την ενέργεια, αυτή η συνολική αύξηση του πληθυσμού δεν είναι τόσο σημαντική, όσο η κατανομή της στο κομμάτι «αναπτυγμένες χώρες» και στο κομμάτι «αναπτυσσόμενες χώρες». Ενώ οι αναπτυγμένες χώρες κρατάνε έναν πληθυσμό λίγο-πολύ σταθερό, στις αναπτυσσόμενες χώρες αυξάνεται ραγδαία ο πληθυσμός.

Αυτό το Σχήμα δίνει προβλέψεις μέχρι το 2050 και ίσως είναι πολύ μακροπρόθεσμο για αυτά που λω σήμερα, αλλά και μέχρι το 2020 τα αποτελέσματα θα είναι ακριβώς τα ίδια. Δεν μπορούμε να κάνουμε πολλά πράγματα για την αύξηση του πληθυσμού, τουλάχιστον στα επόμενα είκοσι χρόνια, γιατί αυτή η ανάπτυξη είναι «προγραμματισμένη» για τον εξής λόγο.: Αν κοιτάξετε την κατανομή του πληθυσμού κατά ομάδες ηλικίας (κάθε 5 χρόνια), στις πολύ αναπτυγμένες περιοχές έχετε μια κατανομή λίγο-πολύ "ορθογώνια". Όσο πιο υποανάπτυκτη η χώρα, τόσο πιο πολύ γίνεται η κατανομή αυτή τριγωνική (πυραμίδα). Αυτό συμβαίνει εξαιτίας των προόδων της επιστήμης, της ιατρικής κτλ. Αυτό το τρίγωνο της κατανομής του πληθυσμού, όσο περνάει ο καιρός προωθείται προς τα πάνω, και από τρίγωνο αποκτά ένα σχήμα σαν "σπιτάκι". Το εξόγκωμα που φαίνεται στη μέση σχετίζεται με την ιστορία των περασμένων 20–30 χρόνων. Γι' αυτό ανέφερα ότι η πορεία αυτή είναι προγραμματισμένη, επειδή δεν μπορεί κανείς να τη σταματήσει εύκολα. Έχει μια περίοδο αλλαγής της τάξης μιας γενιάς.

Λίγο πιο αναλυτικά, ο πληθυσμός είναι πολύ διαφορετικά κατανεμημένος στις διάφορες περιοχές. Αυτές οι στατιστικές μελέτες που έρχονται από τον Διεθνή Οργανισμό Ατομικής Ενέργειας, αλλά δεν έχουν καμία σχέση με ατομική ενέργεια, δείχνουν την κατανομή του πληθυσμού σε περιοχές. Στην Αμερική και στην Ευρώπη είναι σχετικά μικρές οι κατανομές πληθυσμού (της τάξης των 500 εκ. σε κάθε περιοχή), ενώ στην Αφρική, Μέση Ανατολή, Ασία, καθώς και στον Ειρηνικό και την Άπω Ανατολή υπάρχουν όχι μόνο τεράστιες μάζες πληθυσμού, αλλά προβλέπονται και τεράστιες αυξήσεις. Η πρώτη στήλη δείχνει το 1997 και η τελευταία το 2020. Βλέπετε ότι η διαφορά μεταξύ του "σήμερα" και του "2020" σε αυτές

τις ραγδαία αναπτυσσόμενες περιοχές είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με τον υπάρχοντα πληθυσμό σήμερα στις προηγμένες χώρες. Συνδυάζοντας τα στοιχεία αυτά με το τι προβλέπεται για αυτές τις περιοχές σχετικά με ενέργεια και αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης της ενέργειας, τα αποτελέσματα είναι σημαντικά.

2. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Κατ' αρχήν, θα παρουσιάσω μια πολύ γενική εικόνα για την κατανάλωση πρωτογενών μορφών ενέργειας: πετρέλαιο, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια, υδροηλεκτρικά και κάρβουνο. Η υδροηλεκτρική και η πυρηνική ενέργεια έχουν πολλαπλασιαστεί με έναν συντελεστή 3, για να πάμε πίσω στην πρωτογενή ενέργεια που θα χρειαζόταν, αν ήταν θερμικά εργοστάσια, να την παράγουν. Βλέπετε ότι παρ' όλες τις προσπάθειες που γίνονται, και αυτά που λέγονται, συνεχίζουμε και καταναλώνουμε σε παγκόσμια κλίμακα όσο προχωράμε και περισσότερη ενέργεια. Η γραμμή της κατανάλωσης έχει σε μερικά σημεία ισόπεδα τμήματα, αλλά μετά αρχίζει να ανεβαίνει ξανά. Σας δείχνω μια στατιστική μελέτη, η οποία δεν δείχνει μεγάλες τάσεις αλλαγής, παρ' όλες τις καλές διαθέσεις. Ακόμα, κάτι άλλο που είναι σημαντικό - γιατί από το σημείο αυτό και μετά θα αναφερόμαι περισσότερο στην ηλεκτρική ενέργεια και όχι στην ενέργεια γενικότερα: η ηλεκτρική ενέργεια δείχνει πάντα μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης από την ενέργεια εν γένει. Με βάση 100 μονάδες το 1995, προβλέπεται μια σημαντική διαφορά στην ανάπτυξη κατανάλωσης μεταξύ ηλεκτρικής (150 μονάδες) και πρωτογενούς ενέργειας (130 μονάδες) μέχρι το 2015. Αυτή η διαφορά υπάρχει και θα συνεχίσει να υπάρχει, και είναι κατανοητό, γιατί η ηλεκτρική ενέργεια, σαν πολύ πιο χρήσιμη μορφή, μάς είναι πιο χρήσιμη από την πρωτογενή ενέργεια.

Σχετικά με τα αποθέματα, υπάρχει ο εξής πίνακας που προέρχεται από ένα βιβλιάριο που εκδίδει κάθε χρόνο η British Petroleum. Ο πίνακας περιέχει έναν απλό τρόπο για να δει κανείς ποια είναι τα αποθέματα και, σε σχέση με τη σημερινή κατανάλωση, πόσα χρόνια ακόμα μπορούμε να λειτουργήσουμε με τον ίδιο τρόπο: τα χρόνια κατανάλωσης που μας μένουν, όταν διαιρέσει κανείς το απόθεμα με το ρυθμό κατανάλωσης. Εδώ βλέπετε την κατάσταση σε διάφορες "περιοχές", όπως στα κράτη μέλη του ΟΟΣΑ, στην πρώην Σοβιετική Ένωση, στις αναδύομενες αγορές (Emerging Market Economies) και τελικά κατά μέσον όρο στον κόσμο. Το πρώτο κομματάκι είναι το πετρέλαιο, το δεύτερο είναι το φυσικό αέριο, και το τρίτο μεγάλο κομμάτι είναι το κάρβουνο. Για τον πληθυσμό του πλανήτη κατά μέσον όρο, έχουμε διακόσια χρόνια περίπου κάρβουνο με το σημερινό ρυθμό κατανάλωσης και τα σημερινά

γνωστά αποθέματα. Φυσικό αέριο γύρω στα 60 χρόνια περίπου και πετρέλαιο γύρω στα 40 χρόνια.

Αυτά τα στοιχεία όμως παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά από τη μια περιοχή στην άλλη, και αυτό φαίνεται καλύτερα αν δούμε π.χ. το χάρτη για το φυσικό αέριο (που προέρχεται πάλι από το βιβλιάριο που ανέφερα πριν), στον οποίο φαίνονται που είναι αυτά τα αποθέματα. Οι αριθμοί είναι κατά γεωγραφικές περιοχές. Τα μεγάλα αποθέματα είναι στη Μέση Ανατολή και στην πρώην Σοβιετική Ένωση. Λίγο φυσικό αέριο υπάρχει στη Β. Θάλασσα, στη Β. Αμερική και σε άλλα σημεία.

Ακόμα πιο χτυπητή είναι η διαφορά κατανομής του πετρελαίου. Τα μεγάλα αποθέματα πετρελαίου βρίσκονται στη Μέση Ανατολή, όπου υπάρχει μια τεράστια συγκέντρωση πετρελαίου, συντριπτικά μεγαλύτερη από τα αποθέματα πετρελαίου σε άλλες περιοχές. Αυτό βέβαια έχει πολύ σημαντικές πολιτικές συνέπειες. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται οι πολύ σημαντικές μεταφορές πετρελαίου από τη Μέση Ανατολή προς τον υπόλοιπο κόσμο, Ευρώπη, Ιαπωνία, Ν. Ασία, και μερικά μικρότερα βέλη που δείχνουν μεταφορές από Αφρική ή από κράτη όπως η Βενεζουέλα προς τις ΗΠΑ, Ευρώπη και Ιαπωνία. Συνοπτικά, η μεγάλη πηγή είναι η Μέση Ανατολή, οι μικρότερες πηγές η Αφρική και η Ν. Αμερική, ενώ οι μεγάλοι καταναλωτές είναι οι ΗΠΑ, η Ευρώπη και η Ιαπωνία. Αυτό βέβαια έχει και γεωπολιτικές συνέπειες. Θα θυμάστε γεγονότα όπως τον πόλεμο στο Κουβέιτ που πολύ εύκολα ξεκινάνε και συσχετίζονται με προβλήματα κατανομής των ενεργειακών πόρων.

Πρέπει κανείς να κάνει προβλέψεις σχετικά με το πόση ενέργεια θα χρειαστούν αυτές οι "αναπτυσσόμενες κοινωνίες" που πράγματι αναπτύσσονται ραγδαία, όπως η Ν. Ασία και η Άπω Ανατολή. Εδώ βλέπετε στοιχεία (η πρώτη στήλη για το 1997), για τη Β. Αμερική, Δ. Ευρώπη, Α. Ευρώπη, και μετά προβλέψεις μέχρι το 2020 (οι επόμενες στήλες). Οι προβλέψεις διακρίνονται σε χαμηλές και υψηλές, θα αναφερθώ μόνο στις χαμηλές. Βλέπετε ότι η διαφορά μεταξύ "σήμερα" και το "2020" σ' αυτές τις δύο περιοχές, στην Άπω Ανατολή και στη Νότια Ασία, είναι της τάξης μεγέθους της κατανάλωσης *σήμερα* στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη.

Εκεί που φυσικά υπάρχει πολύ *άνιση* κατανομή είναι στην κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας, που την μερίδα του λέοντος έχουν οπωσδήποτε οι ΗΠΑ με κατανάλωση της τάξης μεγέθους των 10 kW. Δηλαδή ο μέσος Αμερικανός χρησιμοποιεί 10 kW κατά μέσον όρο συνεχώς, ενώ εμείς στη Δ. Ευρώπη χρησιμοποιούμε γύρω στα 4-5 kW. Ενώ υπάρχουν και περιοχές, όπως η Αφρική που βρίσκεται στο 1 kW, ο μέσος όρος του κόσμου βρίσκεται στα 2

kW. Στο Πολυτεχνείο της Ζυρίχης έχουμε ένα ερευνητικό έργο που ονομάζεται «Η Κοινωνία των 2 kW» που σκοπός του είναι να αποδείξει ότι μπορούμε να κινηθούμε στα πλαίσια των 2 kW. Πράγματι πιστεύω ότι μπορούμε, εφ' όσον ο μέσος όρος του κόσμου *μπορεί* και λειτουργεί με 2 kW. Το θέμα είναι *πώς* θα πείσουμε τους Δυτικούς να κατέβουν από τα σημερινά επίπεδα στο επίπεδο των 2 kW, πράγμα πολιτικά, οικονομικά και κοινωνικά δύσκολο.

3. ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΚΕΦΑΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Σε αυτό το σχήμα παρουσιάζω στην οριζόντια κατεύθυνση τον πληθυσμό σε δισεκατομμύρια και στην κάθετη κατεύθυνση την κατά κεφαλή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Αν πολλαπλασιάσει κανείς τον πληθυσμό με την κατά κεφαλή κατανάλωση, τότε η επιφάνεια που σχηματίζεται (το ορθογώνιο) είναι η ετήσια κατανάλωση ενέργειας, που εδώ είναι σημειωμένη σε Terra-Watt (10^{12} W). Πάλι προτίμησα να παρουσιάσω την κατανάλωση ενέργειας σε μορφή μέσης ισχύος. Με κίτρινο χρώμα παρουσιάζονται οι προηγμένες χώρες στη σημερινή κατάσταση. Υποθέτουμε μια μικρή αύξηση της κατανάλωσης και γίνεται μια πρόβλεψη για μικρή σχετικά αύξηση του πληθυσμού. Δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ σήμερα και το 2020.

Αυτό που είναι εντυπωσιακό είναι η πρόβλεψη για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Με την προβλεπόμενη αύξηση του πληθυσμού των υπό ανάπτυξη χωρών (που εδώ είναι όλες οι υπόλοιπες χώρες εκτός από την Ν. Αμερική και την Αφρική - που δεν επηρεάζουν σημαντικά το σχήμα) από τα 3,5 στα 4,5 δισεκατομμύρια και κάποια σχετική αύξηση της κατά κεφαλή κατανάλωσης από το σημερινό επίπεδο των 1,26 kW στα 1,7 ή 2,3 kW (το ελάχιστο και μέγιστο που προβλέπεται) το κίτρινο αυτό σημερινό κομματάκι γίνεται ένα τεράστιο πορτοκαλί κομμάτι το 2020. Αυτό είναι το πρόβλημα που παρουσιάζεται: ότι και κάνουμε *εμείς* (οι δυτικοί), ενώ έχει μεν σημασία, πολύ εύκολα υπερκαλύπτεται και υποσκιάζεται από αυτό που συμβαίνει στην Ασία. Για αυτό και οι δικές μας *μονομερείς* ενέργειες δεν αρκούν σε αυτό το σημείο.

Γι' αυτό και καταλήγω σε ορισμένες πρώτες, θα έλεγα, και προφανείς θέσεις: κατ' αρχήν, παρ' όλες τις προσπάθειες που γίνονται και παρ' όλη τη ρητορική σε αυτό το θέμα, συνεχίζουμε να καταναλώνουμε ενέργεια πάντοτε με αυξανόμενο ρυθμό. Οι χώρες που αναπτύσσονται πολύ γρήγορα, κυρίως στην Ασία, θα είναι οι κινητήριες δυνάμεις για

περαιτέρω αύξηση της κατανάλωσης, τουλάχιστον για τα επόμενα είκοσι χρόνια. Οι μονομερείς προσπάθειες μόνο των δυτικών χωρών δεν αρκούν σε αυτό το θέμα.

4. ΑΕΙΦΟΡΙΑ

Θα έχετε οπωσδήποτε δει τους εξής τρεις παράγοντες, που αναφέρονται στο επόμενο σχήμα και που είναι πολύ σημαντικοί για την αειφορία: Οικολογική, κοινωνική και οικονομική συμβατικότητα. Τα ενεργειακά συστήματα πρέπει να είναι συμβατά με την οικολογία, αλλά και με την κοινωνία. Αυτό που δεν πρέπει να ξεχνάμε είναι ότι πρέπει να είναι συμβατά και με την οικονομική πραγματικότητα. Και τα τρία σκέλη πρέπει να τα διαχειριστούμε με την ίδια βαρύτητα, χωρίς να παραλειφθεί κανένα από τα τρία.

5. ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Αυτό που δεν ανέφερα μέχρι τώρα είναι το θέμα του διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό που βλέπετε είναι απλώς στατιστική, όχι πρόβλεψη. Βλέπετε ότι από το 1700 μέχρι σήμερα έχει σημειωθεί ένα τεράστιο άλμα στην κατά μέσον όρο περιεκτικότητα διοξειδίου του άνθρακα όλης της ατμόσφαιρας. Δεν μιλάμε για κάποιο τοπικό φαινόμενο π.χ. στο κέντρο της Αθήνας ή του Los Angeles, αλλά για την κατά μέσο όρο περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας του πλανήτη. Η κατάσταση συνεχίζεται μέχρι σήμερα: η περιεκτικότητα από 280 ppm έχει αυξηθεί στα 460 ppm. Ο άνθρωπος δηλαδή έχει αυξήσει την κατά μέσον όρο περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας κατά 30% μέσα στα τελευταία 100-200 χρόνια. Μπορεί να συζητάμε σε ποια έκταση αυτό θα δημιουργήσει θέματα θερμοκηπίου κτλ., αλλά οπωσδήποτε δημιουργεί μια πολύ σημαντική διαφορά στο περιβάλλον.

6. ΟΙ ΛΥΣΕΙΣ

Η πιο απλή, προφανής, βραχυπρόθεσμη, ευνόητη και σχετικά εύκολη λύση σε αυτό το θέμα, από ενεργειακή πλευράς, είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία όμως δυστυχώς δεν γίνεται εύκολα δεκτή από κανέναν. Παρ' όλο που μιλάμε πολύ για εξοικονόμηση ενέργειας, στην πραγματικότητα δεν κάνουμε μεγάλη εξοικονόμηση και το θέμα δεν έχει και κάποια πολιτική απήχηση. Δεν είναι μια αντίληψη που περνάει εύκολα στον καθένα. Τελικά είναι ευχάριστο για όλους να χρησιμοποιούν ενέργεια σε σχετική αφθονία.

Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας οπωσδήποτε καλούνται να προσφέρουν, αλλά δεν θέλω να ξεχάσουμε και την πυρηνική ενέργεια, στην οποία θα επανέλθω.

Νομίζω ότι είναι προφανές ότι τα ορυκτά καύσιμα δεν είναι συμβατά με την έννοια της αειφορίας, διότι είναι πεπερασμένα τα αποθέματα και, όπως γνωρίζουν οι Μηχανικοί και οι Φυσικοί, τα πάντα έχουν κάποιο όριο. Μπορεί να έχουμε μεγάλα αποθέματα, μπορεί να βρίσκουμε καινούργια αποθέματα συνεχώς, αλλά κάποτε θα τελειώσουν. Από διαλέξεις που έχω ακούσει, οι μόνοι που μας βεβαιώνουν ότι τα αποθέματα είναι τεράστια και να μην ανησυχούμε, είναι άτομα που εργάζονται για κάποια εταιρεία. πετρελαίου ή για κάποια εταιρεία που έχει σχέση με άνθρακα. Δεν έχω ακούσει από άλλους να λένε ότι τα αποθέματα του πετρελαίου ή του φυσικού αερίου είναι απέραντα και να μην ανησυχούμε.

6.1. Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας

Η σημερινή κατάσταση για τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας - για να ξέρουμε που βρισκόμαστε παγκοσμίως - είναι η εξής: 18% της πρωτογενούς ενέργειας είναι ανανεώσιμη, αλλά από αυτά τα 18%, η μερίδα του λέοντος, το 98%, είναι υδροηλεκτρική ενέργεια και βιομάζα. Τα ηλιακά και αιολικά παίζουν ένα πολύ μικρό ρόλο.

Έχω ετοιμάσει αυτόν τον πίνακα για το δυναμικό των ανανεώσιμων πηγών. Ενώ το θεωρητικό δυναμικό είναι τεράστιο για πολλές από αυτές, όπως για την ηλιακή ενέργεια και την αιολική ενέργεια, το πραγματικό δυναμικό στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πεπερασμένο για πολλούς λόγους, που έχω αναλύσει λίγο-πολύ στον πίνακα. Γιατί αυτές οι ανανεώσιμες ενέργειες έχουν περιορισμένες δυνατότητες; Πρώτον, επειδή είναι διάχυτες και οτιδήποτε είναι διάχυτο χρειάζεται συγκέντρωση, πράγμα που κοστίζει, όχι μόνο σε χρήματα, αλλά και σε επιφάνειες και σε υλικά. Αυτό το κόστος έχει και οικολογικές συνέπειες. Τα άλλα είναι ίσως δευτερεύοντα: το κόστος, που παρ' όλο που μειώνεται συνεχώς, βρίσκεται σε αθέμιτο συναγωνισμό με το κόστος των ορυκτών καυσίμων, που δεν τους επιτρέπει να πάρουν το προβάδισμα.

Κάποτε είχα ρωτήσει κάποιο σύμβουλο πετρελαιοπαραγωγού χώρας με ποια λογική, με βάση ποια στοιχεία, καθορίζουν την τιμή του πετρελαίου, και απάντησε: αρκετά ψηλά για να έχουμε αρκετά εισοδήματα και αρκετά χαμηλά για να μην αφήσουμε καμιά άλλη μορφή ενέργειας να «πάει εμπρός». Νομίζω ότι ήταν πολύ απλή η απάντησή του, και ίσως να είναι και η αλήθεια.

Επίσης σημειώνω τα θέματα της διαλείπουσας διαθεσιμότητας των ανανεώσιμων πηγών και τη μη σύμπτωση της προσφοράς και ζήτησης.

Έχω ετοιμάσει έναν πίνακα για το πόσο διάχυτες είναι αυτές οι μορφές ενέργειας: ο πίνακας δίνει την ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να συλλέξει κανείς ανά μονάδα επιφάνειας πάνω στη γη (W/m^2).

- Φωτοβολταϊκά: Υπολογίζω ότι η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί κανείς να συλλέξει, κατά μέσον όρο, ανά τετραγωνικό μέτρο από φωτοβολταϊκά συστήματα, είναι της τάξης 3-10 W/m^2 (και την ίδια τάξη μεγέθους τη βρίσκουμε, ότι και να κάνουμε, σ' όλες τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας).
- Βιομάζα: Είτε είναι οινόπνευμα από τεύτλα, είτε από μορφές βιομάζας που αυξάνονται πολύ γρήγορα όπως κάτι τύποι μπαμπού, κτλ., είναι πάλι της τάξης 1-2 W/m^2 .
- Ακόμα και η αιολική ενέργεια παρέχει συγκρίσιμα μεγέθη: παρ' όλο που οι εγκαταστάσεις παράγουν σε ορισμένα σημεία συμπυκνωμένη ενέργεια, χρειάζεται συγκεκριμένη έκταση για να μην υποσκιάζεται η μια ανεμογεννήτρια από την άλλη. Πάλι έφτασα σε έναν αριθμό της τάξης των 3 W/m^2 .

Ότι και να κάνουμε, βρισκόμαστε σ' αυτήν την τάξη μεγέθους των 3-10 W/m^2 . Οτιδήποτε είναι δηλαδή διάχυτο, όπως τα παραπάνω, απαιτεί κόπο, έξοδα και υλικά, κυρίως για να συμπυκνωθεί.

Έχω μια άλλη διαφάνεια, που δείχνει, κατ' αρχήν, πόσο συμπυκνωμένα σε ενέργεια είναι και τι μεγάλη ενεργειακή αξία έχουν τα ορυκτά καύσιμα. Γι' αυτό δεν πρέπει να τα καιμε τόσο γρήγορα. Για να ζεστάνει κανείς ένα λίτρο νερού (1000 γραμμάρια) από τους 20 στους 100 °C, χρειάζεται μόνο 8 γραμμάρια πετρελαίου. Μας δείχνει πόσο σημαντική είναι η θερμική ενέργεια που περιέχεται σ' αυτά τα καύσιμα. Για να το εξαερώσουμε τελείως το νερό, χρειάζονται 62 γραμμάρια. Για να το ανεβάσουμε 1000 μέτρα (αυτό το παράδειγμα κάνει κάποια συσχέτιση με τα υδροηλεκτρικά) χρειάζονται 0,24 γραμμάρια πετρελαίου. Αυτές οι ποσότητες νερού που αποθηκεύονται πάνω στα φράγματα είναι τόσο τεράστιες, γιατί το ενεργειακό δυναμικό τους είναι σχετικά πολύ μικρό, σχετικά πάλι με τη χημική ενέργεια μέσα στα ορυκτά καύσιμα.

Για να ζεσταθεί αυτό το λίτρο νερού με ηλιακή ενέργεια από τους 20 στους 100 βαθμούς Κελσίου, με το μέγιστο ρυθμό που έρχεται η ηλιοφάνεια πάνω στη Γη (1 kW/m^2),

χρειάζονται 9 ώρες (αν μπορούσε κανείς να απορροφήσει όλη αυτήν την ενέργεια στο νερό). Θα χρειασθούν τρεις μέρες για να εξαερωθεί τελείως το λίτρο του νερού με ηλιακή ενέργεια. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το εξής: Ξέρετε πόση ισχύ βάζετε μέσα στο αυτοκίνητό σας όταν το γεμίζετε με βενζίνη; Ένας απλός υπολογισμός αρκεί: αν παίρνετε 1 λίτρο ανά δευτερόλεπτο, αποθηκεύετε 42MW για ένα λεπτό περίπου, και μετά τα χρησιμοποιείτε επί ώρες. Βλέπετε πόσο συμπυκνωμένη είναι η ενέργεια μέσα στα ορυκτά καύσιμα.

6.2. Η πυρηνική ενέργεια

Ας δούμε την τρίτη μορφή ενέργειας που ανέφερα, δηλαδή την πυρηνική ενέργεια, και ας εξετάσουμε πιο είναι το δυναμικό της. Αν λάβει κανείς υπόψη του και τη δυνατότητα αναπαραγωγής (breeding), είναι τεράστιο, γιατί τότε χρησιμοποιεί κανείς σχεδόν 100% όλα τα σημαντικά αποθέματα ουρανίου και θορίου που υπάρχουν στη Γη. Χωρίς αναπαραγωγή, το δυναμικό είναι της τάξης μεγέθους του πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η πυκνότητα ενέργειας φυσικά είναι τεράστια. Οι ραδιολογικές εκπομπές από τις εγκαταστάσεις σε κανονική λειτουργία είναι μικρές ή αμελητέες. Οι εκπομπές περιορίζονται εύκολα σε κανονική λειτουργία. Νομίζω ότι στον Δυτικό κόσμο (τα τελευταία 30-40 χρόνια) οι στατιστικές αποδεικνύουν ότι η ασφάλεια των εγκαταστάσεων αυτών είναι ανεκτή. Στην Ανατολή υπήρχαν φυσικά μεγαλύτερα προβλήματα. Το κόστος του ρεύματος από πυρηνικούς σταθμούς εξαρτάται πολύ λίγο από το κόστος του ορυκτού ουρανίου - πράγμα σημαντικό για την οικονομία.

Έχω βάλει ένα ερωτηματικό στη λέξη «σύντηξη» επειδή μιλάμε για σύντηξη εδώ και 50 χρόνια και ακόμα δεν έχουμε φτάσει σε κάποιο σύστημα που να παράγει περισσότερη ενέργεια από εκείνη που προσφέρουμε εμείς για τη λειτουργία του...

6.3. Το διοξείδιο του άνθρακα

Αυτή η στατιστική έρχεται από την IASA στην Αυστρία και δείχνει την εκπομπή τόνων κάρβουνου (τόνων του μορίου του άνθρακα) κατά μονάδα καταναλωσώμενης ενέργειας σε διάφορες χώρες. Βέβαια η μόνη χώρα που έχει μειώσει αυτό το κλάσμα σημαντικά από το 1975 και μετά είναι η Γαλλία, και ο μόνος λόγος που το μείωσε είναι ότι έχει ένα πολύ σημαντικό πυρηνικό πρόγραμμα. Δηλαδή, αν μιλάμε για το Πρωτόκολλο του Κyoto, και για

το ότι έχουμε αποφασίσει να μειώσουμε τις εκπομπές CO₂, η πυρηνική ενέργεια είναι μια από τις λύσεις. Η πυρηνική ενέργεια έχει οπωσδήποτε προβλήματα αλλά προσφέρει και λύσεις.

6.4. Η Ελβετία

Να κλείσω με μερικά σχόλια για το τι προσπαθεί να κάνει η Ελβετία και που βρίσκεται. Αυτή είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελβετία από το 1965 και μετά. Οι μπλε στήλες είναι η υδροηλεκτρική παραγωγή, περίπου 60% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής, οι πράσινες (σε αμελητέα επίπεδα 1-2%) είναι παραγωγή από ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο - από ένα μικρό σταθμό που χρησιμοποιείται μερικές φορές), και οι κόκκινες είναι πυρηνική ενέργεια από πέντε εργοστάσια. Κάθε φορά που υπάρχει κάποιο σκαλοπάτι, είναι ένας καινούργιος σταθμός. Το 40% της παραγωγής σήμερα είναι πυρηνική και 60% υδροηλεκτρικά, δηλαδή σχεδόν μηδέν CO₂ από τις εκπομπές σχετικά με την ηλεκτροπαραγωγή. Η Ελβετία, όπως και γειτονικές χώρες (π.χ. Γερμανία), μιλάνε για ένα σταμάτημα των πυρηνικών εγκαταστάσεων (των πέντε εργοστασίων που παράγουν το 40%), και έχουν γίνει ορισμένες μελέτες για το ποιες θα ήταν οι συνέπειες.

Έχω κάτι που δημοσιεύτηκε την περασμένη εβδομάδα από μια μελέτη που εξετάζει ποιο θα ήταν το δυναμικό των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας - σχετικά με θερμότητα. Η θέρμανση στην Ελβετία είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της ενεργειακής κατανάλωσης, εφ' όσον κάνει κρύο. Συνεπώς, είναι πολύ σημαντική η εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας. Οι ηλιακοί συλλέκτες σήμερα παράγουν σε αμελητέα ποσότητα. Σε σχέση με τα 77000 GWh που χρησιμοποιούνται για θέρμανση, έχουμε 88 GWh. Θα μπορούσαν να αυξηθούν, αλλά θα είναι πάλι λίγο. Σημαντικές επίσης είναι και οι αντλίες θερμότητας, οι οποίες βέβαια χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια, που προέρχεται από κάποιο άλλο τύπο παραγωγής. Έτσι και αλλιώς, δεν εστιάζομαι πάνω στα θέματα θέρμανσης γιατί εκεί νομίζω ότι οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας έχουν να προσφέρουν πολύ περισσότερα παρά για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Είναι πιο ενδιαφέρον να εξετάσουμε την ίδια παρουσίαση, σχετικά με ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Βλέπουμε την κατάσταση το 1997 σε σχέση με το 1990. Ειδικά, το 1990, η Ελβετία είχε ξεκινήσει ένα πρόγραμμα που λεγόταν "Ενέργεια 2000", το οποίο είχε σκοπό, από το 1990 μέχρι το 2000, να αυξήσει την προσφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή κατά 0,5%.

Σήμερα λέμε ότι έχει πραγματοποιηθεί αυτός ο στόχος και πραγματικά ότι έχουμε αυξήσει την συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών κατά 0,5%. Έχουμε φτάσει από το 0,8% το 1990 στο 1,3% σήμερα, ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Κατά τη γνώμη μου, αυτό παρουσιάζεται όχι τόσο έντιμα: γιατί όταν λένε απλώς «από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας», φαντάζομαι ότι ο περισσότερος κόσμος νομίζει ότι πρόκειται για ηλιακά συστήματα, βιομάζα ή οτιδήποτε άλλο. Στην πραγματικότητα, το τεράστιο κομμάτι του 1,3% προέρχεται από απορρίμματα, από οικιακά απορρίμματα που καίγονται. Όπως βλέπετε, αυτά δείχνουν αύξηση από 318 στα 487 GWh. Αν πάλι προτιμάτε να σκέφτεστε σε μονάδες ισχύος, σήμερα η συνεχής συνολική ισχύς που παράγεται κατά μέσον όρο είναι 6000 MWe. Από αυτά τα 6000 MWe, σήμερα τα 3% (δηλαδή 60-90 MW) είναι από ανανεώσιμες μορφές.

Η λύση που προσφέρεται περισσότερο είναι οπωσδήποτε τα απορρίμματα, αλλά υπάρχει πρόβλημα αύξησης, γιατί δεν υπάρχουν άλλα απορρίμματα διαθέσιμα να καούν. Υπολογίζεται ότι η μόνο η μισή ενέργεια που βρίσκεται στα απορρίμματα είναι "ανανεώσιμη," γιατί η άλλη μισή είναι από προϊόντα πετρελαίου, όπως πλαστικά και άλλα πράγματα που δεν είναι ανανεώσιμα. Με βάση τη λογική αυτή, βλέπετε ότι είμαστε περιορισμένοι.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κλείνω με την πρόταση ότι δυστυχώς, ενώ θα προτιμούσα να υπήρχαν άλλες λύσεις, η πυρηνική ενέργεια μου φαίνεται ως μια αναπόφευκτη μέση λύση, τουλάχιστον για τα επόμενα 20-30 χρόνια. Ότι ενέργειες που γίνονται για να σταματήσουν τα πυρηνικά εργοστάσια, νομίζω ότι ως μόνη συνέπεια θα είχαν να καεί περισσότερο φυσικό αέριο, πράγμα που οφείλεται στις πολύ χαμηλές τιμές του - για πολλούς πολιτικούς και γεωπολιτικούς λόγους. Αυτό φυσικά δεν θα ήταν καθόλου συμβατό με αυτά που έχουν αποφασιστεί και έχουμε υποσχεθεί να κάνουμε στο Kyoto, δηλαδή να μειώσουμε σημαντικά τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα.

Σας ευχαριστώ.

Η ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Κομνηγός Διαμαντάρας

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Έρευνας

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ακρογωνιαίοι λίθοι της Ενεργειακής Πολιτικής της Κοινότητας είναι: α) Η δέσμευση του πρωτοκόλλου του Κυότο, β) Η αύξηση της ενεργειακής παραγωγής των ανανεώσιμων από 6% σε 12%, και γ) Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 18% μέχρι το έτος 2010 σε σύγκριση με αυτή του 1995 συμφωνεί απόλυτα με τον τίτλο του συνεδρίου που είναι «Βελτιστοποίηση των Ενεργειακών Διεργασιών».

Πρόσφατα, στη σύνοδο της Βόννης, η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε ότι το πρωτόκολλο του Κυότο σχετικό με την προστασία του περιβάλλοντος, μπορεί να εγκριθεί από τις Κυβερνήσεις μέχρι το έτος 2002. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο αυτό προβλέπεται μείωση έως το 2010 κατά 8% των εκπομπών του Διοξειδίου του Άνθρακα και των άλλων αερίων που θεωρούνται υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και της αύξησης θερμοκρασίας του πλανήτη που ισοδυναμεί με 600 εκατ. τόνους CO₂ ανά έτος. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν η ενεργειακή κατανάλωση συνεχίσει ως έχει αυτή τη στιγμή το 2010 προβλέπεται μια αύξηση της τάξεως του 30%. Πρέπει λοιπόν η συνολική προσπάθεια να είναι της τάξεως του 38% έτσι ώστε να καταφέρουμε να έχουμε μείωση των εκπομπών. Γι' αυτό είναι αναγκαία η αλλαγή πολιτικής που εφαρμόζει η Κοινότητα και οι Κυβερνήσεις των Κρατών Μελών και επιδιώκει να επιτύχει η Επιτροπή με το 5^ο πρόγραμμα-πλαίσιο.

Οι ανανεώσιμες αναμφισβήτητα συμβάλουν στην μείωση των βλαβερών εκπομπών και από τώρα μέχρι το 2010 προβλέπεται σύμφωνα με την Λευκή Βίβλο διπλασιασμός της ενεργειακής παραγωγής των ανανεώσιμων από 6% σε 12%. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται μια νέα ενεργειακή σκηνή, όπου έχουμε παράλληλα: την επερχόμενη απελευθέρωση της αγοράς, την ποιότητα της οικονομίας, τα θέματα του περιβάλλοντος και την αλλαγή του κλίματος, βιωσιμότητα και ανάπτυξη, την

ωρίμανση των τεχνολογιών, αυξανόμενη πολυπλοκότητα και αυξανόμενες ενεργειακές απαιτήσεις, όπως η διασύνδεση μεταξύ των συστημάτων μεγάλης κλίμακας και των αποκεντρωμένων συστημάτων, οι ανάγκες των χρηστών για αξιόπιστα και αποδοτικά προϊόντα και υπηρεσίες, η ανταγωνιστικότητα και η ανάγκη ύπαρξης ποσοτικών στόχων.

2. ΤΟ ΠΕΜΠΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε το 5^ο πρόγραμμα-πλαίσιο, που είναι το σύνολο του ερευνητικού προγράμματος με υποσύνολα τις ειδικές θεματικές δραστηριότητες όπως ενέργεια και περιβάλλον, όπου για κάθε δραστηριότητα υπάρχουν θέσεις κλειδιά. Το 5^ο πρόγραμμα πλαίσιο είναι ένα ερευνητικό πρόγραμμα καθαρά ανθρωποκεντρικό όπως φαίνεται και από τον λογότυπο του όπου μαζί με τον αριθμό 5 υπάρχει ο άνθρωπος σε στάση ισορροπίας.

Περνώντας από το 4^ο στο 5^ο πρόγραμμα οι απαιτήσεις για ανταγωνιστικότητα, συσπείρωση και συντονισμό προσπαθειών αυξάνονται παράλληλα με επενδύσεις σε προκαθορισμένες αρχές και στόχους ούτως ώστε να δημιουργείται μια νέα στρατηγική προσέγγιση και όχι μια τυχαία σύνθεση εθνικών και τομεακών ενδιαφερόντων όπως ήταν καθαρά το 3^ο πρόγραμμα και σ' ένα βαθμό το 4^ο πρόγραμμα. Το 5^ο πρόγραμμα-πλαίσιο φιλοδοξεί να ανταποκριθεί στις νέες ανάγκες και νέες προκλήσεις που δημιουργούνται από τα 18 εκατ. ανέργων, την απαίτηση για καλύτερη ποιότητα ζωής, βιώσιμη ανάπτυξη, αυξανόμενη ανταγωνιστικότητα, αναπτυσσόμενη γνώση με ηθικές και κοινωνικές συνέπειες, παγκοσμιότητα της οικονομίας. Υπάρχει ανάγκη για νέες αποφάσεις και διαδικασίες αποφάσεων και ένα σωστά εστιασμένο πρόγραμμα-πλαίσιο. Ένα πρόγραμμα-πλαίσιο που να βασίζεται σε επιστημονικά και τεχνολογικά αριστεία, να είναι σε αρμονία και συνεπικουρικότητα με τις κύριες πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, να είναι σχεδιασμένο με βάση τις κοινωνικο-οικονομικές ανάγκες και αυτές του ανταγωνισμού, να δίνει μεγαλύτερη έμφαση στη χρήση των αποτελεσμάτων, να είναι εστιασμένο και με περιορισμένο αριθμό στόχων, ούτως ώστε η Επιστήμη και η Τεχνολογική ανάπτυξη να είναι στην υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των πολιτών της.

Η ευρωπαϊκή έρευνα στη νέα της στρατηγική προσέγγιση απευθύνεται στα ευρωπαϊκά προβλήματα, διευκολύνει την κινητικότητα του ανθρώπινου δυναμικού σε ευρωπαϊκό επίπεδο, μεγιστοποιεί την ευρωπαϊκή προστιθέμενη αξία. Είναι ένα πρόγραμμα που στοχεύει να βρίσκεται στην υπηρεσία του Ευρωπαίου πολίτη και των αναγκών του.

3. ΕΣΤΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΩΝ

Για ποιον λόγο απαιτείται ο εστιασμός αυτός; Γιατί θέλουμε να βελτιώσουμε τα αποτελέσματα, θέλουμε ο Ευρωπαίος πολίτης να μπορεί να βλέπει γιατί, για ποιον λόγο η Ευρωπαϊκή Κοινότητα χρηματοδοτεί κάποια έργα ή χαράσσει κάποια πολιτική. Πως μπορεί να γίνει αυτό; Με περιορισμό του αριθμού των προγραμμάτων, επιλογή περιεχομένου χρησιμοποιώντας σαφώς προσδιορισμένα κριτήρια και τις λεγόμενες κεντρικές δράσεις που δείχνουν τους κύριους στόχους του προγράμματος.

Βασικές αρχές των Ευρωπαϊκών Ερευνητικών Προγραμμάτων: 1) Επικουρικότητα, 2) Πρόγραμμα Πολλαπλών Ετών, 3) Πολυεθνικές συνεργασίες, και 4) Ανταγωνιστικό με βάση προκαθορισμένους στόχους

Όσον αφορά την οικονομική διαχείριση του κάθε προγράμματος, αξίζει να σημειωθεί ότι ο προϋπολογισμός για την περίοδο 1998-2002 για το 5^ο πρόγραμμα πλαίσιο -παρόλο που είναι χωρίς την συμμετοχή των λεγομένων τρίτων χωρών και των χωρών που είναι υποψήφιος- σημειώνει σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο μια σημαντική αύξηση παράλληλα όμως με την εξ ίσου σημαντική αύξηση των κρατών-μελών που μπορούν να λάβουν μέρος στο πρόγραμμα.

Έτσι το 5^ο πρόγραμμα-πλαίσιο έχει 4 θεματικές προτεραιότητες:

1. QoL: Ποιότητα ζωής και διαχείριση ζωτικών πόρων
2. IST : Διάδοση της κοινωνίας της πληροφορικής,
3. GROWTH : Ανταγωνιστική και βιώσιμη ανάπτυξη
4. EESD: Προστασία του οικοσυστήματος, Περιβάλλον-Ενέργεια & Βιώσιμη Ανάπτυξη

Αυτές οι 4 θεματικές συμπληρώνονται με 3 οριζόντια προγράμματα:

1. Βελτίωση του ανθρώπινου δυναμικού και της κοινωνικοοικονομικής γνώσης
2. Προώθηση της καινοτομίας και συμμετοχή των μικρομεσαίων επιχειρήσεων
3. Επιβεβαίωση του διεθνούς ρόλου της Κοινοτικής Έρευνας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η πυρηνική ενέργεια αποτελεί ξεχωριστό κομμάτι της συνθήκης EURATOM.

Στο θεματικό πρόγραμμα Ενέργεια-Περιβάλλον και Βιώσιμη Ανάπτυξη υπάγονται τα δύο υποπρογράμματα Περιβάλλον και Βιώσιμη Ανάπτυξη και Ενέργεια. Στο υποπρόγραμμα ενέργεια έχουμε δύο κεντρικές δράσεις: «τα καθαρότερα ενεργειακά συστήματα συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων» με 19,4% του προϋπολογισμού και «την οικονομική και αποδοτική ενέργεια» με μερίδιο της τάξεως του 22,9%. Σε απόλυτα νούμερα για τις 2 κεντρικές δραστηριότητες διατίθενται 479 εκατ. ευρώ και 547 εκατ. ευρώ αντίστοιχα. Επιπλέον υπάρχει η ενότητα των γενικών δραστηριοτήτων που είναι κοινές για το περιβάλλον και την ενέργεια, όπου για την ενέργεια προβλέπεται προϋπολογισμός της τάξεως των 16 εκατ. ευρώ, ενώ τα 135 εκατ. ευρώ προορίζονται για την ανάπτυξη ερευνητικών υποδομών στον τομέα του περιβάλλοντος.

4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ENERGIE

Οι πολιτικοί στόχοι του Προγράμματος Ενέργειας συνοψίζονται σε βιώσιμα ενεργειακά συστήματα, ασφάλεια και διασπορά προσφοράς ενέργειας, υψηλή ποιότητα και χαμηλό κόστος ενεργειακών υπηρεσιών, βελτίωση της βιομηχανικής ανταγωνιστικότητας, μείωση περιβαλλοντικών συνεπειών.

Το γενικότερο πλαίσιο στο οποίο εμπίπτει είναι το λεγόμενο προσέγγιση λύσεων προβλημάτων το οποίο έχει κυρίως σχέση με την εργασιακή απασχόληση, την βιωσιμότητα, την οικονομική ανάπτυξη και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, αύξηση της ανταγωνιστικότητας και αποτελεί την βάση της ενεργειακής πολιτικής της Κοινότητας. Έτσι το πρόγραμμα αυτό καλύπτει όλο το φάσμα της έρευνας και της τεχνολογικής ανάπτυξης συμπεριλαμβανομένης της έρευνας κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων, και απαιτεί την συμμετοχή αυτών που έχουν το πρόβλημα και αυτών που μπορούν να το λύσουν.

Έτσι έχουμε τις 2 κεντρικές δράσεις (ΚΔ 5 και 6), που απευθύνονται στο κομμάτι της αγοράς που παρέχει την ενέργεια στοχεύοντας στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή και χρήση της ενέργειας, στην έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη, συνεπώς στους στόχους της ενεργειακής πολιτικής, μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενη ενέργεια και διατήρηση του οικοσυστήματος μειώνοντας τις εκπομπές σε κάποιο ποσοστό, σε τοπικό και καθολικό επίπεδο, και αύξηση των νέων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επιγραμματικά θα αναφερθώ στους επιστημονικούς στόχους της ΚΔ 5, μεγάλης κλίμακας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας με εκπομπές CO₂ από γαιάνθρακα και

βιομάζα και άλλα καύσιμα συμπεριλαμβανομένης της συμπαραγωγής Θερμότητας και Ισχύος. Ανάπτυξη και επίδειξη συμπεριλαμβανομένης αποκεντρωμένης παραγωγής των κύριων νέων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ειδικότερα της βιομάζας των αιολικών και των ηλιακών τεχνολογιών καθώς και των στοιχείων καυσίμων. Ενσωμάτωση των νέων και ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας, Ενεργειακά Συστήματα και οικονομικά αποδοτικές τεχνολογίες περιορισμού της ρύπανσης του περιβάλλοντος για την παραγωγή ισχύος.

Στην κεντρική δράση 6 η οποία αφορά την οικονομική και αποδοτική ενέργεια για μια ανταγωνιστική Ευρώπη, ο στόχος είναι (από την πλευρά του χρήστη σε αντιπαράθεση με την ΚΔ 5 που ήταν από την πλευρά της προσφοράς της ενέργειας) να εφοδιάσει την Ευρώπη με αξιόπιστη, καθαρή, αποδοτική, ασφαλή και οικονομική ενέργεια προς όφελος των πολιτών της, της λειτουργίας της κοινωνίας και της ανταγωνιστικότητας της βιομηχανίας. Να επιδιώξει αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας με τεχνολογίες κατάλληλες να επιτύχουν καθολική μείωση κόστους καθώς επίσης μείωση της ενεργειακής πυκνότητας. Οι τεχνολογίες που αναφέρονται είναι τεχνολογίες για την ορθολογική και αποτελεσματική τελική χρήση της ενέργειας, μεταφοράς και διανομής ενέργειας, αποθήκευσης ενέργειας σε μικροσκοπική και μακροσκοπική κλίμακα, αποτελεσματικότερες τεχνολογίες αναζήτησης και παραγωγής υδρογονανθράκων, βελτίωση της απόδοσης των νέων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συμπεριλαμβάνονται επίσης θέματα που αφορούν την κοινωνικο-οικονομική όψη της ενέργειας στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης, επιπτώσεις στην κοινωνία, οικονομία και εργασία.

Από πλευράς εφαρμογής, το 5^ο πρόγραμμα-πλαίσιο για πρώτη φορά προαναγγέλλει χρονικά πότε περίπου θα γίνουν οι ανακοινώσεις και αντίστοιχα οι προσκλήσεις για υποβολή προτάσεων. Το πρόγραμμα εργασίας δημοσιεύεται, υποβάλλονται προτάσεις οι οποίες αξιολογούνται με βάση κριτήρια τα οποία έχουν σχέση με την επιστημονική-τεχνολογική ποιότητα και καινοτομία, την οικονομική ανάπτυξη και τις προοπτικές επιστήμης και τεχνολογίας, την συμβολή στους κοινωνικούς στόχους της Κοινότητας, την κοινοτική προστιθέμενη αξία και συνεισφορά στην πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς επίσης την διαχείριση του προγράμματος, τα μέσα που διατίθενται και την συνεργασία των ενδιαφερομένων.

Όσον αφορά την αξιολόγηση, τα προγράμματα αξιολογούνται με βάση προκαθορισμένους δείκτες ποιότητας. Ενδεικτικοί δείκτες ποιότητας είναι ο βαθμός επιτυχίας και προσέγγισης των ερευνητικών στόχων και η συνέπεια ως προς τους αρχικούς στόχους του προγράμματος, το

επίπεδο καινοτομίας, η ενημερότητα ως προς τις σύγχρονες τάσεις, το τεχνολογικό ρίσκο, την ποιότητα διαχείρισης, η εφαρμογή και το δυναμικό μεταφοράς τεχνολογίας, η επίπτωση στην κοινωνία και το περιβάλλον, σε βιομηχανικά πρότυπα, ο χρόνος αξιοποίησης αποτελεσμάτων, το μέγεθος δυνατών οικονομικών συνεπειών, ο βαθμός διάδοσης αποτελεσμάτων, τα προσδοκώμενα διπλώματα ευρεσιτεχνίας κλπ.

5. ΠΡΩΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ 1ης ΠΡΟΣΚΛΗΣΗΣ

Τα πρώτα αποτελέσματα ποιοτικής ανάλυσης της πρώτης πρόσκλησης η οποία έληξε 15.6.1999 και στην οποία υποβλήθηκαν 802 προτάσεις εκ των οποίων οι 791 προτάσεις έγιναν δεκτές για αξιολόγηση, έδειξαν μια αύξηση της αιτούμενης χρηματοδότησης της τάξεως του 40% σε σύγκριση με το 4^ο πρόγραμμα-πλαίσιο με μέσο όρο αιτούμενης χρηματοδότησης ανά πρόταση της τάξεως του 0,870 εκατ. ευρώ . Ο λόγος των προτάσεων που έγιναν δεκτές για χρηματοδότηση προς αυτές που υποβλήθηκαν είναι της τάξεως 1:3,5. Ο μέσος όρος για την έρευνα είναι της τάξεως του 1,24 εκατ. ευρώ, για την επίδειξη 1,51 εκατ. ευρώ και για τα μικτά λεγόμενα προγράμματα καινοτομίας και επίδειξης 0,830 εκατ. ευρώ. Ο βαθμός επιτυχίας για τα ερευνητικά προγράμματα είναι της τάξεως του 16%, για την επίδειξη 40% και για τα μικτά 31%. Η αρχική σημείωση –απαίτηση- του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου ήταν το 60% της συνολικής χρηματικής ενίσχυσης για την ενέργεια να δοθεί για τις ανανεώσιμες εκ των οποίων 75% για προγράμματα επίδειξης. Το ποσοστό που επιτεύχθηκε είναι της τάξεως του 66% για ανανεώσιμες και 65% για επίδειξη, πράγμα που δείχνει μια στροφή σε σύγκριση με το παρελθόν δεδομένου ότι στο 4^ο πρόγραμμα-πλαίσιο τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν της τάξεως 37% και 44% αντίστοιχα.

Σε πολλούς θεματικούς τομείς όπως τα φωτοβολταϊκά και τα κτίρια δεν υπάρχει συγκεκριμένη ορατή στρατηγική με αποτέλεσμα να δίνεται η εντύπωση ότι υπάρχει ένα μωσαϊκό από προτάσεις που έχουν γίνει δεκτές. Απαιτείται λοιπόν επιπλέον εστιασμός των προσπαθειών για το μέλλον.

Δεδομένου ότι μεγάλος αριθμός προτάσεων της τάξεως των 300 εκατ. ευρώ, απορρίφθηκε κατά την αξιολόγηση, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι πρέπει να διερευνηθούν οι δυνατότητες για μηχανισμούς έγκρισης σε επίπεδο Ευρωπαϊκό ή Εθνικό ώστε να χρηματοδοτούνται προγράμματα και σχέδια ενέργειας τα οποία είναι πάρα πολύ κοντά στον εμπορικό τομέα και το καινοτόμο κομμάτι τους είναι σχετικά μικρό. Οι ερευνητικές προτάσεις που υποβλήθηκαν προσεγγίζουν περισσότερο την λογική του 4^{ου} προγράμματος-

πλαίσιοι. Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον, η οικονομικότητα και οι κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις δείχνουν πολύ χαμηλό δείκτη θεώρησης στην πρώτη πρόσκληση. Στο σύνολό τους οι προτάσεις έχουν συγκριτικά χαμηλούς δείκτες όσον αφορά τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και την οικονομικότητα.

6. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΠΕ

Είναι φανερό ότι απαιτείται μια στρατηγική για τις ανανεώσιμες και οι κύριοι οδηγοί για μια τέτοια στρατηγική αυτή τη στιγμή είναι οι στόχοι του «Κυότο», δηλαδή μείωση των εκπομπών κατά 8% μέχρι το 2010 και η επιτέλεση η επιθυμία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και της Επιτροπής για βιώσιμο ενεργειακό εφοδιασμό στο απώτερο μέλλον με έμφαση την ανάπτυξη των ανανεώσιμων. Κλειδί στην επιτυχία των στόχων αυτών είναι η σωστή αναλογία δραστηριοτήτων, έρευνας, επίδειξης, μηχανισμών «Κυότο», χρηματοδότησης, δημιουργία νέων εταιριών υψηλής τεχνολογίας, μείωσης φόρων και αντιμετώπιση μη τεχνολογικών εμποδίων ανάλογα με τις ανάγκες των διαφορετικών τεχνολογιών.

Οι στόχοι του «Κυότο» πρέπει και μπορούν να υλοποιηθούν μόνο με τις τεχνολογίες που ήδη ξέρουμε. Η πιθανότητα να έχουμε καινούριες τεχνολογίες από τώρα μέχρι το 2010 με δυνατότητα συμβολής στη μείωση των εκπομπών των επιβλαβών αερίων είναι μικρότερη από 5%. Βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα μέγιστη συνεισφορά θα προέλθει από μη τεχνολογικά μέτρα με στόχο την βελτιστοποίηση, εφαρμογή, οικονομικότητα, μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακος και των άλλων αερίων και υπαρχόντων τεχνολογιών. Τα μέτρα πρέπει να συμπληρωθούν με μείωση κόστους της ενέργειας που προωθείται από την Επιτροπή μέσω της ελεύθερης αγοράς ενέργειας. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων απαιτείται στενή συνεργασία μεταξύ Ευρωπαϊκής Ένωσης και Κρατών-Μελών.

CO₂ προέρχεται κατά 33% από ηλεκτρική ενέργεια μεγάλης κλίμακας και κατά 67% από κτίρια, βιομηχανία και μεταφορές.

Σημαντική μείωση των εκπομπών CO₂ μπορεί να επιτευχθεί με:

- Ενεργειακό εφοδιασμό βασισμένο σε ΑΠΕ: μόνο μακροπρόθεσμα θα προέλθει μείωση του CO₂, κυρίως λόγω υψηλού κόστους ΑΠΕ, βραδείας διεισδυτικότητας και της ύπαρξης πολλών μη τεχνολογικών εμποδίων

- Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, την βιομηχανία και τις μεταφορές μπορεί να συμβάλλει άμεσα και μεσοπρόθεσμα κυρίως μέσω της καταστολής των μη τεχνολογικών εμποδίων
- Αντικατάσταση χρήσης κάρβουνου, λιγνίτη και πετρελαίου από φυσικό αέριο και μεθανόλη δεδομένης της μείωσης των εκπομπών τους (κάρβουνο 90gr CO₂/MJoule, λιγνίτη 73gr CO₂/MJoule και φυσικό αέριο 43gr CO₂/MJoule). Το 1997 η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην Ευρώπη ήταν 205 Μτοε κάρβουνο και 707 Μτοε πετρέλαιο. Υπάρχουν συνεπώς δυνατότητες μείωσης του CO₂ και στην κατεύθυνση αυτή ο φόρος CO₂ θα μπορούσε να συμβάλλει στην αντικατάστασή του.
- Δέσμευση και αποθήκευση του CO₂ στο υπέδαφος, και
- Αύξηση της παραγωγής πυρηνικής ενέργειας.

7. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΑΠΕ

Παρά το γεγονός ότι κατά το 1998 η ενεργειακή παραγωγή των ανανεώσιμων αυξήθηκε κατά 25%, οι ανανεώσιμες αναμένονται να παίξουν σημαντικό ρόλο γύρω στο 2030. Πρέπει λοιπόν να ληφθούν ουσιαστικά μέτρα τώρα γιατί, ήδη, είναι πολύ δύσκολο οι ανανεώσιμες να φτάσουν το 10-12% περί το 2010.

Μείωση του κόστους των ανανεώσιμων απαιτείται για την αιολική ενέργεια, για τα φωτοβολταϊκά, για τα θερμικά ηλιακά και για τα στοιχεία καυσίμου.

Η Έρευνα – Ανάπτυξη και Επίδειξη θα πρέπει να έχουν αυτόν τον στόχο συμπεριλαμβανομένων των μεθόδων μαζικής παραγωγής, ειδικότερα για φωτοβολταϊκά, και για στοιχεία καυσίμου, χαμηλό κόστος κατασκευής, βασική έρευνα σε νέα υλικά για φθηνότερες τεχνολογίες κλπ. Ακριβές τεχνολογίες θα πρέπει να έχουν χαμηλή προτεραιότητα στη φάση αυτή. Ενδιάμεσες αγορές θα πρέπει παράλληλα να αναπτυχθούν και να ενταθούν συμπεριλαμβανομένης των εγκαταστάσεων ενέργειας σε τρίτες χώρες. Οι δυνατότητες των ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα ο άνεμος και η βιομάζα μπορούν να φθάσουν μακροπρόθεσμα περί το 2030 το 11 και 15% αντίστοιχα της ενεργειακής κατανάλωσης ενώ τα φωτοβολταϊκά, ηλιακά θερμικά και γεωθερμία είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν περαιτέρω.

Οι δυνατότητες παραγωγής ανά τεχνολογία και εκτάριο (=10.000 m²) είναι:

- Αιολική ενέργεια 160 MWh/έτος

- Βιομάζα 30 MWh/έτος
- Γεωθερμία 400 MWh/έτος
- Φωτοβολταϊκά 500 MWh/έτος

Για την αιολική ενέργεια και την βιομάζα απαιτούνται δράσεις με στόχους την αύξηση της απόδοσης και την ανάπτυξη μεγαλύτερων εγκαταστάσεων με απώτερο στόχο την περαιτέρω αύξηση του τεχνολογικά αξιοποιήσιμου δυναμικού τους. Σε αντιπαράθεση τα φωτοβολταϊκά, η γεωθερμία και τα ηλιακά θερμικά απαιτούν άμεση μείωση του κόστους παραγωγής και αύξηση των δυνατοτήτων παραγωγής τους.

Αναλυτικότερα ανά τομέα ΑΠΕ έχουμε:

1. Αιολική ενέργεια: Η εγκατεστημένη ισχύς από 1500 MW το 1994 αυξήθηκε σε 6600 MW το 1998 με στόχο 40 GW το 2010 και 470 GW το 2030 (66% στην ξηρά και 33% offshore).

Κύρια προβλήματα: μείωση κόστους, θόρυβος, οπτική επίπτωση

Πιθανές λύσεις: επίδειξη, χρηματοδοτήσεις και μειώσεις φόρων θα μπορούσαν να έχουν θετικές επιπτώσεις στην αγορά

Θεματικές προτεραιότητες: μεγάλες μηχανές, εγκαταστάσεις offshore

2. Φωτοβολταϊκά: Η εγκατεστημένη ισχύς από 27 MW το 1994 αυξήθηκε σε 110 το 1998 ενώ η ετήσια παραγωγή αυξήθηκε από 18,8 MW το 1996 σε 35,8 το 1998.

Κύρια προβλήματα: δραστική μείωση κόστους κατά 5-10 φορές

Πιθανές λύσεις: επίδειξη εστιασμένη σε μεγάλης κλίμακας έργα με κύριο στόχο την επίδειξη της μείωσης του κόστους κατασκευής. Κατάλληλη επίδειξη τεχνολογιών για παραγωγή ενέργειας συνεχούς παροχής για αυτόνομες εγκαταστάσεις. Χρηματοδοτήσεις και μειώσεις φόρων θα μπορούσαν να έχουν επιπλέον θετικές επιπτώσεις στην αγορά

Θεματικές προτεραιότητες: τρόπος κατασκευής, νέες τεχνολογίες και νέα υλικά.

3. Βιομάζα: Συμβάλλει κατά 4,6% στην συνολική Ευρωπαϊκή ενεργειακή κατανάλωση, 4% σε θερμότητα και 0,6% σε ηλεκτρισμό. Υπάρχει η δυνατότητα να αυξηθεί δραστικά η αγροτική βιομάζα όπως και αυτή από τα δασικά απορρίμματα. Η βιομάζα επιτρέπει την

συνεχή παραγωγή ενέργειας. Είναι δυνατόν γύρω στο 2030 η βιομάζα να φτάσει το 15% της πρωταρχικής κατανάλωσης ενέργειας.

Κύρια προβλήματα: η οργάνωση παραγωγής και συγκομιδής για μακρό χρονικό διάστημα. Η χρήση του υδρογόνου δεν είναι εξασφαλισμένη όπως και η παραγωγή και κατανάλωση των βιοκαυσίμων καθώς και η παράλληλη μείωση του κόστους των.

Πιθανές λύσεις: έρευνα και επίδειξη εστιασμένη σε μεγάλης κλίμακας έργα με κύριο στόχο την επίδειξη της μείωσης του κόστους κατασκευής με ταυτόχρονη αύξηση της απόδοσης. Μειώσεις φόρων θα μπορούσαν να έχουν επιπλέον θετικές επιπτώσεις στην αγορά.

Θεματικές προτεραιότητες: μείωση κόστους βιοκαυσίμων, αύξηση της ενεργειακής απόδοσης.

4. Γεωθερμία: Η εγκατεστημένη ισχύς της παραμένει σταθερά τα τελευταία πέντε χρόνια με 700 MW. Το δυναμικό για εγκαταστάσεις « hot try rock » είναι της τάξεως των 5 MW/km². Το μεγάλο προτέρημα είναι ότι είναι παντού διαθέσιμη αφού σε βάθος 5.000m η θερμοκρασία είναι παντού γύρω στους 200°C. Το θεωρητικά διαθέσιμο δυναμικό είναι πολλές φορές μεγαλύτερο από την ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη.

Κύρια προβλήματα: η πηγή αναλώνεται μετά από 20 χρόνια, με αποτέλεσμα να χρειάζεται νέα γεώτρηση. Απαιτείται μείωση κόστους κατά 2-3 φορές για την ηλεκτροπαραγωγή.

Πιθανές λύσεις: προώθηση των συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θέρμανσης για τοπικές χρήσεις.

Θεματικές προτεραιότητες: αξιοποίηση υπάρχουσας γεώτρησης με πλάγιες γεωτρήσεις κάνοντας χρήση νέων τεχνολογιών και υλικών.

6. Ηλιακά θερμικά για ηλεκτροπαραγωγή: απαιτείται επίδειξη μεγάλης κλίμακας προκειμένου να αποδειχθεί η οικονομικότητά τους.

Κύρια προβλήματα: έλλειψη ικανής επίδειξης και μείωση κόστους κατά 3-4 φορές για την ηλεκτροπαραγωγή.

Πιθανές λύσεις: προώθηση των συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θέρμανσης για τοπικές χρήσεις.

Θεματικές προτεραιότητες: αστάθεια στην ηλεκτροπαραγωγή λόγω υψηλής ευαισθησίας στις διαφορές ηλιοφάνειας και αύξηση της ενεργειακής απόδοσης με στόχο την μείωση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας.

7. Υδροηλεκτρική ενέργεια: Οι καταλληλότερες θέσεις για την εγκατάσταση μεγάλων συστημάτων στην Ευρώπη έχουν σε μεγάλο βαθμό αξιοποιηθεί. Επιπλέον, νέες εγκαταστάσεις έχουν και υψηλό περιβαλλοντικό κόστος. Οι δυνατότητες περιορίζονται κυρίως στα μικρά υδροηλεκτρικά που η οικονομικότητά τους εξαρτάται κατά πολύ από τοπικούς παράγοντες.

Κύρια προβλήματα: δυσκολία στην εύρεση κατάλληλων θέσεων και μή τεχνολογικά προβλήματα.

Πιθανές λύσεις: προώθηση των συστημάτων με χαμηλό περιβαλλοντικό κόστος και αύξηση της απόδοσης τους.

Θεματικές προτεραιότητες: αύξηση της ενεργειακής απόδοσης με στόχο την μείωση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας.

8. Κυματική ενέργεια: απαιτείται τεχνολογική επίδειξη και επίδειξη ενεργειακής απόδοσης. Βρίσκεται σε αρχικό στάδιο εξέλιξης.

9. Στοιχεία καυσίμου: Ικανό δυναμικό κυρίως για ενεργειακή εξοικονόμηση και για μείωση των επιβλαβών εκπομπών στην βιομηχανία, στα κτίρια και στις μεταφορές σε μέσο και μακροπρόθεσμο διάστημα.

Κύρια προβλήματα: απαιτείται μείωση κόστους κατά 10 φορές για τα σταθερά συστήματα και κατά 50 φορές για τα κινητά.

Πιθανές λύσεις: προώθηση των συστημάτων για σταθερές και κινητές εφαρμογές με στόχο την δημιουργία νέων αγορών.

Θεματικές προτεραιότητες: αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και μείωση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας.

7. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΖΗΤΗΣΗ

Η Ενεργειακή ζήτηση κατά το 1997 ήταν 19% σε ηλεκτρισμό - εκ των οποίων 8% σε πυρηνική ενέργεια και 1% σε υδροηλεκτρικά-, 46% σε θερμότητα σε κτίρια και βιομηχανία, 30% καύσιμα για μεταφορές, 5% σε ανανεώσιμες κυρίως βιομάζα και θέρμανση.

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών που έχουν σαν στόχο την εναρμόνιση του εφοδιασμού των ΑΠΕ με την ζήτηση θα πρέπει να είναι αναπόσπαστο μέρος ενός στρατηγικού σχεδιασμού που στοχεύει στην βιώσιμη ανάπτυξη. Δεν αρκεί να αναπτύξει κανείς το προϊόν εάν δεν αναπτύξει και τον τρόπο με τον οποίο θα το χρησιμοποιήσει.

Σημαντικό ρόλο στο μέλλον αναμένεται να παίζουν καύσιμα από την βιομάζα, το υδρογόνο, η αποθήκευση και η μεταφορά του και τα στοιχεία καυσίμου.

Γίνονται εκτενείς συζητήσεις κατά πόσον το δίκτυο μπορεί να δεχθεί παραπάνω από 20% από ανανεώσιμες. Είναι ένας τομέας ο οποίος πρέπει να ερευνηθεί περαιτέρω και να μελετηθεί επισταμένως και οι τεχνολογίες για αυτόματα συστήματα πρέπει να αναπτυχθούν προκειμένου να αντιμετωπισθεί η συνέχεια του εφοδιασμού των ΑΠΕ. Δεν είναι δυνατόν να στοχεύουμε σε μεγάλο ποσοστό ενέργειας από ανανεώσιμες και με την πρώτη δυσκολία να απορρίπτουμε την αιολική ενέργεια, το φωτοβολταϊκό ή οποιαδήποτε άλλη ΑΠΕ. Περαιτέρω έρευνα, ανάπτυξη και επίδειξη απαιτείται για συστήματα υδρογόνου, στοιχείων καυσίμων, αποθήκευσης της ενέργειας και για ανανεώσιμη θερμότητα, θερμική αποθήκευση και διανομή μεγάλης κλίμακας.

Τέλος συνοψίζοντας οι ΑΠΕ έχουν πολύ μεγάλες δυνατότητες διεξόδου στην αγορά στην Ευρώπη, η μείωση του φόρου για τις ανανεώσιμες και ο φόρος του διοξειδίου του άνθρακος φαίνεται ότι θα έχουν θετικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων και των αγορών τους. Η ανάπτυξή τους η οποία συνοδεύεται με θετικά κοινωνικοοικονομικά αποτελέσματα και ενσωματώνοντας το εξωτερικό κόστος, αντιστοιχεί με μείωση του κόστους των ανανεώσιμων σήμερα κατά 20%. Όσον αφορά το «Κυότο», οι προτεινόμενοι, ελαστικοί μηχανισμοί φαίνεται να είναι προς όφελος της Ευρώπης σε θέματα ανταγωνισμού και μείωσης κόστους.

Χρειάζονται όμως συνεχείς και αποτελεσματικοί τρόποι παρακολούθησης των εξελίξεων. Μετά τις τελευταίες εξελίξεις, η Επιτροπή ξεκινάει την προετοιμασία του 6^{ου} προγράμματος-πλαισίου, διότι υπάρχουν πολλές διαδικασίες, με στόχο την συμπλήρωση του κατά το πρώτο ήμισυ του 2002 δεδομένου ότι το 6^ο πρόγραμμα-πλαίσιο θα έχει ισχύ από τις αρχές του 2003.

Οι στόχοι που έχουν προαναγγελθεί όσον αφορά το 6^ο πρόγραμμα είναι η έρευνα διαστήματος, αυξημένη συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Εταιρία διαστήματος και η Ενέργεια. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα θα υιοθετήσει συγκεκριμένα μέτρα για την προώθηση της ενιαίας κοινής αγοράς ηλεκτρισμού, προώθηση σχεδίου για δραστηριότητες με κοινή ενεργειακή πολιτική και τέλος θα επιδιώξει τη συνέχιση και τη συμβολή των προγραμμάτων ενέργειας στους τομείς περιβάλλον και βιομηχανία.

Οι τεχνολογίες του σήμερα είναι διαθέσιμες σε μεγάλο ποσοστό και είναι αυτές που θα συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων του «Κυότο» για το 2010.

Η Ελλάδα μπορεί και πρέπει να επωφεληθεί τώρα.

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Αναστάσιος Ι. Καράμπελας

*Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και
Ερευνητικό Ινστιτούτο Τεχνικής Χημικών Διεργασιών,
Πανεπ. Θυρίδα 455, Πανεπιστημιούπολη, Θεσσαλονίκη 540 06*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αρχικά συνοψίζεται η σημερινή συμβολή των διαφόρων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο Ευρωπαϊκό και παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, και αντιπαραβάλλεται με τους στόχους που έχουν τεθεί (ειδικότερα απ' την Ευρωπαϊκή Ένωση) για αυξημένη αξιοποίηση ΑΠΕ στο άμεσο μέλλον. Ακολούθως γίνεται επισκόπηση του δυναμικού και των κύριων χαρακτηριστικών των διαφόρων ΑΠΕ, καθώς και των βασικών (ή εγγενών) προβλημάτων τα οποία εμποδίζουν την ευρύτερη αξιοποίησή τους. Επιπλέον επιχειρείται συνοπτική καταγραφή των σημερινών τεχνολογικών στόχων αλλά και των σχετικών “μετώπων” της έρευνας για την αξιοποίηση συγκεκριμένων μορφών ΑΠΕ όπως η γεωθερμία, η βιομάζα, η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Με σημερινά δεδομένα, φαίνεται ότι για τις επόμενες δυο-τρεις δεκαετίες όλες οι μορφές ΑΠΕ μπορούν να συμβάλλουν για άμβλυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, σε σχετικά **περιορισμένο** όμως βαθμό. Μακροπρόθεσμα, η αναγκαία εκτεταμένη υποκατάσταση των ανθρακούχων ενεργειακών πόρων από ΑΠΕ (για διατήρηση των κλιματικών και άλλων ισορροπιών, και εξασφάλιση αειφόρου ανάπτυξης στη Γη) φαίνεται ότι μπορεί να επιτευχθεί κυρίως με εκμετάλλευση σε ευρεία κλίμακα της ηλιακής ενέργειας, για παραγωγή ηλεκτρισμού και πιθανότατα υδρογόνου. Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, υποστηρίζεται ότι καθοριστικό ρόλο καλείται να διαδραματίσει η βασική και εφαρμοσμένη έρευνα, η οποία θα πρέπει να αντιμετωπίσει τα εγγενή μειονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας και άλλων ΑΠΕ (όπως μικρή “πυκνότητα” και χρονική διακύμανση) και να οδηγήσει στην ανάπτυξη ενεργειακά αποτελεσματικών και οικονομικά ελκυστικών μεθόδων εκμετάλλευσης.

1. Η ΑΝΑΓΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στην ανατολή του 21ου μ.Χ. αιώνα η ανθρωπότητα αντιμετωπίζει ένα κυριολεκτικά πρωτοφανές αδιέξοδο, το οποίο μπορεί να περιγραφεί με ορισμένα ευρέως γνωστά δεδομένα. Ο πληθυσμός της Γης σήμερα είναι 6 δισεκατομμύρια (6×10^9) από τα οποία εκτιμάται ότι μόνο το 1/5 περίπου (δηλαδή $1,2 \times 10^9$) έχουν καλές έως πολύ καλές συνθήκες διαβίωσης. Για τα υπόλοιπα 4/5 οι συνθήκες διαβίωσης είναι από μη ικανοποιητικές έως άθλιες. Επιπλέον, με τους σημερινούς ρυθμούς αύξησης, προβλέπεται ότι σε 50 έτη ο πληθυσμός της Γης θα υπερβεί τα 10 δισεκατομμύρια.

Η εξασφάλιση μέχρι σήμερα καλών έως πολύ καλών συνθηκών διαβίωσης, για ένα σχετικά μικρό ποσοστό του πληθυσμού της Γης, οφείλεται στην τεχνολογική ανάπτυξη η οποία βασίστηκε στην αλόγιστη εκμετάλλευση μεγάλων ποσοτήτων διαθέσιμων και σχετικά φθηνών ενεργειακών πόρων. Έτσι σήμερα οι ετήσιες ενεργειακές ανάγκες σε παγκόσμια κλίμακα έχουν φθάσει το τεράστιο μέγεθος των περίπου 10×10^3 ΜΤΟΕ (10 δις τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου) [1], [2]. Προβλέπεται δε να συνεχίσουν να αυξάνονται, για τα επόμενα έτη, με ετήσιο ρυθμό 1,5-1,7% [2]. Από τα 10 δις ΤΟΕ το 83% περίπου αντιστοιχεί σε κατανάλωση (καύση) ανθρακούχων υλών (fossil fuels) δηλαδή κυρίως γαιανθράκων, αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου. Συνέπεια αυτού είναι οι τεράστιες μάζες παραγόμενου και εκπεμπόμενου στην ατμόσφαιρα CO_2 (καθώς και άλλων ανεπιθύμητων συστατικών) τα οποία έχουν δημιουργήσει τα διαρκώς οξυνόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα, ιδιαίτερα δε το γνωστό “φαινόμενο του θερμοκηπίου” [3], [4]. Είναι, επομένως, προφανές το αδιέξοδο στο οποίο οδηγείται η ανθρωπότητα: η πιεστική επιδίωξη για βελτίωση των συνθηκών ζωής τουλάχιστον 4 δισεκατομμυρίων ανθρώπων σήμερα (και πολύ περισσότερων αύριο) αναπόφευκτα απαιτεί ακόμη μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις, με την συνεπαγόμενη “παραγωγή” διαρκώς αυξανόμενων μαζών CO_2 και άλλων ρυπαντών, οι οποίες οδηγούν σε ραγδαία (και πιθανότατα καταστροφική) ανατροπή των κλιματικών και άλλων ισορροπιών που επικρατούν σήμερα στη Γη.

Προβάλλει επομένως επιτακτικά το ερώτημα: ποιες λύσεις είναι πιθανόν να υπάρχουν για το τεράστιο αυτό πρόβλημα, του οποίου οι επιπτώσεις (με τη μορφή κλιματικών μεταβολών) άρχισαν ήδη να γίνονται απειλητικές για τον πλανήτη μας; Στη διάλεξη αυτή γίνεται προσπάθεια να απαντηθεί εν μέρει το ερώτημα αυτό και τονίζεται ο ρόλος που καλούνται να διαδραματίσουν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) για αντιμετώπιση της κρίσης.

Κατ' αρχάς σκιαγραφείται το ενεργειακό πρόβλημα. Επίσης γίνονται ορισμένες καίριες διαπιστώσεις αναφορικά με το ρόλο της ηλιακής ακτινοβολίας στη δημιουργία των ανθρακούχων ενεργειακών αποθεμάτων αλλά και στο δυναμικό των ΑΠΕ. Ακολούθως συνοψίζονται τα κύρια χαρακτηριστικά κάθε είδους ΑΠΕ και επισκοπείται η παρούσα κατάσταση αναφορικά με την αξιοποίησή τους, αλλά και με τους τεχνολογικούς στόχους που έχουν τεθεί ώστε να προαχθεί η εκμετάλλευσή τους. Επιπλέον περιγράφονται και σχολιάζονται οι μεσοπρόθεσμοι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την επιδιωκόμενη αυξημένη συμβολή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο. Για την ολοκλήρωση της παρουσίασης γίνονται ορισμένες εκτιμήσεις αναφορικά με τη δυνατότητα αξιοποίησης των ΑΠΕ σε **μεγάλη κλίμακα**, και την υποκατάσταση απ' αυτές των ανθρακούχων ενεργειακών πόρων.

2. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

2.1 Συνοπτική εικόνα σε παγκόσμια κλίμακα

Στον Πίνακα 1 δίνεται μία συνοπτική εικόνα της εξέλιξης της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης κατά την τελευταία εικοσαετία καθώς και εκτιμήσεις για τις αναμενόμενες μεταβολές κατά τις επερχόμενες δύο δεκαετίες [2]. Για τις ανάγκες αυτής της παρουσίασης μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες διαπιστώσεις:

- Η συνολική παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση βαίνει συνεχώς αυξανόμενη με ένα μέσο ετήσιο ρυθμό γύρω στο 1.5%.
- Η κυριαρχία των (εξαντλούμενων) *Ανθρακούχων Ενεργειακών Πόρων* (στερεών καυσίμων, αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου) είναι συντριπτική. Η συμβολή τους στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο διατηρείται (και αναμένεται να διατηρηθεί) πάνω

Πίνακας 1. Εκτίμηση παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης (ΜΤΟΕ).
(Πηγή: "European Energy to 2020", EC, 1996)

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	1980	1990	2000	2010	2020
Στερεά Καύσιμα	1.808	2.209	2.406	2.756	3.024
Αργό Πετρέλαιο	3.147	3.227	3.347	3.688	3.981
Φυσικό Αέριο	1237	1.711	2.118	2.849	3.699
Πυρηνική Ενέργεια	187	518	628	700	729
ΑΠΕ	597	731	907	1.110	1.336
ΣΥΝΟΛΟ	6.976	8.396	9.407	11.103	12.768

από 83% καθόλη αυτή την περίοδο. Είναι φυσικά συνεχώς αυξανόμενες και οι συνολικές ποσότητες καταναλωμένων ανθρακούχων πόρων, από 6192 ΜΤΟΕ το 1980 σε περίπου 7872 ΜΤΟΕ το 2000.

- Αναλόγως βαίνουν αυξανόμενες και οι τεράστιες ποσότητες εκπεμπόμενου στην ατμόσφαιρα CO₂.
- Ως προς την **τελική χρήση** της ενέργειας, δύο μορφές επικρατούν, η **ηλεκτρική ενέργεια** και τα **ρευστά καύσιμα** [1], [2], [5]. Η πρώτη αποτελεί μία παγιωμένη κατάσταση από άποψη τεχνολογική, εμπορική και οικονομική· δηλαδή υπάρχουν εκτεταμένα διεθνή δίκτυα μεταφοράς, και μία τεράστια ποικιλία καθιερωμένων μηχανών, συσκευών και λοιπών προϊόντων για τα οποία έχει διαμορφωθεί ένα ισχυρό πλέγμα βιομηχανικών, εμπορικών και οικονομικών δραστηριοτήτων και αλληλοεξαρτήσεων. Έτσι για το ορατό μέλλον φαίνεται ότι η ηλεκτρική ενέργεια θα κυριαρχεί ως μορφή ενέργειας για **τελική** χρήση. Ο ρόλος των ρευστών καυσίμων είναι ομοίως παγιωμένος τεχνολογικά, εμπορικά και γενικά οικονομικά, ιδιαίτερα λόγω της εξάρτησης των σύγχρονων μεταφορικών μέσων από αυτά.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη για να εκτιμηθούν σωστά οι διαστάσεις του ενεργειακού - περιβαλλοντικού προβλήματος και οι δυνατότητες αντιμετώπισής του με αξιοποίηση ΑΠΕ.

2.2 Αντιμετώπιση της κρίσης

Αναμφισβήτητα δύο γενικές κατευθύνσεις προβάλλουν για να αντιμετωπισθεί στοιχειωδώς η κρίση, να σταθεροποιηθεί ή μειωθεί ο ρυθμός εκπομπών CO₂ και να τεθεί υπό έλεγχο το περιβαλλοντικό πρόβλημα:

- **Ορθολογική χρήση της ενέργειας**, δηλαδή βελτίωση του βαθμού απόδοσης ενεργειακών μετατροπών, μείωση απωλειών, υποκατάσταση ενεργοβόρων διαδικασιών κλπ. Στην κατηγορία αυτή πρέπει να ενταχθούν και οι προσπάθειες για αύξηση της χρήσης **πρωτογενών** μορφών ενέργειας, επομένως αποφυγή ενεργειακών μετατροπών μέχρι τον τελικό χρήστη.
- **Υποκατάσταση ανθρακούχων ενεργειακών πόρων από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)** και εν μέρει (ή πιθανώς;) από πυρηνική ενέργεια.

Η πρώτη κατεύθυνση αποτελεί ήδη αντικείμενο έρευνας, μελέτης και εφαρμογής, τείνει δε να αποδίδει αξιόλογα αποτελέσματα. Εν τούτοις, λόγω περιορισμών (θερμοδυναμικών, φυσικών, κοινωνικών κλπ), δεν αναμένεται να αλλάξει δραστικά την εικόνα αναφορικά με

την κατανάλωση ανθρακούχων πόρων. Η δεύτερη κατεύθυνση προβάλλει ως μία αναγκαία και ελπιδοφόρα επιλογή.

Είναι όμως δυνατόν, και με ποιο τρόπο, οι ΑΠΕ στο ορατό μέλλον (20-25 έτη) να συμβάλλουν **σημαντικά** στο ενεργειακό ισοζύγιο και να αναστρέψουν τη δυσμενώς εξελισσόμενη κατάσταση; Επίσης, πού θα έπρεπε να εστιαστούν οι προσπάθειες έρευνας και ανάπτυξης για επίτευξη αυτού του σκοπού; Ως “σημαντική συμβολή των ΑΠΕ”, ή μεγάλης κλίμακας αξιοποίηση των ΑΠΕ, θα πρέπει κανείς να θεωρεί τουλάχιστον έναν υπερδιδπλασιασμό της συμμετοχής τους στον παγκόσμιο ενεργειακό προϋπολογισμό, σε σχέση με το σημερινό επίπεδο του 9% περίπου.

Στην προσπάθεια να απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα (λαβαίνοντας υπόψη και τις εμπειρίες για προώθηση των ΑΠΕ στην Ευρώπη και παγκοσμίως κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες) πρέπει να αναγνωρισθεί ότι είναι αναγκαίο να συντρέχουν οι ακόλουθες προϋποθέσεις για μεγάλης κλίμακας αξιοποίηση των ΑΠΕ:

- **Επάρκεια ΑΠΕ**
- **Κατάλληλη τεχνολογία εκμετάλλευσής τους**
- **Διαθεσιμότητα κεφαλαίων και σχετικό επενδυτικό ενδιαφέρον**
- **Κοινωνική αποδοχή**, γενικά αλλά και σε τοπικό επίπεδο.

Οι τρεις πρώτες προϋποθέσεις θα σχολιασθούν στα επόμενα.

3. Η ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

3.1 Ηλιακή ακτινοβολία και ενεργειακοί πόροι

Η προσπίπτουσα στη Γη ηλιακή ακτινοβολία κατά μεγάλο ποσοστό (30%) ανακλάται (ως μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία), ένα μεγάλο μέρος της (47%) απορροφάται μετατρέπόμενη σε θερμότητα, και το υπόλοιπο (23%) συντηρεί τον υδρολογικό κύκλο (εξάτμιση, βροχόπτωση κλπ). Η ισχύς της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας εκτιμάται ότι είναι 173×10^6 GW [6]. Ένα πρόσθετο μικρό ποσοστό (0.37×10^6 GW) αναλώνεται για τα ατμοσφαιρικά και θαλάσσια ρεύματα και ένα ακόμη μικρότερο (0.040×10^6 GW ή **0.025%**) διατίθεται για τη **φωτοσύνθεση**. Είναι βέβαια γνωστή η σημασία της φωτοσύνθεσης για τη ζωή: με προσφορά ηλιακής ενέργειας γίνεται διάσπαση CO₂, μέσω της χλωροφύλλης των φυτών, δέσμευση άνθρακα και σύνθεση υδατανθράκων, με σύγχρονη απελευθέρωση οξυγόνου. Έτσι δεσμεύεται ηλιακή ενέργεια και “αποθηκεύεται” χημικά στη χλωρίδα, η οποία συντηρεί και την πανίδα στον πλανήτη μας.

Ένα πολύ μικρό μέρος από τη δημιουργούμενη, κατά τον προαναφερθέντα τρόπο, οργανική ύλη, επικαλυπτόμενο σταδιακά από αδρανή φερτά υλικά και ευρισκόμενο σε συνθήκες σχετικά υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας (απουσία οξυγόνου), τείνει να αποσυντεθεί μερικώς και να μετατραπεί σε ύλη εμπλουτισμένη σε άνθρακα. Έτσι φαίνεται ότι έχουν δημιουργηθεί, κατά τη μακρά διάρκεια περίπου **600 εκατομμυρίων ετών** (!) οι ανθρακούχοι ενεργειακοί πόροι τους οποίους σήμερα εξορύσσουμε με ταχύτατους ρυθμούς [6]. Η διαδικασία αυτή “εξανθράκωσης” της θαμμένης οργανικής ύλης συνεχίζεται ακόμη και σήμερα, αλλά με τους ίδιους βραδείς ρυθμούς όπως στο παρελθόν, ώστε έχει πρακτικά ασήμαντα αποτελέσματα στη χρονική κλίμακα ενός αιώνα και περνά απαρατήρητη.

Θα πρέπει να προστεθεί στο σημείο αυτό, αναφορικά με την επάρκεια των ΑΠΕ, ότι

- Το *δυναμικό της ηλιακής ενέργειας* είναι φυσικά τεράστιο και θα μπορούσε να καλύψει οποιοσδήποτε μελλοντικές ανάγκες στον πλανήτη μας αν ικανοποιούνταν οι υπόλοιπες προϋποθέσεις για εκτεταμένη αξιοποίηση.
- Το *δυναμικό της βιομάζας* είναι μεγάλο, εκτιμώμενο με βάση την τάξη μεγέθους της δεσμευόμενης για φωτοσύνθεση ηλιακής ακτινοβολίας που ισοδυναμεί με 4×10^4 GW. Είναι όμως πρακτικά πεπερασμένο. Επομένως και η διαθέσιμη για ενεργειακή κατανάλωση βιομάζα είναι πρακτικά περιορισμένη.

3.2 Δυναμικό και εγγενή μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Εκτός από την ηλιακή ενέργεια και τη βιομάζα οι εκτιμήσεις για το δυναμικό των υπολοίπων ΑΠΕ [5,6] συνοψίζονται ως εξής:

- **Υδάτινο δυναμικό:** Περίπου 3000 GW
- **Γεωθερμία:** Για γεωθερμία υψηλής και μέσης ενθαλπίας περίπου 600 GW. Θεωρείται επίσης ότι η διάρκεια συνεχούς εκμετάλλευσης στα επίπεδα αυτά θα ήταν περίπου 50 έτη. Οποσδήποτε το δυναμικό της γεωθερμίας πρέπει να προσαυξηθεί και με το αξιόλογο εκμεταλλεύσιμο δυναμικό των χαμηλής ενθαλπίας ρευστών, όπως και από τη διαθέσιμη θερμότητα εδαφών και πετρωμάτων στο φλοιό της γης.
- **Παλιρροιακά κύματα:** Περίπου 65 GW
- **Αιολική ενέργεια:** Πρόκειται για σημαντικό δυναμικό που ίσως είναι στα επίπεδα (ή και μεγαλύτερο) του υδάτινου δυναμικού.

Πριν να αξιολογηθεί η δυνατότητα εκμετάλλευσης των ΑΠΕ σε ευρεία κλίμακα θα πρέπει να τονισθούν τα ακόλουθα δύο εγγενή μειονεκτήματά τους.

- i) **Μικρή σχετικά “πυκνότητα”:** Γενικά για τις κύριες ΑΠΕ (ηλιακή, αιολική, βιομάζα) η εκμεταλλεύσιμη ισχύς ανά μονάδα επιφανείας (για εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης ή

για καλλιέργειες στην περίπτωση βιομάζας) είναι μικρή, ιδιαίτερα σε σύγκριση με τη μεγάλη πυκνότητα των ανθρακούχων ενεργειακών πόρων που κυριαρχούν σήμερα στην παγκόσμια αγορά.

- ii) **Διακύμανση της διαθέσιμης ισχύος.** Για την ηλιακή ενέργεια η τοπική διακύμανση είναι φυσικά περιοδική (προερχόμενη απ' την περιστροφή της Γης) ενώ για την αιολική και παλιρροιακή είναι στοχαστικής φύσεως.

Τα εγγενή αυτά μειονεκτήματα δημιουργούν σημαντικά τεχνολογικά προβλήματα για μια ευρείας κλίμακας εκμετάλλευση των ΑΠΕ, όπως θα εξηγηθεί στα επόμενα.

4. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΕ – ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η ακόλουθη συνοπτική επισκόπηση για κάθε είδος ΑΠΕ αφορά κυρίως στο βαθμό αξιοποίησής του καθώς και στους τεχνολογικούς στόχους για βελτιώσεις των μεθόδων εκμετάλλευσης. Οι τεχνολογικοί αυτοί στόχοι καθορίζουν τα αναγκαία πεδία Έρευνας και Ανάπτυξης.

4.1 Αιολική Ενέργεια

Είναι σήμερα η ταχύτερα εξελισσόμενη ΑΠΕ, ως προς την αξιοποίησή της, με εγκατεστημένη ισχύ παγκοσμίως για το 1995 περίπου 5000 MW από τα οποία το 50% στην Ευρώπη. Οι τεχνολογικές εξελίξεις στις ανεμογεννήτριες, κατά την τελευταία 15ετία, είναι σημαντικές με πρωτοπόρο την ευρωπαϊκή βιομηχανία. Επιπλέον οι προβλέψεις συγκλίνουν [5] στο ότι η αύξηση στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας θα είναι μεγάλη και στο άμεσο μέλλον. Το τυπικό μέγεθος εγκατεστημένων ανεμογεννητριών είναι σήμερα 500-800 kW, ενώ είναι υπό ανάπτυξη μονάδες 1,0-1,5 MW.

Τεχνολογικοί στόχοι

- *Βελτιστοποίηση (αεροδυναμικά, μηχανολογικά) της κατασκευής ανεμογεννητριών, περιλαμβανομένων και καινοτόμων λύσεων στο σχεδιασμό.*
- *Αντιμετώπιση του θορύβου κατά τη λειτουργία των ανεμογεννητριών.*
- *Αξιοποίηση νέων υλικών κατασκευής και ανακυκλωσιμότητα υλικών.*

Οι παραπάνω στόχοι διαμορφώνουν σημαντικά πεδία Έρευνας και Ανάπτυξης στα οποία υπάρχει ήδη έντονη δραστηριότητα.

4.2 Βιομάζα

Η αξιοποίησή της σε παγκόσμια κλίμακα είναι σημαντική τόσο σε τεχνολογικά ανεπτυγμένες όσο και σε αναπτυσσόμενες περιοχές της Γης. Η συνολικά αξιοποιηθείσα ποσότητα στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν, για το 1995, περίπου 45 ΜΤΟΕ. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι μέχρι σήμερα η βιομάζα έχει τύχει εκμετάλλευσης ουσιαστικά μόνο με **καύση**, κατά παραδοσιακό τρόπο ο οποίος δεν φαίνεται να έχει προοπτική για μεγάλης κλίμακας αξιοποίηση.

Τεχνολογικοί Στόχοι

A. *Βελτίωση μεθόδων για παραγωγή ισχύος ή/και θερμότητας από βιομάζα.*

- Καύση μιγμάτων βιομάζας/απορριμμάτων/άνθρακα. Καθαρισμός των αερίων από την καύση.
- Ανάπτυξη καινοτόμων συστημάτων μικρού/μεσαίου μεγέθους για συμπαραγωγή (CHP – Combined Heat & Power Production).
- Ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων αεριοποίησης με συμπαραγωγή (IGCC-Integrated Gasification Combined – Cycle Systems).

B. *Ανάπτυξη μεθόδων για παραγωγή υγρών καυσίμων*

- Παραγωγή αλκοολών (αιθανόλη, μεθανόλη)
- Παραγωγή μίγματος υδρογονανθράκων (bio-oil, bio-diesel)

Γ. *Συνδυασμός μεθόδων.* Παραδείγματος χάριν, παραγωγή αιθανόλης με επακόλουθη αεριοποίηση των υπολειμμάτων της σχετικής διεργασίας.

Στις παραπάνω περιοχές υπάρχει σημαντική ερευνητική δραστηριότητα, ενώ εκτιμάται ότι είναι απαραίτητη η οικονομική ενίσχυση έργων επίδειξης και διάδοσης νέων τεχνολογιών ιδιαίτερα στην περιοχή A [5].

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διατυπωθούν ενδοιασμοί για τη διαθεσιμότητα πρώτης ύλης σε ποσότητα ικανή και με κόστος επαρκώς μικρό (περιλαμβανομένου του κόστους μεταφοράς και αποθήκευσης) ώστε να δημιουργηθούν οικονομικά ελκυστικές μονάδες αξιοποίησης βιομάζας. Οι ενδοιασμοί αυτοί οφείλονται κυρίως στο προαναφερθέν μειονέκτημα της “μικρής πυκνότητας” της βιομάζας, το οποίο επιπλέον μπορεί να θέτει σοβαρούς περιορισμούς και στη δυναμικότητα μονάδων αξιοποίησής της.

4.3 Φωτοβολταϊκά Στοιχεία

Η εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας με φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι μια σχετικά νέα και εξελισσόμενη τεχνολογική περιοχή. Η σημερινή της συμβολή στο ενεργειακό ισοζύγιο είναι

ασήμαντη, αφού η εγκατεστημένη ισχύς παγκοσμίως το 1996 ήταν περίπου 30 MW. Λόγω όμως σοβαρών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει (όπως η απ' ευθείας μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια, οι εξαιρετικά περιορισμένες λειτουργικές δαπάνες, η δυνατότητα δημιουργίας αυτόνομων μονάδων οποιασδήποτε δυναμικότητας) αναμένεται ότι θα τύχει ευρείας εκμετάλλευσης στο μέλλον.

Τεχνολογικοί στόχοι

A. *Βελτίωση φωτοβολταϊκών στοιχείων*, ως προς το βαθμό απόδοσης και τη σταθερότητα.

Οι δύο κατηγορίες στοιχείων που έχουν προκριθεί είναι:

- Στοιχεία πυριτίου
- Στοιχεία λεπτής στιβάδας (polycrystalline thin films).

B. *Βελτίωση διαδικασίας παραγωγής φωτοβολταϊκών στοιχείων*.

Γ. *Προβλήματα σχεδιασμού συστημάτων*.

- Ηλεκτρικής φύσεως προβλήματα
- Διάταξη φωτοβολταϊκών στοιχείων στο χώρο.

Τα στοιχεία πυριτίου είναι ήδη σχετικά καθιερωμένα με συνήθεις βαθμούς απόδοσης 10-12%. Τα στοιχεία όμως λεπτής στιβάδας (π.χ. CdS/CdTe) παρουσιάζουν προοπτικές σημαντικών βελτιώσεων στην απόδοση [7] η οποία εργαστηριακά έχει υπερβεί το 17%. Η εργαστηριακή έρευνα επικεντρώνεται τελευταίως στη δημιουργία στοιχείων λεπτής στιβάδας με υψηλή απόδοση και αυξημένη σταθερότητα. Στην προσπάθεια μείωσης του κόστους των φωτοβολταϊκών στοιχείων, με ταυτόχρονη ελάττωση οποιωνδήποτε περιβαλλοντικών επιπτώσεων, εντάσσεται η ερευνητική δραστηριότητα για βελτίωση της διαδικασίας μαζικής παραγωγής, ιδίως για τα στοιχεία λεπτής στιβάδας [7]. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται σήμερα υγρά με συστατικά δαπανηρά και τοξικά των οποίων η κατανάλωση επιδιώκεται να μειωθεί με ανάκτηση/ανακύκλωση υλικών και βελτιστοποίηση της διαδικασίας παραγωγής. Στην κατηγορία Γ εντάσσονται μη τετριμμένα προβλήματα διαχείρισης του παραγομένου ηλεκτρικού ρεύματος (ιδιαίτερα για μεγάλες μονάδες) όπως το σύστημα ρύθμισης, μετατροπής ρεύματος συνεχούς σε εναλλασσόμενο, και της αποθήκευσής του, καθώς επίσης προβλήματα σχεδιασμού και διευθέτησης στο χώρο των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

4.4 Γεωθερμία

Η γεωθερμία αποτελεί μια αξιόλογη πηγή ενέργειας η οποία τυχαίνει ήδη εκμετάλλευσης παγκοσμίως. Η εγκατεστημένη ισχύς στην Ευρωπαϊκή Ένωση για παραγωγή ηλεκτρικής

ενέργειας είναι περίπου 700 MWe (δεδομένα του 1995) με αξιοποίηση γεωθερμίας υψηλής κυρίως ενθαλπίας. Πολύ πιο σημαντικές είναι οι άμεσες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής και μέσης ενθαλπίας, οι οποίες εκτιμάται ότι ισοδυναμούν με 4500 MW_i για το 1995. Σημειώνεται ότι τα περιθώρια εκμετάλλευσης είναι αρκετά μεγάλα στον Ελληνικό χώρο, όπως τονίζεται σε σχετική εργασία σ' αυτό το συνέδριο [8].

Τεχνολογικοί Στόχοι

A. Ρευστά χαμηλής ενθαλπίας

- Βελτίωση και εφαρμογή συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας
- Ολοκληρωμένη διαχείριση/αξιοποίηση νερού

B. Ρευστά υψηλής ενθαλπίας

- Ανάπτυξη ή/και βελτίωση μεθόδων απομάκρυνσης όξινων αερίων (CO₂, H₂S) από τα ρευστά.
- Αποτελεσματική αντιμετώπιση διάβρωσης και επικαθίσεων σε συσκευές και σωληνώσεις.

Γ. Θερμά – Ξηρά Πετρώματα (Hot Dry Rocks)

Η κατηγορία A των στόχων αναφέρεται κυρίως σε θέματα σχεδιασμού και εφαρμογών. Προσεκτικά σχεδιασμένα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας μπορούν να εξοικονομήσουν σημαντικά ποσά ενέργειας για κλιματισμό χώρων και συναφείς χρήσεις. Η ολοκληρωμένη διαχείριση των γεωθερμικών υγρών εξαρτάται απ' την ποιότητα και την ενθαλπία τους, και μπορεί να περιλαμβάνει εκμετάλλευση σε διαδοχικά επίπεδα μειουμένης θερμοκρασίας, και τελική άμεση χρήση ή/και επανεισαγωγή τους στον ταμιευτήρα.

Στην κατηγορία B των στόχων εντάσσονται προβλήματα των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία έχουν επίπτωση στην περιβαλλοντικά αποδεκτή και οικονομικά αποδοτική λειτουργία τους. Η απομάκρυνση των μη συμπεκνώσιμων όξινων αερίων (CO₂, H₂S) απαιτείται τόσο για επίτευξη υψηλού βαθμού απόδοσης της ενεργειακής μετατροπής (κατά τη λειτουργία ατμοστροβίλου με γεωθερμικό ατμό), όσο και για προστασία του περιβάλλοντος (δέσμευση H₂S). Επίσης είναι αναγκαία η εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανασχεσης της διάβρωσης και επικαθίσεων, οι οποίες προσβάλλουν τις μεταλλικές επιφάνειες που έρχονται σ' επαφή με τα ιδιαίτερα προβληματικά γεωθερμικά ρευστά. Παρά τις σημαντικές προόδους, είναι αναγκαία η βελτίωση των μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί για αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών.

Η εκμετάλλευση της θερμότητας ξηρών πετρωμάτων (στόχος Γ) έχει μελετηθεί (με ενίσχυση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής) σε πεδία στη Βρετανία, με διοχέτευση νερού σε

σχετικά μεγάλα βάρη και προσπάθεια ανάκτησής του [5], χωρίς όμως ιδιαίτερη επιτυχία μέχρι σήμερα. Παρά ταύτα η μελλοντική διερεύνηση της εκμετάλλευσης σε επιλεγμένες περιοχές δεν πρέπει να αποκλεισθεί.

4.5 Γενικές διαπιστώσεις

Επισκοπώντας την παρούσα κατάσταση, αναφορικά με την αξιοποίηση των ΑΠΕ διεθνώς, διαπιστώνονται τα ακόλουθα:

- Η παραγωγή ισχύος από ΑΠΕ είναι σχετικά μικρής κλίμακας.
- Γενικά επικρατεί η παραδοσιακή αξιοποίηση των ΑΠΕ, και συγκεκριμένα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με υδροηλεκτρικές μονάδες καθώς και η καύση βιομάζας που είναι καθιερωμένες από μακρού χρόνου.
- Τις τελευταίες δύο δεκαετίες έγινε σημαντική τεχνολογική πρόοδος, για αξιοποίηση σχεδόν όλων των μορφών ΑΠΕ, η οποία εξακολουθεί να βρίσκεται σε εξέλιξη.
- Υπάρχουν μεγάλα περιθώρια για διείσδυση των ΑΠΕ στην αγορά ενέργειας υπό συνθήκες που πρέπει να μελετηθούν επισταμένως.

5. ΜΕΣΟΠΡΟΘΕΣΜΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

Η επίσημη ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), όπως εκτίθεται στη σχετική Λευκή Βίβλο [9] δίνει πρώτη προτεραιότητα στην αξιοποίηση των ΑΠΕ, κυρίως για περιορισμό των εκπομπών ανεπιθύμητων αερίων (CO₂, NO_x, SO_x κλπ). Ο Πίνακας 2 δίνει μια συνοπτική εικόνα της συμβολής των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση της ΕΕ για το έτος 1995, καθώς και των στόχων της ΕΕ για το 2010. Η κύρια επιδίωξη για την περίοδο μέχρι το έτος 2010 είναι ο **διπλασιασμός της συμβολής των ΑΠΕ** στο Ευρωπαϊκό ενεργειακό ισοζύγιο, δηλαδή από περίπου 5.5% το 1995 σε περίπου 11.5% το 2010.

Οι διαπιστώσεις που έγιναν προηγουμένως για την παρούσα κατάσταση αξιοποίησης των ΑΠΕ σε παγκόσμια κλίμακα αντικατοπτρίζονται και στον Πίνακα 2 για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι μέχρι το 1995 κύρια συμβολή στο ενεργειακό ισοζύγιο, απ' τις ΑΠΕ, έχουν η βιομάζα (3.3%) και η υδροηλεκτρική ενέργεια (1.9%). Η συμβολή της γεωθερμίας είναι πολύ μικρότερη (0.2%). Πρέπει επίσης να σημειωθεί η αναπτυχθείσα τις τελευταίες δεκαετίες χρήση των ηλιακών συλλεκτών, όπου η Ελλάδα πρωταγωνιστεί. Αντίθετα η συμβολή των φωτοβολταϊκών είναι σχεδόν αμελητέα προς το παρόν. Η παραδοσιακή αξιοποίηση βιομάζας (καύση) κυριαρχεί (60% των ΑΠΕ) όπως προαναφέρθηκε.

Πίνακας 2. Συμβολή ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
(Πηγή: "White Paper", EC, 1997)

ΕΙΔΟΣ ΑΠΕ	1995			ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΓΙΑ 2010			ΑΥΞΗΣΗ ΜΕΤΑΞΥ 1995 ΚΑΙ 2010	
	GW _p	ΜΤΟΕ	%	GW	ΜΤΟΕ	%	ΜΤΟΕ	%
1. ΑΙΟΛΙΚΗ	2,5	0,35	0,03	40	6,0	0,44	5,65	5,3
2. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ	92	26,4	1,9	105	30,55	1,93	4,15	3,9
- Μεγάλες μονάδες	(82,5)			(91)				
- Μικρές μονάδες	(9,5)			(14)				
3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	0,03	0,002	-	3	0,26	0,02	0,26	0,24
4. ΒΙΟΜΑΖΑ		44,8	3,3		135	8,53	90,2	84,54
5. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ		2,5	0,2		5,2	0,33	2,7	2,53
- Ηλεκτρική ενέργεια	0,5			1				
- Θερμότητα	1,3			5				
6. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	(6,5x 10 ⁶ m ²)	0,26	0,02	(100x 10 ⁶ m ²)	4	0,25	3,74	3,51
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΕ		74,31	5,45		182	11,5	106,7	100,0
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		1366			1583			
ΗΛΙΑΚΑ - ΠΑΘΗΤΙΚΑ					35	2,2		

Σχετικά με τους στόχους της Ε.Ε., για αύξηση αξιοποίησης των ΑΠΕ, όπως αναλυτικά παρουσιάζονται στη Λευκή Βίβλο [9] και συνοψίζονται στον Πίνακα 2, μπορούν να διατυπωθούν τα ακόλουθα σχόλια, λαμβάνοντας υπόψη την προηγηθείσα συνοπτική αξιολόγηση των διαφόρων ΑΠΕ.

Η συμβολή της βιομάζας. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, οι στόχοι της Ευρ. Ένωσης βασίζονται ουσιαστικά στη δραστική αύξηση αξιοποίησης της βιομάζας. Πράγματι το 85% (!) της επιδιωκόμενης αύξησης της συμμετοχής των ΑΠΕ στο Ευρωπαϊκό ενεργειακό ισοζύγιο αναμένεται ότι θα προέλθει μόνο από την αύξηση αξιοποίησης της βιομάζας και η οποία θα ισοδυναμεί με περίπου 90 ΜΤΟΕ. Σοβαρές επιφυλάξεις μπορούν να διατυπωθούν για το κατά πόσον είναι εφικτή αυτή η δραστική αύξηση, κατά 2,5 φορές έναντι του επιπέδου αξιοποίησης κατά το έτος 1995. Δεν μπορεί να αμφισβητηθεί η δυνατότητα παραγωγής βιομάζας, αλλά η δυνατότητα οργάνωσης της συστηματικής συλλογής, μεταφοράς, και αποθήκευσης των απαιτούμενων μεγάλων ποσοτήτων, ώστε να διατηρείται χρονικά σταθερή η παραγόμενη ενέργεια. Παράλληλα, ούτε τα σενάρια για την ενεργειακή μετατροπή (από τη

σκοπία της τεχνολογίας) φαίνεται να έχουν ωριμάσει επαρκώς ώστε να παρέχουν βάσιμες ελπίδες ότι ο στόχος θα επιτευχθεί, ειδικά σαυτή τη μεγάλη κλίμακα.

Η συμβολή των άλλων ΑΠΕ. Αξιόλογη αναμένεται να είναι η αύξηση συμμετοχής της αιολικής ενέργειας, των υδροηλεκτρικών μονάδων και της γεωθερμίας, όχι όμως καθοριστική για την επίτευξη του κεντρικού στόχου της Ε.Ε. Για τα φωτοβολταϊκά (με τα σημερινά επίπεδα κόστους και απόδοσης) είναι φυσικό να μην αναμένονται σημαντικές αυξήσεις εγκατεστημένης ισχύος.

Οι αναγκαίες επενδύσεις. Στον Πίνακα 3 συνοψίζονται οι εκτιμήσεις [9] για τις αναγκαίες επενδύσεις μέχρι το έτος 2010, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι για αύξηση συμμετοχής των ΑΠΕ στο επίπεδο του 11-12% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Από πηγές της ΕΕ [9] έχει εκτιμηθεί η μέση μοναδιαία επένδυση σε Euro για κάθε ΑΠΕ, με βάση την αντίστοιχη μοναδιαία επένδυση σε τιμές 1997 ECU και 2010 Euro. Οι αναγκαίες επενδύσεις για να επιτευχθούν οι στόχοι της ΕΕ μέχρι το 2010 (διπλασιασμός συμβολής ΑΠΕ) εκτιμάται ότι φθάνουν τα 165 δις Euro (!) εκ των οποίων 84 δις αφορούν σε επενδύσεις για εκμετάλλευση βιομάζας. Εκ πρώτης όψεως το ύψος αυτών των επενδύσεων φαίνεται απαγορευτικό, αν υποθεθεί ότι θα γίνουν με βάση κριτήρια της ελεύθερης οικονομίας και ανταγωνισμού, ιδιαίτερα μάλιστα αν ληφθούν υπόψη οι πολύ μικρότερες

Πίνακας 3. Εκτίμηση αναγκαίων επενδύσεων σε ΑΠΕ, στην Ευρωπαϊκή Ένωση μέχρι το έτος 2010. (Πηγή: “White Paper”, EC, 1997)

ΕΙΔΟΣ ΑΠΕ	Πρόσθετη Δυναμικότητα 1997-2020	Μοναδιαία Επένδυση 1997 ECU	Μοναδιαία Επένδυση 2010 Euro	Μέση Μοναδιαία επένδυση Euro	Συνολικές Επενδύσεις* 1997-2010 $\times 10^9$ Euro	Εξοικ/ση σε Καύσιμα 1997-2010 $\times 10^9$ Euro	Μείωση Εκπομπών CO ₂ $\times 10^6$ T/yr
Αιολική	36 GW	1000/kW	700/KW	800/kW	28,8	10	72
Υδροηλεκτρική	13 GW	1200/kW	1000/KW	1100/kW	14,3	6,4	48
Φωτοβολταϊκά	3 GW	5000/kW	2500/KW	3000/kW	9	0,4	3
Βιομάζα	90 MTOE				84	-	255
Γεωθερμία	2,5 GW	2500/kW	1500/kW	2000/kW	5	-	5
Ηλιακοί Συλλέκτες	94×10^6 m ²	400/m ²	200/m ²	250/m ²	24	4,2	19
Σύνολο Ε.Ε.					165,1	21	402

* Πρόσθετος κύκλος εργασιών το 2010: $36,6 \times 10^9$ Euro

μοναδιαίες επενδύσεις σε συναφή ενεργειακά έργα, όπως παραδείγματος χάριν οι σύγχρονες μονάδες παραγωγής ισχύος από φυσικό αέριο. Είναι επόμενο ότι η συνέχιση της πολιτικής επιδοτήσεων (και άλλων μέτρων υποστήριξης των ΑΠΕ) από την ΕΕ θα είναι καθοριστική και επιβεβλημένη, αν λάβει μάλιστα κανείς υπόψη τα προκύπτοντα άμεσα και έμμεσα οφέλη που συνοψίζονται ως εξής (Πίνακας 3):

- συναλλαγματικό όφελος περίπου 20 δις Ευρο από αντίστοιχη εξοικονόμηση εισαγόμενων καυσίμων
- δημιουργία κύκλου εργασιών από τις ΑΠΕ άνω των 35 δις Ευρο
- μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 400 εκατομμύρια τόνους ετησίως.

Συμπερασματικά, οι μεσοπρόθεσμοι στόχοι της ΕΕ, για αύξηση της συμβολής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο, είναι τολμηροί και για να επιτευχθούν θα απαιτηθεί μεγάλη και συστηματική προσπάθεια (σε πολλά επίπεδα) από ιδιωτικούς αλλά κυρίως δημόσιους φορείς.

6. ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ - ΤΟ ΟΡΑΜΑ

Η υποκατάσταση των ανθρακούχων ενεργειακών πόρων από ΑΠΕ, σε μεγάλη κλίμακα, είναι ένα όραμα με τα σημερινά τεχνολογικά και οικονομικά δεδομένα, όπως προκύπτει από την προηγηθείσα επισκόπηση των σημαντικών δυσχερειών ακόμη και για σχετικά μικρής κλίμακας αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο Ευρωπαϊκό ενεργειακό ισοζύγιο. Εν τούτοις η μεγάλης κλίμακας αξιοποίηση των ΑΠΕ φαίνεται ότι θα καταστεί **αναγκαιότητα** σύντομα, και πιθανότατα μέσα στις επόμενες λίγες δεκαετίες. Για διευκόλυνση διαμόρφωσης ερευνητικής πολιτικής με μακροπρόθεσμους στόχους μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες διαπιστώσεις.

Καταρχήν πρέπει να αναγνωρισθεί ότι η μεγάλης κλίμακας αξιοποίηση ΑΠΕ ουσιαστικά αποσκοπεί στην ισοδύναμη υποκατάσταση ανθρακούχων πόρων για παραγωγή των καθιερωμένων μορφών ενέργειας για τελική χρήση, δηλαδή της ηλεκτρικής ενέργειας και των ρευστών υδρογονανθράκων.

Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος

Η προηγηθείσα επισκόπηση των ΑΠΕ οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πιθανότατα μόνον η ηλιακή ενέργεια προσφέρεται για μεγάλης κλίμακας αξιοποίηση. Όλες οι άλλες ΑΠΕ μπορούν να συμβάλλουν, αλλά παρουσιάζουν πρακτικά περιορισμένη διαθεσιμότητα. Για την ευρεία όμως εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας πρέπει να αντιμετωπισθούν τα προαναφερθέντα *εγγενή μειονεκτήματα*, όπως η μικρή “πυκνότητα” της διατιθέμενης

ενέργειας και η διακύμανση ισχύος. Νέες ή βελτιωμένες μέθοδοι ενεργειακής μετατροπής απαιτούνται για αντιμετώπιση του πρώτου μειονεκτήματος, ενώ για το δεύτερο απαιτείται ανάπτυξη τεχνολογιών αποθήκευσης της παραγόμενης, και εξομάλυνσης της διατιθέμενης για κατανάλωση ενέργειας.

Είναι φανερό ότι σημαντική δραστηριότητα Έρευνας και Ανάπτυξης θα απαιτηθεί για ανάπτυξη των παραπάνω μεθόδων. Η ερευνητική περιοχή των φωτοβολταϊκών στοιχείων αναμένεται ότι θα συγκεντρώσει πολλές προσπάθειες και ότι μπορεί να αποδώσει καρπούς. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας διαμέσου “συγκέντρωσης” της ηλιακής (θερμικής) ενέργειας με κάτοπτρα ή άλλα μέσα και παραγωγής ατμού, είναι μια άλλη περιοχή όπου πρέπει να ενταθεί η έρευνα. Σχετικά μοντέρνες κατευθύνσεις, όπως παραδείγματος χάριν η **φωτο-ηλεκτροχημική μετατροπή** [10], είναι δυνατόν να δημιουργήσουν νέες προοπτικές κατευθείαν μετατροπής ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια. Τέλος, τα προβλήματα **αποθήκευσης/εξομάλυνσης σε μεγάλη κλίμακα** θα απαιτήσουν πολύ προσπάθεια για ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων.

Υποκατάσταση ρευστών υδρογονανθράκων

Σήμερα ο τομέας των μεταφορών (αεροπλοΐα, ναυσιπλοΐα, χερσαίες μεταφορές) είναι απόλυτα εξαρτημένος από τους υγρούς κυρίως υδρογονάνθρακες. Πολλοί άλλοι βιομηχανικοί τομείς (εκτός των πετροχημικών) είναι παρομοίως εξαρτημένοι από τους ρευστούς υδρογονάνθρακες. Η υποκατάσταση αυτών των ανθρακούχων πόρων από ΑΠΕ, σε σημαντική κλίμακα, εμφανίζεται ως ιδιαίτερα δυσχερής, λαμβανομένου υπόψη ότι οι ρευστοί υδρογονάνθρακες έχουν πλήρως παγιωθεί, όπως έχει προαναφερθεί, διαμέσου ενός πλέγματος τεχνολογικών, εμπορικών και οικονομικών παραγόντων. Αρκεί κανείς να αναλογισθεί τις τεράστιες επενδύσεις που έχουν γίνει στο σύστημα “έρευνα/εξόρυξη υδρογονανθράκων, δίκτυα μεταφοράς/αποθήκευσης, εγκαταστάσεις διύλισης, δίκτυα διανομής, μηχανές/διατάξεις τελικής χρήσης” για να συμπεράνει ότι η υποκατάσταση των υδρογονανθράκων θα είναι (στην καλλίτερη περίπτωση) βραδεία, ακόμη και όταν δημιουργηθούν τεχνολογικά ώριμες προϋποθέσεις. Αλλά ποία τεχνολογική κατεύθυνση προσφέρει τα περισσότερα πλεονεκτήματα ώστε να διευκολυνθεί η αναγκαία υποκατάσταση ανθρακούχων καυσίμων;

Το **υδρογόνο** προβάλλει ήδη ως το πιθανότερο ενεργειακό υλικό το οποίο μελλοντικά μπορεί να υποκαταστήσει τους ρευστούς υδρογονάνθρακες [11,12]. Μεταξύ των κυριωτέρων πλεονεκτημάτων του περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- Είναι ιδανικό από περιβαλλοντικής απόψεως γιατί από την ενεργειακή του εκμετάλλευση (καύση, κελία καυσίμου) προκύπτουν μόνο υδρατμοί και ελάχιστες ποσότητες NO_x .
- Το υγρό υδρογόνο έχει πολύ μεγάλο ενεργειακό περιεχόμενο (141,9 MJ/kg), δηλαδή περίπου 2.8 φορές περισσότερο από τα συνήθη καύσιμα αεροσκαφών jet. Επομένως για την πιο κρίσιμη εφαρμογή του, δηλαδή την εξασφάλιση ισχύος για τα αεροσκάφη, θα απαιτείται περίπου το ένα τρίτο της μάζας του σημερινού καυσίμου, με αντίστοιχη αύξηση της ικανότητας μεταφοράς φορτίου του αεροσκάφους καθώς και μείωση του όγκου των κινητήρων του [13]. Αυτό το μεγάλο πλεονέκτημα αντισταθμίζεται όμως εν μέρει απ' τη μικρή πυκνότητα του H_2 που απαιτεί σχετικά μεγαλύτερο αποθηκευτικό χώρο.
- Η βασική τεχνολογία παραγωγής, διαχείρισης, αποθήκευσης και μεταφοράς συμπιεσμένου ή/και υγρού υδρογόνου είναι διαθέσιμη σήμερα στη χημική και πετροχημική βιομηχανία. Αρκεί να σημειωθεί ότι μόνο για την παραγωγή αμμωνίας παράγονται περίπου 200 δις m^3 υδρογόνου (σε κανονικές συνθήκες) ετησίως, το οποίο αποτελεί περίπου το 50% του σήμερα παραγόμενου υδρογόνου παγκοσμίως.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι για τη σταδιακή διείσδυση και αποδοχή του υδρογόνου, ως βασικού ενεργειακού υλικού, θα πρέπει να αντιμετωπισθούν πολλά τεχνολογικά προβλήματα εκτός απ' τις προαναφερθείσες μεγάλες δυσχέρειες στον εμπορικό και γενικότερο οικονομικό τομέα. Σημαντική δραστηριότητα για έρευνα, ανάπτυξη κι επίδειξη νέων ή βελτιωμένων μεθόδων θα απαιτηθεί στις περιοχές

- παραγωγή H_2 από ανανεώσιμες πηγές και ιδίως ηλιακή ενέργεια,
- εναλλακτικές μέθοδοι αποθήκευσης H_2 για διαφορες χρήσεις,
- ενεργειακή μετατροπή και βέλτιστη αξιοποίηση H_2 .

Η προσπάθεια σε όλα τα επίπεδα (έρευνα, ανάπτυξη, επίδειξη) έχει ήδη ξεκινήσει και αναμένεται να ενταθεί.

7. ΣΥΝΟΨΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ – ΣΧΟΛΙΑ

Η συνεχώς αυξανόμενη καύση τεραστίων ποσοτήτων ανθρακούχων ενεργειακών πόρων και οι εκπεμπόμενες στην ατμόσφαιρα εξίσου τεράστιες μάζες CO_2 (και άλλων ρυπογόνων συστατικών) έχει ήδη δημιουργήσει ένα οξύτατο περιβαλλοντικό πρόβλημα, με καταστροφικές πιθανώτατα συνέπειες αν δεν αντιμετωπισθεί αμέσως. Η σταδιακή υποκατάσταση των ανθρακούχων υλών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πλέον

αναγκαία τόσο για αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού προβλήματος (βραχυπρόθεσμα) όσο και για καθιέρωση μη εξαντλούμενων ενεργειακών πόρων (μακροπρόθεσμα), που θα εξασφαλίσουν την επιθυμητή αιεφόρο ανάπτυξη στον πλανήτη μας.

Για την αξιοποίηση ΑΠΕ σε *μεγάλη κλίμακα* πρέπει να υπάρχει *επάρκεια πόρων* και *κατάλληλες τεχνολογικές μέθοδοι* εκμετάλλευσής τους. Αναφορικά με την επάρκεια, οι διάφορες ΑΠΕ (βιομάζα, αιολική ενέργεια, υδατοπτώσεις, γεωθερμία) εμφανίζουν σημαντικό δυναμικό, αλλά πεπερασμένο, και μονον η ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται από πρακτικά άπειρο δυναμικό, ικανό για πλήρη υποκατάσταση των ανθρακούχων πόρων. Παρά ταύτα, η άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας συμβάλλει σήμερα με ασήμαντο ποσοστό στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, κυρίως λόγω ελλείψεως αποτελεσματικών (δηλαδή οικονομικά ελκυστικών) μεθόδων αξιοποίησης. Σημαντική ερευνητική δραστηριότητα απαιτείται για δραστική αύξηση του βαθμού απόδοσης της μετατροπής ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια (με φωτοβολταϊκά στοιχεία, φωτοκατάλυση, ή άλλες μεθόδους). Η αύξηση αυτή, σε συνδυασμό με μείωση της μοναδιαίας επένδυσης για τις νέες εγκαταστάσεις παραγωγής, είναι προϋπόθεση για τη διείσδυση των ηλιακών συστημάτων στην αγορά ενέργειας.

Σήμερα, με παραδοσιακές μεθόδους εκμετάλλευσης, μόνον η βιομάζα (με καύση) και οι υδατοπτώσεις (με υδροηλεκτρικές μονάδες) έχουν αξιόλογη συμμετοχή στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο. Πρέπει να τονισθεί όμως ότι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις έχουν συμβάλλει στη σημαντική αύξηση αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας, η οποία αναμένεται να συνεχισθεί. Έργα έρευνας και ανάπτυξης έχουν επίσης υποβοηθήσει την εκμετάλλευση γεωθερμίας υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας.

Επισκοπώντας τους μεσοπρόθεσμους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ανάπτυξη των ΑΠΕ (οι οποίοι αντικατοπτρίζουν και τις σχετικές προσπάθειες που γίνονται παγκοσμίως), διαπιστώνονται τα εξής:

- Ο διπλασιασμός της ποσοστιαίας συμβολής των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση (από 5,5% σε περίπου 11,5%) μέχρι το έτος 2010, εκτιμάται από την Ε.Ε. ότι θα βασισθεί κυρίως στον τριπλασιασμό της αξιοποίησης βιομάζας, με πολύ μικρότερη συμβολή απ' την αιολική ενέργεια, τα υδροηλεκτρικά, τους ηλιακούς συλλέκτες και τη γεωθερμία.
- Οι μεγάλες επενδύσεις που εκτιμάται ότι είναι αναγκαίες για επίτευξη των παραπάνω στόχων (165 δις Euro), παρά τα προκύπτοντα σημαντικά άμεσα και έμμεσα οφέλη, είναι ενδεικτικές των δυσχερειών που θα αντιμετωπίσει η προσπάθεια ευρείας αξιοποίησης των ΑΠΕ.

Αναφορικά με τους *μακροπρόθεσμους στόχους* για μεγάλης κλίμακας υποκατάσταση των ανθρακούχων πόρων από ΑΠΕ, φαίνεται ότι η προσπάθεια πρέπει να εστιασθεί στην αξιοποίηση κυρίως της ηλιακής ακτινοβολίας, με συμπληρωματικό ρόλο απ' τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές. Η παραγωγή από ηλιακή ακτινοβολία ηλεκτρικής ενέργειας και υδρογόνου (για υποκατάσταση των ρευστών υδρογονανθράκων) αποτελεί ήδη την επικρατέστερη πολιτική. Τα εγγενή όμως μειονεκτήματα της ηλιακής και άλλων ΑΠΕ (μικρή σχετικά πυκνότητα και χρονική διακύμανση) δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα και θα απαιτήσουν έντονη ερευνητική δραστηριότητα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών εκμετάλλευσης ενέργειας.

Σχετικά με τη στρατηγική για υποβοήθηση της αξιοποίησης ΑΠΕ, διατυπώνεται συχνά η άποψη ότι η έμφαση (και η αναγκαία οικονομική υποστήριξη) πρέπει να δοθεί στα τελευταία στάδια της αλληλουχίας “έρευνα” – “ανάπτυξη” – “επίδειξη” – “διάδοση” τεχνολογίας, δηλαδή όχι πρώτη προτεραιότητα στην έρευνα. Αναμφίβολα η υποστήριξη, με επιδοτήσεις ή άλλα μέτρα, των έργων επίδειξης και διάδοσης τεχνολογιών εκμετάλλευσης των ΑΠΕ είναι απαραίτητη. Από την προηγηθείσα όμως παρουσίαση, είναι σαφές ότι καίρια βήματα για **δραστηκές βελτιώσεις** (στην αξιοποίηση κυρίως της ηλιακής ακτινοβολίας) θα προέλθουν μόνο από **συστηματική ερευνητική προσπάθεια**. Επομένως πρέπει να υπάρξει σταθερή υποστήριξη σωστά επιλεγμένων και εστιασμένων προγραμμάτων, βασικής κι εφαρμοσμένης έρευνας, για αξιοποίηση των ΑΠΕ.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] N. Nakicenovic, A. Grubler, M. Jefferson, A. MacDonald (eds) “Global Energy Perspectives”, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1998).
- [2] Anonymous, “European Energy to 2020”, European Commission, DG XVII Special Report, Spring 1996.
- [3] Anonymous, “Climate Change - The EU Approach to Kyoto” European Commission Report COM (97)481 final (1/10/1997).
- [4] R.A. Kerr, “Among global thermometers, warming still wins out”, *Science*, **281**, pp 1948-1949 (1998).
- [5] Anonymous, “Improving market penetration for new energy technologies: Prospect for pre-competitive support. Sectorial Reports”, European Commission, DG XVII, Collection of Reports presented at Conference organized by EC/DGXVII, Brussels, October 10-11, 1996.

- [6] M. King Hubbert, "The Energy Resources of the Earth", *Scientific American*, **225**, No 3, pp 61-71, Sept 1971.
- [7] K. Zweiber, "Thin Films: past, present, future", *Progr. Photovoltaics*, **3**, 279, 1995.
- [8] Ν. Ανδρίτσος, Α. Ι. Καράμπελας, Μ. Φυτίκας, "Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα. Παρούσα κατάσταση, τεχνικά προβλήματα, προοπτικές", Πρακτικά, 6ο Εθνικό Συνέδριο IHT, Βόλος, 3-5 Νοεμβρίου 1999.
- [9] Anonymous, "Energy for the Future: Renewable Sources of Energy", *White Paper for a Community Strategy and Action Plan*, European Commission Report, COM (97)599 final (26/11/1997).
- [10] M. K. Nazeeruddin et al., "Conversion of Light to Electricity by ... Charge Transfer Sensitizers on Nanocrystalline TiO₂ Electrodes", *J. Am. Chem. Soc.*, **115**, pp 6382-6390, 1993.
- [11] D.S. Scott and W. Hafele, "The Coming of Hydrogen Age: Preventing World Climatic Disruption", *Int. J. Hydrogen Energy*, **15**, pp 727-738, 1990.
- [12] T.N. Veziroglu and F. Barbir, "Solar-Hydrogen Energy System: The Choice of the Future", *Environmental Conservation*, **18**, pp 304-312, 1991.
- [13] G. D. Brewer, "Hydrogen Aircraft Technology", CRC Press, Boca Raton, FL, 1991.

Η ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Γ. Μπεργελές

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε. Μ. Πολυτεχνείο
Ηρώων Πολυτεχνείου 5, 157 70 Ζωγράφος-Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία παρουσιάζονται οι πρόσφατες επιστημονικές πρόοδοι του εργαστηρίου Αεροδυναμικής του Ε.Μ.Πολυτεχνείου στην Υπολογιστική Ρευστομηχανική (μεθοδολογία πεπερασμένων όγκων) με εφαρμογές σε ενεργειακές διεργασίες. Οι επιστημονικές αναφορές εστιάζονται στην ανάπτυξη μεθοδολογίας αριθμητικής επίλυσης των εξισώσεων της ρευστομηχανικής με εφαρμογή της τοπικής πύκνωσης πλέγματος, της παράλληλης επεξεργασίας υποχωρίων, της εφαρμογής τηλεσκοπικών μεθόδων πύκνωσης πλέγματος, στην ανάπτυξη μεθόδων διακριτοποίησης ανώτερης τάξης, και προηγμένων μοντέλων τύρβης.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

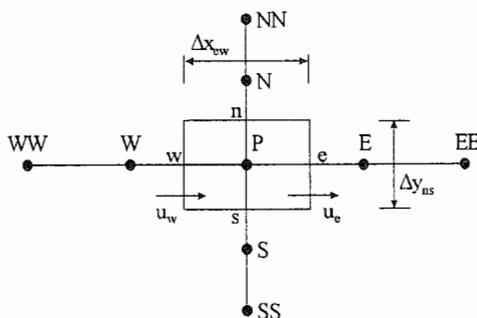
Είναι γενικώς αποδεκτό στη μηχανική των ρευστών ότι, για δεδομένες αρχικές και οριακές συνθήκες ταχυτήτων, πιέσεων και λοιπών μεταβλητών σε μια χρονική στιγμή t_0 , το πεδίο ροής σε κάθε χρονική στιγμή $t_0 < t < T$ είναι μονοσήμαντα καθορισμένο (ντετερμινιστικό) τουλάχιστον μέχρι το χρόνο T , πριν την εμφάνιση χαστικής συμπεριφοράς στο πεδίο. Μαθηματικά, αυτή η πρόταση μεταφράζεται στην υπόθεση ύπαρξης και μοναδικότητας της λύσης των εξισώσεων Navier-Stokes. Τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της υπολογιστικής ρευστομηχανικής ως αξιόπιστου επιστημονικού εργαλείου διερεύνησης πεδίων ροής, αρχίζει να διαφαίνεται η δυνατότητα μιας ντετερμινιστικής αντιμετώπισης ακόμη και τυρβωδών πεδίων ροής σε τρεις διαστάσεις μέσω της απ' ευθείας επίλυσης των εξισώσεων Navier-Stokes (Direct Numerical Simulation-DNS). Ωστόσο, για προβλήματα πρακτικού ενδιαφέροντος, η προσέγγιση αυτή δεν προβλέπεται να είναι εφικτή (από άποψη υπολογιστικών δυνατοτήτων) για αρκετά χρόνια ακόμη και έτσι υπάρχει η ανάγκη για την μοντελοποίηση της τύρβης. Τα τεχνολογικά όμως προβλήματα της ρευστομηχανικής παρουσιάζουν συνθετότητα τόσο από την φυσική άποψη

(διφασικές ροές, διεργασίες καύσης, παραγωγή ρυπαντών, εξάτμιση, ανακυκλοφορίες, μεταβατικά φαινόμενα, κ.λπ), όσο και από την άποψη της γεωμετρίας της συσκευής. Γι' αυτό και η διεθνής επιστημονική προσπάθεια εστιάζεται όχι μόνο στο μεγάλο πρόβλημα της προσομοίωσης της τύρβης, αλλά και στην ανάπτυξη γρήγορων και αξιόπιστων αλγορίθμων αριθμητικής επίλυσης των διαφορικών εξισώσεων-αλγεβρικών του πεδίου ροής, στην αξιόπιστη διακριτοποίηση του σύνθετου τοπολογικά χώρου και στην επιτάχυνση της διαδικασίας λύσης, εντός εύλογου υπολογιστικού χρόνου, ώστε να είναι δυνατή μέσω παραμετρικής μελέτης η βελτιστοποίηση της ενεργειακής διεργασίας και συσκευής.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται επιστημονικά αποτελέσματα από την δραστηριότητα της ερευνητικής μου ομάδας τα τελευταία χρόνια στην περιοχή των ενεργειακών διεργασιών με επίκληση των κατάλληλων δημοσιεύσεων για παραπέρα αναφορά.

2. ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

2.1 Τα σχήματα BSOU και VONOS αριθμητικής διακριτοποίησης των όρων συναγωγής



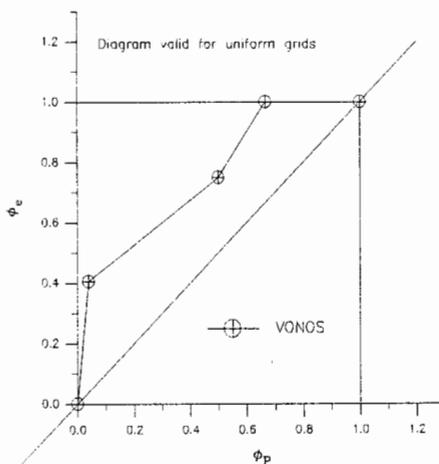
Σχήμα 1: Τομή και διαστάσεις υπολογιστικής κυψέλης στο επίπεδο x-y

Σκοπός του σχήματος διακριτοποίησης είναι να προσεγγιστούν οι τιμές των εξαρτημένων μεταβλητών σε θέσεις του πεδίου που είναι διαφορετικές από τις θέσεις αποθήκευσής τους. Στην περίπτωση της μεθόδου πεπερασμένων όγκων απαιτείται να προσεγγιστούν, δηλαδή να παρεμβληθούν με κάποιον τρόπο, οι τιμές των εξαρτημένων μεταβλητών επί των ορίων της υπολογιστικής κυψέλης, σχήμα 1, θέση (e), επειδή επί των

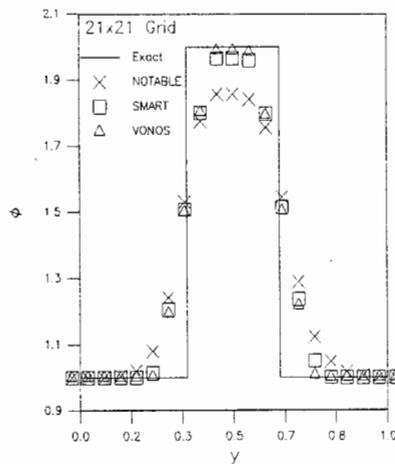
τελευταίων γίνεται η ολοκλήρωση των εξισώσεων διατήρησης.

Κριτήρια για την επιλογή του σχήματος διακριτοποίησης αποτελούν η τάξη ακριβείας του, η ευσταθής ή ασταθής συμπεριφορά του κατά τη σύγκλιση της επαναληπτικής διαδικασίας, καθώς και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων σε σχέση με τον αριθμό των πλεγματικών γραμμών που χρησιμοποιούνται. Τυπικό χαρακτηριστικό των σχημάτων

πρώτης τάξης ακρίβειας είναι η αυξημένη αριθμητική διάχυση που εισάγουν στις διακριτοποιημένες εξισώσεις. Από την άλλη πλευρά τα σχήματα ανώτερης τάξης (δευτέρα και άνω) παρουσιάζουν μη φραγμένες λύσεις και συχνά προκαλούν ταλαντώσεις στην επαναληπτική διαδικασία, οι οποίες ενδέχεται να αποτρέψουν την πλήρη σύγκλιση της μεθόδου. Γι' αυτόν το λόγο έχουν αναπτυχθεί τα φραγμένα σχήματα ανώτερης τάξης, τα οποία δίνουν αποτελέσματα αυξημένης ακρίβειας, χωρίς να εμφανίζουν τα μειονεκτήματα της ταλαντωτικής συμπεριφοράς. Προσφάτως αναπτύχθηκαν τα σχήματα BSOU [1] και VONOS [2], τα οποία εφαρμόστηκαν με επιτυχία σε διαφορετικές περιπτώσεις ροών. Στα σχήματα 2 και 3 δίνονται η έκφραση του σχήματος VONOS και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του στην περίπτωση συναγωγής βηματικού παλμού. Διαπιστώνεται η ανωτερότητα του σχήματος VONOS έναντι των άλλων σχημάτων στη προσομοίωση των ασυνεχειών (Τα σχήματα VONOS, SMART και NOTABLE είναι επίσης τρίτης τάξης ακρίβειας). Σημειώνεται ότι ισχύει $\hat{\phi}_k = \frac{\phi_k - \phi_w}{\phi_E - \phi_w}$, $k = W, w, P, e, E$.



Σχήμα 2: Το σχήμα VONOS

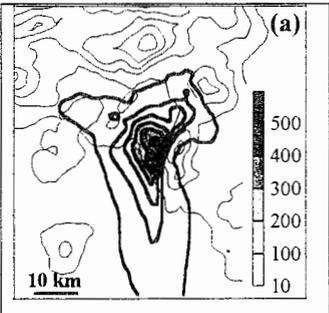
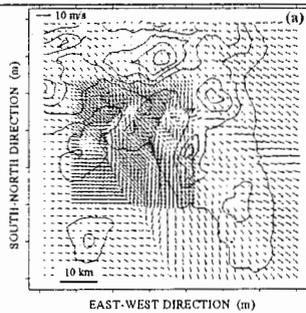


Σχήμα 3: Συναγωγή βηματικού παλμού

2.2. Μεταχείριση κεκλιμένων τοιχωμάτων - Η μέθοδος των μερικώς καλυμμένων κυψελών.

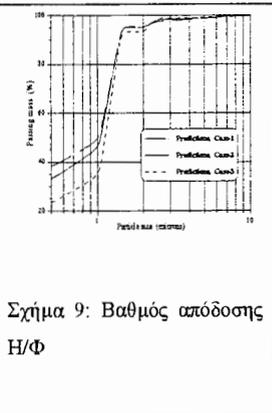
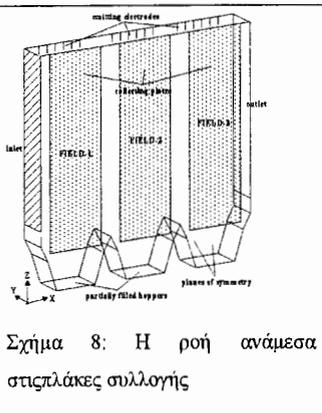
Στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογής της μεθόδου πεπερασμένων όγκων σε ενεργειακές διεργασίες, η γεωμετρία του πεδίου ροής περιλαμβάνει κεκλιμένα τοιχώματα και όρια, τα οποία δε συμπίπτουν με τις πλεγματικές γραμμές των καρτεσιανών πλεγμάτων. Ο απλούστερος τρόπος αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος είναι, το κεκλιμένο όριο του

πεδίου να περιγραφεί κλιμακωτά, αφαιρώντας από την υπολογιστική διαδικασία όσες κυψέλες έχουν κέντρο που κείται εκτός των ορίων του πεδίου. Όμως αυτή η απλή αντιμετώπιση δημιουργεί τοπικές ασυνέχειες κατά την επίλυση των εξισώσεων, οι οποίες είναι ανεπιθύμητες. Ο βέλτιστος τρόπος περιγραφής του κεκλιμένου ορίου, εφόσον χρησιμοποιούνται καρτεσιανά πλέγματα, είναι η μέθοδος των μερικώς καλυμμένων κυψελών (porosity method). Με αυτή τη μέθοδο [3], τα κεκλιμένα όρια περιγράφονται με ακρίβεια (σχήμα 4), ενώ η διακριτοποίηση των εξισώσεων παραμένει κατά βάση η ίδια με ορισμένες απλές μετατροπές που αφορούν μόνο τις οριακές κυψέλες.



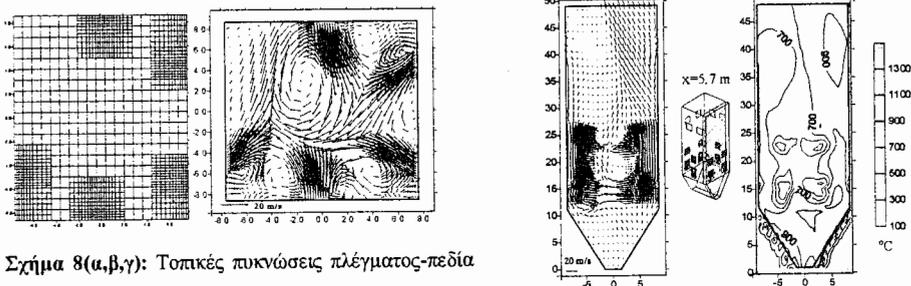
Τα σχήματα 5 και 6 παρουσιάζουν αποτελέσματα του πεδίου ταχυτήτων και συγκεντρώσεων ρυπαντών (CO) στο έδαφος στην Αττική με τη προσομοίωση των ανωμαλιών εδάφους με τη μεθοδολογία των μερικώς καλυμμένων κελιών.

Στα σχήματα 7, 8 και 9 παρουσιάζονται αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου των μερικώς καλυμμένων κυψελών σε ηλεκτροστατικό φίλτρο της ΔΕΗ.



2.3. Τοπική πύκνωση πλέγματος

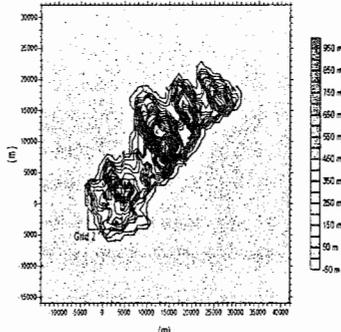
Στην περίπτωση που η προσομοιούμενη ενεργειακή διεργασία λαμβάνει χώρα σε μεγάλο εύρος κλιμάκων μήκους, η μέθοδος τοπικής πύκνωσης πλέγματος διευκολύνει τη διακριτοποίηση του υπολογιστικού χωρίου, επειδή η αύξηση της πυκνότητας των πλεγματικών γραμμών γίνεται μόνο στις περιοχές άμεσου ενδιαφέροντος. Τέτοιες είναι οι περιοχές όπου εμφανίζονται μεγάλες κλίσεις των εξαρτημένων μεταβλητών ή περιοχές, όπου λαμβάνουν χώρα φαινόμενα εξάτμισης ή καύσης. Η εφαρμογή της μεθόδου παρέχει σημαντικό κέρδος σε υπολογιστικό χρόνο και μνήμη, αφού η αποθήκευση των μεταβλητών και ο χρόνος διατίθενται μόνο για τις περιοχές που έχουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Στα σχήματα 8(α,β,γ) παρουσιάζεται εφαρμογή της μεθόδου σε εστία βιομηχανικού ατμοπαραγωγού 1000 MWth[4].



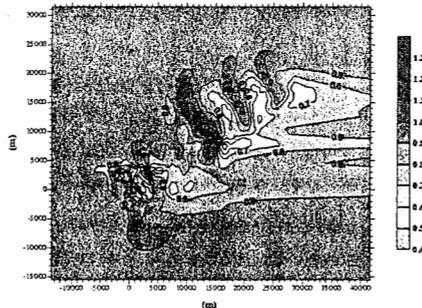
Σχήμα 8(α,β,γ): Τοπικές πυκνώσεις πλέγματος-πεδία ροής και θερμοκρασιών σε λέβητα

Η τοπική πύκνωση πλέγματος μπορεί να έχει τηλεσκοπικό χαρακτήρα, μεθοδολογία που επιτρέπει τη σύνδεση τοπικών πεδίων ροής μικροκλίμακας με πεδία ροής μακροκλίμακας. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι απαραίτητο στην χωροθέτηση αιολικών πάρκων και εκτίμηση αιολικού δυναμικού, όπως φαίνεται και στα σχήματα 9(α,β) για το αιολικό δυναμικό της Άνδρου.

Σχήμα 9α: Τοπογραφία Ανδρού με τηλεσκοπική πύκνωση στη θέση του αιολικού πάρκου



Σχήμα 9β; Το πεδίο ταχυτήτων 10 μέτρα από το έδαφος (συντελεστής επιτάχυνσης)

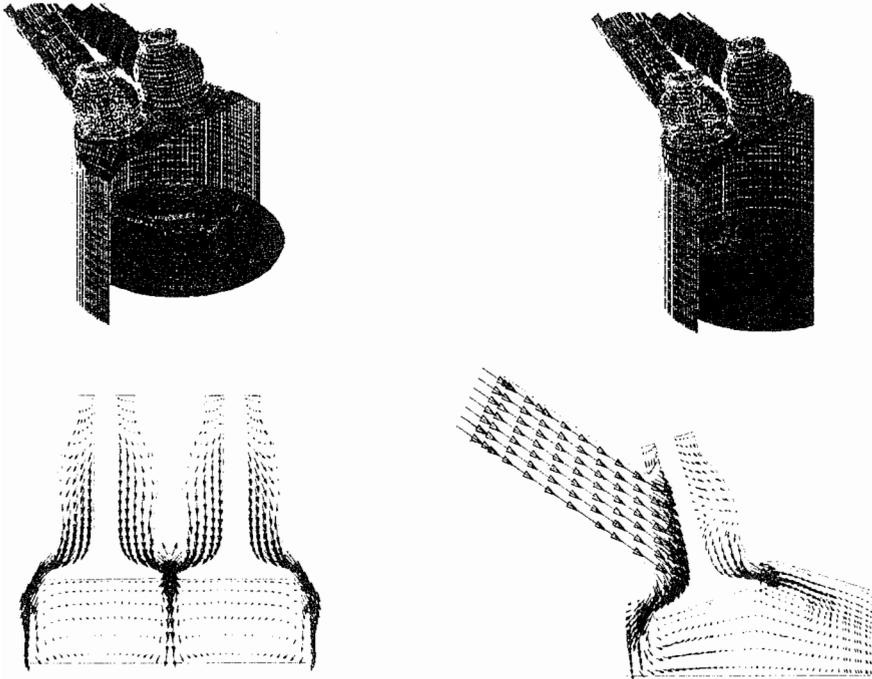


2.4.Κινούμενα πλέγματα- Πεδία ροής σε μηχανές εσωτερικής καύσης

Η όξυνση μέσα στις τρεις τελευταίες δεκαετίες της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα στις μεγαλουπόλεις των αναπτυγμένων κοινωνιών, οφειλόμενη σε μεγάλο βαθμό στις ΜΕΚ των αυτοκινήτων, καθώς και μια αυξημένη οικολογική ευαισθησία που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια στις δυτικές κοινωνίες, οδήγησε στην θέσπιση από τις κυβερνήσεις αυστηρότερων προδιαγραφών ορίων εκπομπής ρυπαντών. Αυτό οδήγησε τις κατασκευαστικές βιομηχανίες αυτοκινήτων να στρέψουν το ερευνητικό τους ενδιαφέρον στην αύξηση του βαθμού απόδοσης (άρα και στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων) αλλά και στη μείωση των εκπεμπομένων ρυπαντών των κινητήρων (έγχυση στον αυλό εισαγωγής, έγχυση απ' ευθείας στη μηχανή, δημιουργία στρωματοποίησης, επανακυκλοφορία καυσαερίων). Η βασική δυσκολία στην πρόβλεψη του πεδίου ροής σε ΜΕΚ έγκειται κυρίως στην συνθετότητα της γεωμετρίας (σύνθετη γεωμετρία και κινούμενα όρια, βαλβίδες και έμβολο) και στο χρονικά μεταβαλλόμενο πεδίο ροής σε συνδυασμό με τον ψεκασμό και καύση του καυσίμου. Το αριθμητικό πλέγμα που χρησιμοποιείται για την αριθμητική επίλυση των εξισώσεων ροής είναι γενικευμένο καμπυλόγραμμο σύστημα προσαρμοσμένο στη γεωμετρία και στα κινούμενα όρια. Έτσι οι υπολογιστικές κυψέλες ακολουθούν την κίνηση των βαλβίδων και του εμβόλου. Για την αποφυγή δημιουργίας κυψελών μεγάλου λόγου επιμήκους εισάγεται η καινοτομία της απαλοιφής ή εισαγωγής πλεγματικών επιπέδων κατά τη διαδικασία επίλυσης των εξισώσεων [5]. Το σχήμα 10 παρουσιάζει μια πειραματική γεωμετρία της εταιρίας Ford με τις 2 βαλβίδες εισαγωγής. Η εκτόξευση καυσίμου γίνεται στον αυλο εισαγωγής και οι σταγόνες καυσίμου παρακολουθούνται κατά Lagrangian τρόπο,

σχήματα 10(α,β). Τα σχήματα 10 (γ,δ) παρουσιάζουν την ανάπτυξη της ροής κατά τη φάση εισαγωγής .

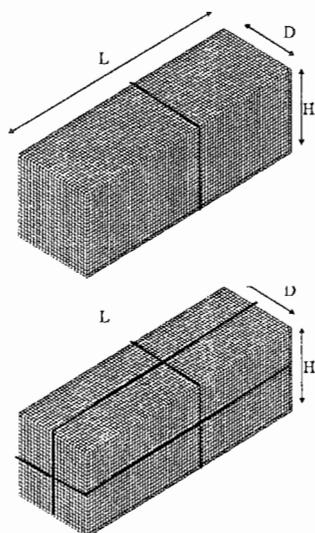
Σχήμα 10 (α,β): Εκτόξευση καυσίμου στον αυλο εισαγωγής. Τροχιές σταγόνων καυσίμου. 10(γ,δ) Το πεδίο ταχυτήτων στη φάση εισαγωγής, 45 από το ANΣ



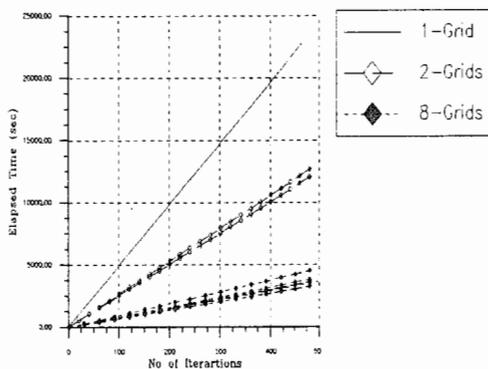
2.5 Παράλληλη επεξεργασία υποχωρίων-Λογισμικό PVM

Το λογισμικό PVM επιτρέπει την ενοποίηση διαφόρων ετερογενών υπολογιστικών συστημάτων ή επεξεργαστών σε κοινή προσπάθεια επίλυσης του πεδίου ροής χωρίς την ανάγκη αλλαγών στον ίδιο τον κώδικα. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται βασίζεται στη σχέση master-slave , όπου το πρόγραμμα master δημιουργεί και ελέγχει τα προγράμματα slaves τα οποία και αναθέτει στα διάφορα υπολογιστικά συστήματα. Το πρόγραμμα master ελέγχει τη ροή πληροφοριών από τα προγράμματα slaves και των κοινών οριακών συνθηκών στα κοινά υπολογιστικά όρια. Κάθε πρόγραμμα slave διαθέτει για εκτέλεση ένα αντίγραφο του βασικού κώδικα και επιλύει το πεδίο ροής σε κάθε υποχωρίο που έχει χωρισθεί ο υπολογιστικός χώρος. Ορίζεται ως επιτάχυνση $speedup = T_{ser}/T_{PVM}$ όπου T_{ser} είναι ο χρόνος που απαιτείται για την επίλυση του προβλήματος από τον σειριακό κώδικα με ένα επεξεργαστή και T_{PVM} είναι ο χρόνος με τη χρήση της μεθοδολογίας PVM, ενώ ως απόδοση ορίζεται η $performance = speedup/N_{proc}$ όπου N_{proc} ο αριθμός των επεξεργαστών

που χρησιμοποιούνται. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αποτελέσματα επίλυσης του πεδίου ροής σε ορθογωνική κοιλότητα, με πλέγμα 41x41x82. Ο υπολογιστικός χώρος χωρίστηκε



Quantity	Unit	Value
D	m	0.150
H	m	0.150
L	m	0.450
α	m	0.0175
Re	-	3200



Case	(Speed-up)	Perf.
1-G	-	-
2-G	1.88	0.94
8-G	5.78	0.72

σε 2 ή 8 υποχώρους. Τα σχήματα δείχνουν την επιτάχυνση που επιτυγχάνεται και έτσι είναι φανερό ότι δεν υπάρχει η ανάγκη παραλληλοποίησης του σειριακού κώδικα.

Σχήμα 11 (α,β): Διαμέριση υπολογιστικού χώρου σε υποχώρια και επιτάχυνση εκτέλεσης προγράμματος

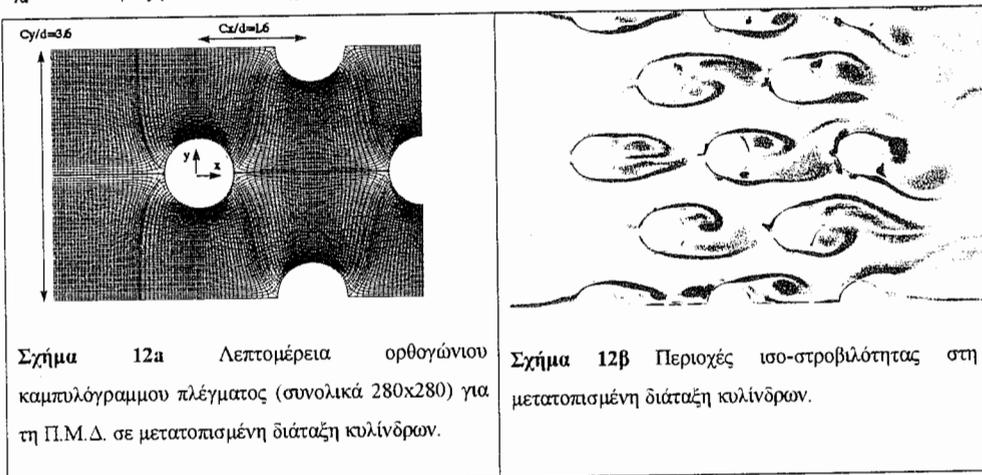
2.6 Πρότυπο τύρβης μεγάλων δινών- Διφασική Ροή σε εναλλάκτες θερμότητας

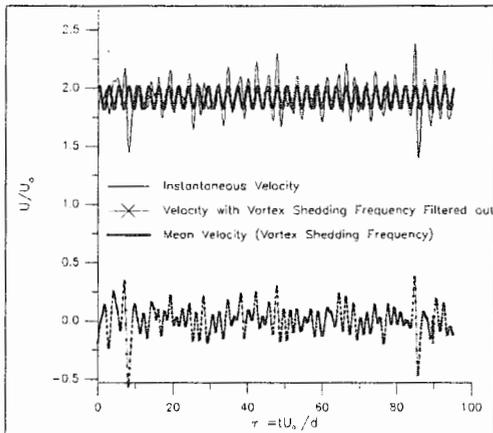
Για τα μοντέλα τυρβώδους συνεκτικότητας το βασικό μέλημα είναι να βρεθεί η έκφραση για την τυρβώδη συνεκτικότητα μ που εισάγεται από την υπόθεση Boussinesq στις εξισώσεις διατήρησης ορμής Reynolds. Στη διεθνή βιβλιογραφία έχει επικρατήσει το μοντέλο δύο εξισώσεων k-ε για την τυρβώδη κινητική ενέργεια και τον ρυθμό καταστροφής της. Το μοντέλο αυτό εμφανίζει μια ευρύτατη περιοχή αξιοπιστίας παρά τα πολλά επιστημονικά μειονεκτήματα που παρουσιάζει, ιδιαίτερα σε χρονικά μεταβαλλόμενα πεδία ροής. Τα τελευταία χρόνια, με την αύξηση της ταχύτητας των ηλεκτρονικών υπολογιστών, έγινε δυνατή η εφαρμογή της προσομοίωσης των μεγάλων δινών, η οποία επιτρέπει την προσομοίωση των μεγάλων κλιμάκων του πεδίου ροής σε κάθε χρονική στιγμή και σε κάθε

σημείο του υπολογιστικού πλέγματος, ενώ εισάγονται οι υποπλεγματικές τάσεις οι οποίες μοντελοποιούνται ακριβέστερα (μοντέλο Smagorinsky) λόγω του ισοτροπικού χαρακτήρα της τύρβης στις μικρές κλίμακες. Οι προλέξεις με το μοντέλο των μεγάλων δινών απαιτούν παραπέρα επεξεργασία της χρονοσειράς ταχύτητας, πίεσης, ώστε να υπολογιστεί η μέση τιμή του πεδίου και οι συχνότητες τύρβης με τις πιθανές ιδιοσυχνότητες εκπομπής στροβίλων.

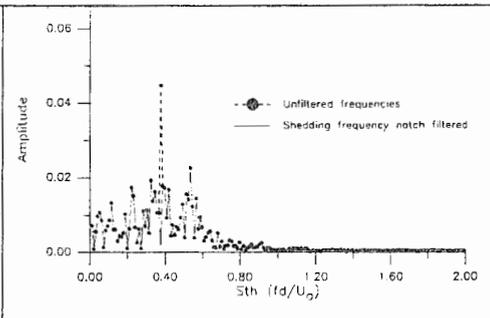
Το μοντέλο των μεγάλων δινών εφαρμόστηκε μεταξύ άλλων στην πρόλεξη της τυρβώδους ροής σε μετατοπισμένη διάταξη σωλήνων εναλλάκτη θερμότητας που χρησιμοποιείται ως υπερθερμαντήρας ατμού στους λέβητες της ΔΕΗ, [6]. Το σχήμα 12 α δείχνει τη περιοχή επίλυσης του πεδίου ροής με το καμπυλόγραμμο ορθογώνιο πλέγμα γύρω από τους αυλούς οι οποίοι περιφρέονται από αριστερά προς τα δεξιά από τα καυσάερια που μεταφέρουν και στερεά σωματίδια από τη καύση του λιγνίτη. Στο σχήμα 12 β παρουσιάζονται οι ισοστροβιλότητες του πεδίου ροής, όπου είναι εμφανής η εκπομπή στροβίλων πίσω από τους κυλίνδρους. Να σημειωθεί ότι ο χρονικός χαρακτήρας του πεδίου ροής και η εκπομπή στροβίλων δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν με το μοντέλο k-ε. Η πρόλεξη του πεδίου ταχυτήτων και η ανάλυση της χρονοσειράς κατά Fourier οδηγεί στην εύρεση της συχνότητας εκπομπής των στροβίλων κατάντι και τον υπολογισμό του αντίστοιχου αριθμού Strouhal, σχήματα 11 γ και 11 δ.

Τέλος το σχήμα 11ε παρουσιάζει την επικάθηση των σωματιδίων πάνω στους αυλούς και την εξ' αυτής μείωση της μεταφοράς θερμότητας στους σωλήνες του εναλλάκτη, σχήμα 11ζ. Οι επικαθήσεις στους αυλούς εναλλάκτη ΔΕΗ φαίνεται ότι φθάνουν σε ένα αμετάβλητο χρονικά ύψος μέσα σε 12 ημέρες.

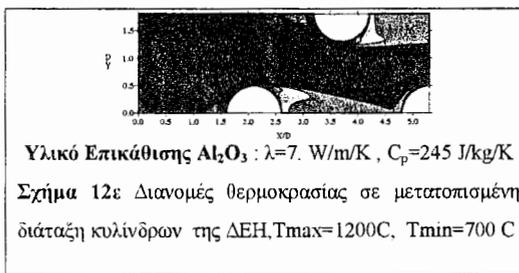




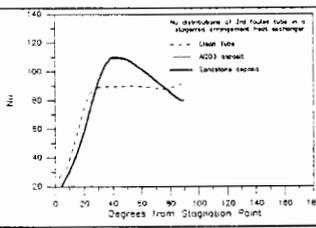
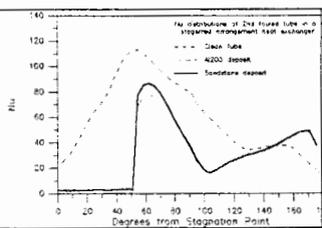
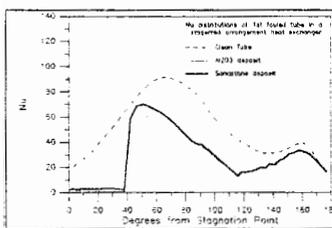
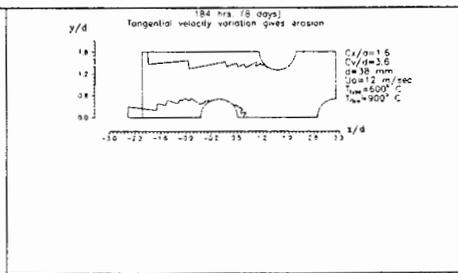
Σχήμα 12γ Χρονοσειρά στο $x/d=1.6$, $y/d=0.6$ της στιγμιαίας και περιοδικής ταχύτητας καθώς και της τυρβώδους διαταραχής της ταχύτητας στη κατεύθυνση της κύριας ροής



Σχήμα 12δ Αδιαστατοποιημένο φάσμα συχνοτήτων της στιγμιαίας ταχύτητας στη κατεύθυνση της κύριας ροής (στο $x/d=1.6$, $y/d=0.6$).



Υλικό Επικάθισης Al_2O_3 : $\lambda=7. W/m/K$, $C_p=245 J/kg/K$
 Σχήμα 12ε Διανομές θερμοκρασίας σε μετατοπισμένη διάταξη κυλίνδρων της ΔΕΗ, $T_{max}=1200C$, $T_{min}=700 C$



Σχήμα 12ζ Διανομή αριθμού Nusselt στην επιφάνεια των τριών κυλίνδρων της μετατοπισμένης διάταξης με καθαρούς κυλίνδρους και κυλίνδρους με σχηματισμένη επικάθιση.

3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Η υπολογιστική ρευστομηχανική ως επιστημονικός κλάδος διερεύνησης πεδίων ροής παρουσιάζει στα τελευταία χρόνια ενδείξεις επιστημονικής ωρίμανσης, τουλάχιστον από τη σκοπιά της μεθοδολογίας αριθμητικής επίλυσης των εξισώσεων Navier-Stokes (μέθοδοι

διακριτοποίησης, ταχύτεροι επίλυτες, τοπικά πλέγματα, αποσύνδεση χωρίων, παράλληλη επεξεργασία, κινούμενα πλέγματα) και απέδειξε ότι αποτελεί αξιόπιστο εργαλείο σχεδίασης. Τρία είναι τα σοβαρά προβλήματα που αναμένουν επίλυση τα επόμενα χρόνια. Το πρώτο αφορά τη προσομοίωση της τύρβης, που παρά την ουσιαστική πρόοδο που επιτεύχθηκε με το μοντέλο των μεγάλων δινών, η επίλυση θα προέλθει με DNS μεθοδολογία της οποίας η εφαρμογή σε τεχνολογικά προβλήματα είναι μακρυνά για πολλές δεκαετίες. Το δεύτερο πρόβλημα δεν είναι επιστημονικό, αλλά κυρίως τεχνολογικό και είναι αυτό της δημιουργίας αριθμητικού πλέγματος, δομημένου ή μη, σε σύνθετες γεωμετρίες. Η αυτοματοποίηση δημιουργίας τέτοιων πλεγμάτων αποτελεί τεχνολογική πρόκληση. Το τρίτο αφορά την ταχύτητα εκτέλεσης αριθμητικών πράξεων, που παρά την εκπληκτική αύξηση της υπολογιστικής ταχύτητας των επεξεργαστών, εξακολουθεί να είναι μικρή για την κάλυψη των αναγκών της υπολογιστικής ρευστομηχανικής. Πάντως είναι πλέον ή φανερό ότι η εισαγωγή της υπολογιστικής ρευστομηχανικής στη διαδικασία σχεδίασης (π.χ μηχανών εσωτερικής καύσης, λεβήτων, κ.λπ) μείωσε το χρόνο μεταξύ πρωτοτύπου και παραγωγής στο 10% περίπου από ότι πριν από 10 χρόνια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Papadakis, G. and Bergeles, G., "A Locally Modified Second Order Upwind Scheme for Convection Terms Discretization", *International Journal for Numerical Methods for Heat and Fluid Flows*, vol.5, pp.49-62, 1995
2. Varonos, A. and Bergeles, G., "Development and Assessment of a Variable-Order Non-Oscillatory Scheme for Convection Term Discretization", *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, vol.26, pp.1-16, (1998)
3. Giabanis, A., Anagnostopoulos, J. and Bergeles, G., "Numerical Simulation of Pollutant Dispersion and Photochemical Kinetics over Complex Terrain", *Applied Mathematical Modelling*, vol.22, pp.313-329, (1998).
4. A. Varonos, G. Bergeles, Performance predictions in a 450 MWth utility boiler with Nox emissions reduction configuration, *Proceedings 4th International conference on Technologies and combustion for clean environment*, vol I, 7-10 July 1997, Lisbon
5. A. Theodorakakos, G. Bergeles, Numerical Investigation of the flow inside a 4-X IC model diesel engine, *ENTROPIE*, no 200, pp 53-63, 1996
6. D. Bouris, G. Bergeles, Two dimensional time dependent simulation of the subcritical flow in a staggered tube bundle using a subgrid scale model, *International JHFF*, Vol. 20, pp 105-114, 1999

ENERGETIC OPTIMIZATION AND PRODUCT QUALITY ENHANCEMENT IN SOLIDS PROCESSING: A DILEMMA?

E. Tsotsas

*Thermal Process Engineering, Otto-von-Guericke-University,
Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg,
e-mail: evangelos.tsotsas@vst.uni-magdeburg.de*

ABSTRACT

In solids processing, energetic optimization and product quality enhancement may be indifferent, synergetic or antagonistic to each other. This is illustrated by three examples concerning drying, a major industrial energy consumer. Specifically, the recovery of heat from convective dryer exhaust gases, the dynamic modelling and automatic control of fluidized bed dryers, and the combination of grinding and drying in one apparatus are discussed. In cases of potential antagonism product quality is an unconditional must.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις διεργασίες στερεών υλικών η σχέση μεταξύ ενεργειακής βελτιστοποίησης και ποιότητας του προϊόντος μπορεί να είναι αδιαφορη, συνεργειακή ή ανταγωνιστική. Αυτό εξηγείται με τρία παραδείγματα, τα οποία αφορούν την ξηρανση, έναν από τους μεγαλύτερους βιομηχανικούς καταναλωτές ενέργειας. Ειδικότερα, η αναποκτηση θερμότητας από τα απαιρία ξηραντηρών συναγωγής, η δυναμική προσομοίωση και ο αυτοματός έλεγχος ξηραντηρών στροβιλιζόμενης στιβαδας και ο συνδυασμός αλεσης και ξηρανσης σε μια συσκευή είναι αντικείμενα της συζήτησης. Σε περιπτώσεις πιθανού ανταγωνισμού, η ποιότητα του προϊόντος είναι το πρωταρχικό κριτήριο.

1. INTRODUCTION

Solids appear as raw materials, intermediates or final products in abundant diversity ranging from catalyst pellets to polymer granules and microelectronic wafers, from foods to antibiotics and detergents, from coal to dyestuffs and textiles. They address fundamental needs of an expanding humanity like nutrition, transportation, communication, housing and health.

participate by far more than 50 % in the industrially created total value and are essential for key sectors like chemical and pharmaceutical. Quality is specific, i.e. as diverse as the products, applications and customers. Instant coffee should desolve as fast as possible when put into hot water, drugs should be released at a constant rate over a prescribed period of time in order to unfold their full therapeutic impact, chocolate does not taste if the cocoa particles in it are larger than about 20 μm , powders should flow easily and may not lead to explosion hazards by dust emission, ceramics should have no cracks, vitamins may not be depleted from foods, adsorbents in diapers should bond and keep under pressure a large amount of moisture for babies to feel dry and happy. In a competitive, globalized economy, product quality is an unconditional must.

Energy is a cost component whose relative importance depends on the level of consumption and on its price. In contradiction to what most people expected and many experts propagated twenty-five years ago the latter developed in a rather favourable way; (16.0 \$ for a barrel crude oil in 1974, 33.7 \$ in 1984, 16.4 \$ in 1994, long periods with even < 10 \$/barrel). However, fossil fuel resources are finite, and reduction schedules have been appointed internationally for CO₂-emission in order to protect global climate. Several governments are about to penalize fossil fuels by environmental taxes, some politicians even think that expensive energy might enhance employment. In this context, the price of energy will remain a crucial issue. Concerning the level of consumption, drying is the most intensive among the many reactive, thermal or mechanical processes which establish quality by changing the composition, chemical or physical structure of the material in solids processing. It makes out 9-25 % of the total industrial energy consumption in developed countries [1], e.g. about 18 % in the United Kingdom in 1994 [2], and is from this point of view comparable to distillation – the biggest energy consumer in manufacturing of liquid products.

In general, the interrelation between energetic optimization and quality can be indifferent, synergetic or antagonistic. Since this field is huge, the following discussion will be focused on drying and provide just one example for each of the mentioned cases, based on actual work from the author's laboratory. The examples on indifferent and antagonistic interrelation will concentrate on setups for fundamental experimental analysis, but will – in regard of the present state of work – not present results. In contrary, the whole pathway of theoretical development, modelling and validation will be outlined for the synergetic case.

2. THE INDIFFERENT CASE: HEAT RECOVERY FROM CONVECTIVE DRYER EXHAUST GAS

Utilization of a part of exhaust gas exergy by heat exchangers is an operation purely additive to convective drying. In this case energetic optimization and product quality do not interfere, they are indifferent to each other. As with any investment, capital expenses should reasonably pay off in terms of operating costs savings. From the technical point of view the difficulty of the medium, due to the fact that dryer exhaust gas is loaded with both vapour and dust, is the main challenge. Specifically, the deposition of solids from the gas stream on cold heat exchanger surfaces should be avoided as far as possible. This presupposes a good knowledge and understanding of fouling mechanisms and kinetics under relevant process conditions. Since theoretical methods with the necessary level of sophistication and accuracy are not available, it has been decided to install a respective experimental set-up at the University of Magdeburg, Germany.

The rig, Fig. 1, consists of two main parts: A convective dryer exhaust gas simulator and the measuring section. The simulator works with ambient air which is dehumidified by condensation and adsorption to a dewpoint of -40°C . This air is loaded in a gravimetric way with completely evaporating droplets by means of a balance, an adjustable pump and a high-frequency atomizer. A second unit of this kind is optional for loading with two components which are not miscible in the liquid state. Addition of the desired amount of solids is accomplished by a device consisting of a small bin, a conveying belt, a rotating brush and a nozzle. Both the blower and the heater are controlled. Gas volume rate is measured by a propeller instrument, various sensors (IR, capacitive, mirror) are available for monitoring humidity. In the total, the parameters of the gas stream can be set in the ranges

- temperature (before measuring section): 40°C to 80°C ,
- velocity (in measuring cell): 2 m/s to 10 m/s,
- vapour load: up to 70 g/kg dry air,
- solids load: up to 1.4 g/kg dry air,

which represent well real conditions at the exhaust of convective dryers. The solids may be varied in composition, particle size and density.

The measuring cell is as versatile as possible in respect of applicable inserts. However, the heat exchanger surface will typically be modelled by the cylindrical probe of Fig. 2, placed vertically to the flow and cooled by water in a closed loop. This loop has, on the one hand, the duty of keeping the probe surface temperature constant in time by appropriate automatic

control. On the other hand, it provides the temporarily variable temperature change of water in the probe. From this temperature change, the heat flux from the gas is obtained, which decreases in inverse proportionality to the increasing fouling resistance and is a measure of it. Spatial uniformity of probe surface temperature is promoted, first, by the two-passes, countercurrent flow depicted in Fig. 2, which approximates ideal backmixing of the fluid, and, second, by the use of copper in all parts of the probe with the optional exception of the surface tube. The latter is exchangeable, enabling the investigation of the influence of different materials and surface properties on fouling. A total of 16 thermocouples at eight tangential and two axial positions check the surface temperature. Off-line measurement of deposit thickness profiles can be conducted by means of a laser device after the run.

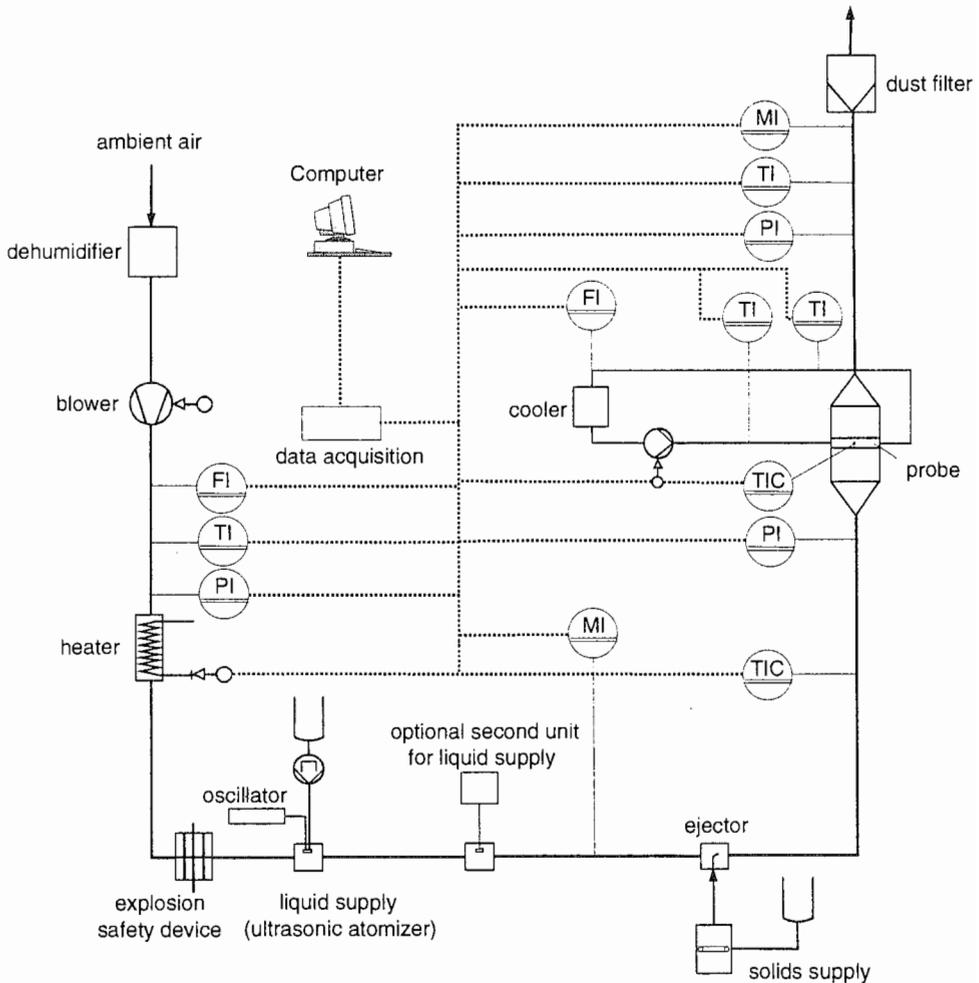


Figure 1. Experimental setup for the investigation of fouling from a wet, dust-laden gas.

Start-up of the outlined experimental facility is planned in the second quarter of 1999. In regard of theory, one possible approach would be to derive fouling kinetics from the product of the probability of collision of a particle with the surface and the probability of its capture. While the first can be calculated by means of computational fluid dynamics, vapour condensation is expected to influence the second. Deposition may be enhanced by formation of liquid bridges from thin condensate films and small drops or inhibited by washing the particles away, at small resp. large condensation rates, so that an operating optimum may exist. The interrelation between condensation and fouling will be an important aspect of the theoretical part of the project.

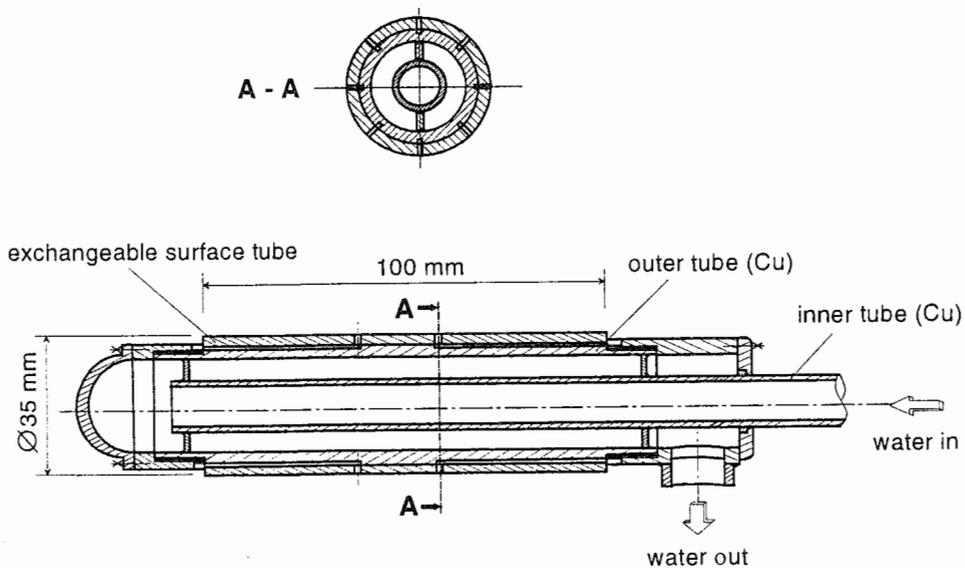


Figure 2. Probe (heat exchanger element) for the measuring section of Figure 1.

Notice that not every method of heat recovery has to be indifferent to product quality. As an example, the use of superheated steam instead of hot inert gas as the drying agent may facilitate closed-loop operation and energetic optimization, but can, otherwise, damage temperature or stress sensitive products.

3. THE SYNERGETIC CASE: DYNAMIC MODELLING AND AUTOMATIC CONTROL OF FLUIDIZED BED DRYERS

In automatic dryer control energetic efficiency is always closely coupled to the objective function, while a set of restrictions correlates with product quality. Consequently, both aspects are served at the same time. On the other hand, comprehensive modelling provides not only a sound basis for control, but also the means necessary for defining and realizing favourable process paths, i.e. for a design optimal in terms of quality. Quality indices which are not accessible by conventional steady state modelling may be revealed by consideration of intrinsic process dynamics. Hence, in the case of dynamic modelling and automatic control efficiency of energy use and product quality are synergetic in terms of goals as well as tools. Subsequently, fluidized bed drying will be taken as an example, assuming the solids to be monodispersed and perfectly mixed in the sense of a CSTR. Towards model-based automatic control the following steps are necessary:

- Characterization of solids, especially determination of sorptive equilibrium and drying kinetics. Drying kinetics must be differential, i.e. for the single particle [3]. Normalization after van Meel [4] or, for highly hygroscopic material, after Burgschweiger et al. [5] is often successful in isolating particle-side transport resistances into one distinct function. Methods addressing the porous structure of particles in a more direct and fundamental way (e.g. [6]) may also be used.

- Batch modelling. Discontinuous fluid bed drying is, in comparison to the continuous case, easier to describe, because particles need not be distinguished from each other as long as the assumption of perfect mixing of solids holds. Furthermore, the Lewis analogy may be used for eliminating heat transfer by introduction of the wet bulb temperature. Then, the duty of modelling is to encounter distribution and motion of gas and solids as well as gas-side mass transfer. While the well known distinction between a bubble and a suspension (dense) phase is quite reasonable, and reliable information on bypass (bubble) flow ratio is available, uncertainties about particle-to-gas mass transfer (the low-Sherwood-number problem described in [7], among others) have been the major handicap of this approach. The recent resolution of this problem [8, 9] by simple but implicit consideration of gas backmixing created that kind of predictability which is essential for upgrades on the way to automatic control. Some examples of model performance are depicted in Fig. 3. Notice that the data originate from the measurement of exhaust gas humidity by means of infrared-spectroscopy. Solids (γ -Al₂O₃) are highly hygroscopic.

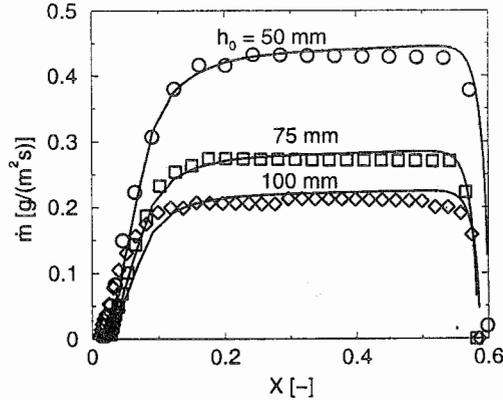


Figure 3. Measured and calculated fluid bed batch drying curves (\dot{m} : drying rate, X : dry based solids moisture content) of γ - Al_2O_3 particles with a diameter of 1.8 mm for different static bed heights, h_0 ; gas mass flow rate: 146 kg/h, and gas inlet temperature: 80 °C. Drying took place in a well mixed laboratory scale fluid bed dryer with an inner diameter of 0.15 m. Single particle drying kinetics after Burgschweiger et al. [5] (from drying tunnel) has been used for the calculation.

- Continuous modelling, static and dynamic. The model for batch operation is upgraded by: a) population dynamics; b) explicit energy balance for particles; c) energy and/or mass balances for dryer and dryer periphery; d) relationship for solids flow leaving the bed. Population dynamics are implemented in a straightforward, one-dimensional way, by defining classes of particles in terms of residence time and tracing their evolution [10]. The exponential residence time distribution of a CSTR is used, after experimental verification. The explicit particle energy balance turns particle temperature to an accessible variable. Since many degradation processes and particle properties depend more or less immediately on the history of thermal exposition, this feature is important in terms of product quality. The thermal capacity of the bed can be accounted for in dynamic operation, and restrictions to particle temperature can be set in automatic control. Additional energy and/or mass balances refer to the dryer wall (including inertia as well as heat transfer kinetics from the bed and to the environment), to the air-heater, piping and the rotating cell valves for the solids. This is completed by an empirical description of the impact of the tube downcomer for removing the particles from the bed on the relation between expansion and holdup.

An example of model performance under static conditions is shown in Fig. 4. There, gas outlet temperature, $T_{g,out}$, and average outlet solids moisture content, \bar{X}_{out} , are correlated

with heater capacity, \dot{Q} , demonstrating the direct link between process parameters and energy consumption that the model creates. Notice that \bar{X}_{out} has been measured online by absorption of microwaves. In Fig. 5 the calculated moisture content distribution corresponding to $\bar{X}_{out} = 0.132$ ($\dot{Q} = 2000 \text{ W}$) is plotted. In almost every practical case residual moisture content is a major index of product quality, which depends not only on the mean value but also on the distribution; (for the sake of an example: individual kernels exceeding the threshold moisture value for biological activity will rot during storage, even when embedded in a packing of cereals which lies, as a whole, on the safe side). It is possible to transform the batch model into a model for continuous operation in a very simple way by neglecting population dynamics, however, complete loss of the information contained in Fig. 5 would be the price. Furthermore, even the average of Fig. 4 would be shifted, not dramatically, but with a significant deviation from the measured data. This is due to the general rule that the average of a nonlinear function is not identical to the functional value for the average of the independent variable.

An example of dynamic modelling, the response of \bar{X}_{out} to step changes of solids feed rate, is given in Fig. 6. Automatically controlled operation is presently checked, see [11] for preliminary results.

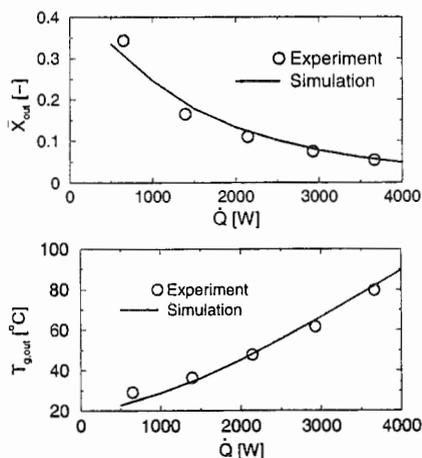


Figure 4. Impact of heater power, \dot{Q} , on steady state outlet values of mean particle moisture content, \bar{X}_{out} , and gas temperature, $T_{g, out}$, during continuous drying of $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ particles in a well mixed fluidized bed dryer; (particle diameter: $d_p = 1.8 \text{ mm}$, mass flow rate of dry solids: $\dot{M}_p = 4.36 \text{ kg/h}$, inlet solids moisture content: $X_{in} = 0.60 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg dry solids}$, mass flow rate of dry gas: $\dot{M}_g = 140 \text{ kg/h}$, bed inner diameter: $d_{bed} = 0,15 \text{ m}$).

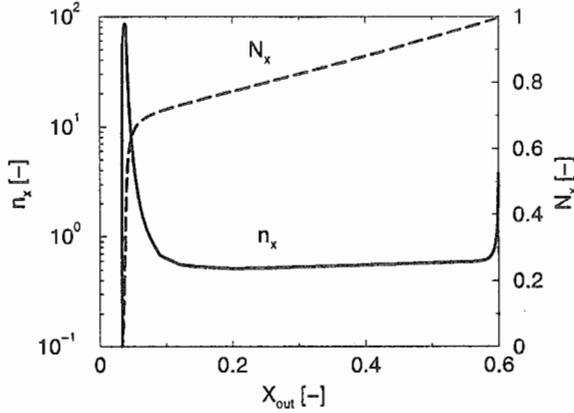


Figure 5. Density (n_x) and cumulative (N_x) distribution of outlet solids moisture content (X_{out}) calculated for a selected operation point from Fig. 4 ($\dot{Q} = 2000$ W). Density distribution is very broad and asymmetric in respect to the average of $\bar{X}_{out} = 0.132$. This typical CSTR behaviour is unfavourable in terms of product quality. It can be avoided by cascading or use of elongated, "plug-flow" dryers.

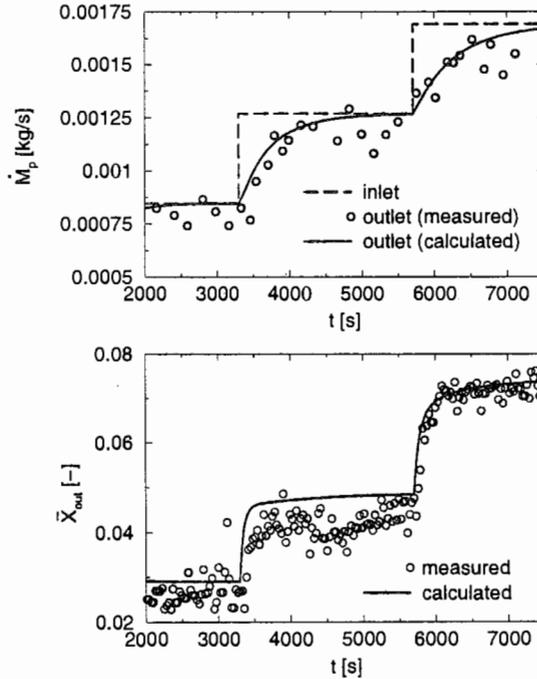


Figure 6. Measured and calculated responses of outlet particle mass flow rate and mean particle moisture content to step changes of solids feed rate during continuous drying of $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ particles in a well mixed fluidized bed dryer; ($\dot{M}_g = 125$ kg/h, $\dot{Q} = 4500$ W, $X_{in} = 0.61$, see also Figs 4 and 5).

4. THE ANTAGONISTIC CASE: COMBINED GRINDING AND DRYING

Combined grinding and drying will be discussed as an example of potential antagonism between minimization of energy consumption and maximization of product quality. The combination of both processes in one apparatus is energetically favourable, because mechanical size reduction is exothermic while thermal dewatering endothermic, i.e. the heat released during grinding can be used in-situ for the evaporation of moisture. Furthermore, space and capital requirements may be lower than in the consecutive configuration. The challenge is to fulfil an, at least, twofold specification, i.e. to attain simultaneously the prescribed particle size and the desired residual moisture content of the solids. Oversize or overdrying, an excessive production of fines, or wet, out-of-spec particles can all the same be detrimental for product quality. For the latter, careful fine-tuning of the process, in fact a kinetic synchronization of the constituent unit operations, is indispensable. The resulting parametric domain must be large enough for safe and stable operation. And, overall economic performance under such conditions must still be beneficial.

In this frame, large scale application of combined grinding and drying has been restricted to coal combustion and cement plants [12], i.e. to products with rather moderate quality requirements. Fine-tuning has evolved from intensive, long-lasting empiricism. A more profound approach is necessary in order to draw profit from the potential of the process for energy savings in other, qualitatively more demanding applications of, e.g., the chemical or pharmaceutical industry. Though such an approach has to be founded on experiment, its goal is fundamental understanding of the process, and not the development of a novel processing machine. Accessibility and variability of all significant parameters are major criteria, practical efficiency and market potential are not.

Along these lines, the apparatus of Fig. 7, which will be outlined in the following, has been designed in Magdeburg. The bed of solids is placed in an annular container (outer diameter: 300 mm) with a static top and a rotating bottom part. Grinding is provided by a roller pressed by hydraulic pistons against the upper surface of the bed. This roller is free to rotate around its own axis, but fixed to the containers top. An adjustable piston force (0 to 10 kN) and the possibility of intermittent operation – the roller is pressed to the bed for one or several revolutions of the annulus and raised completely, i.e. inactivated, for a certain number of subsequent revolutions – enable the variation of grinding intensity within a very broad range. Drying can not, at least not macroscopically, be intermittent, but is variable by the choice of different inlet air temperatures and volume rates. Additionally, two different modi of

operation are possible; overflow and flow through the bed. The latter is realized by means of a hollow, perforated arm which can simultaneously agitate the bed and distribute air in it. This element is also fixed to the static container top, antidiagonally to the roller. The ability to mix the constituent unit operations to almost any proportion from the limiting case of pure grinding to that of drying without size reduction is an essential feature of the device according to Fig. 7. A similar treatment, i.e. reconstruction by adequate combination of limiting cases, can be equally rewarding in theory; (for an outline of the fundamentals of pure grinding or drying see, e.g. [13]). Notice that the apparatus is designed for batch operation, and that drying curves can be obtained by analysis of the exhaust air. To this purpose the comfortable and very accurate technique of infrared spectroscopy is used again. Mechanical energy input is calculated by measuring the torque and number of revolutions of the shaft connected with the bottom part of the container. Particle size analysis by sieves, laser diffraction or sedimentation is possible only at the end of an experiment. Thus, the same run has to be repeated with different residence times in order to study the development of particle size distributions. The construction of the experimental device is scheduled for the fourth quarter of 1999, results will be presented at due time.

Several efforts for energetic optimization by coupling of an exothermic with an endothermic process are known, e.g. in reaction engineering [14]. As pointed out, process combinations in solids processing have to address the issue of product quality and will be judged upon their success in relaxing the potential antagonism with energy savings.

5. CONCLUSIONS

In industrial solids processing, especially in the energetically intensive operation of drying, the interrelation between energy savings and product quality can be indifferent, synergetic or antagonistic. It has been illustrated by means of two examples, how experimental and/or theoretical tools of engineering science can be used in order to achieve an overall optimization in the indifferent or synergetic case. With a further example, potential antagonism has been outlined. Optimization is still possible, though not straightforward. No reduction of energy consumption which is accompanied by a significant reduction of product quality will pay off.

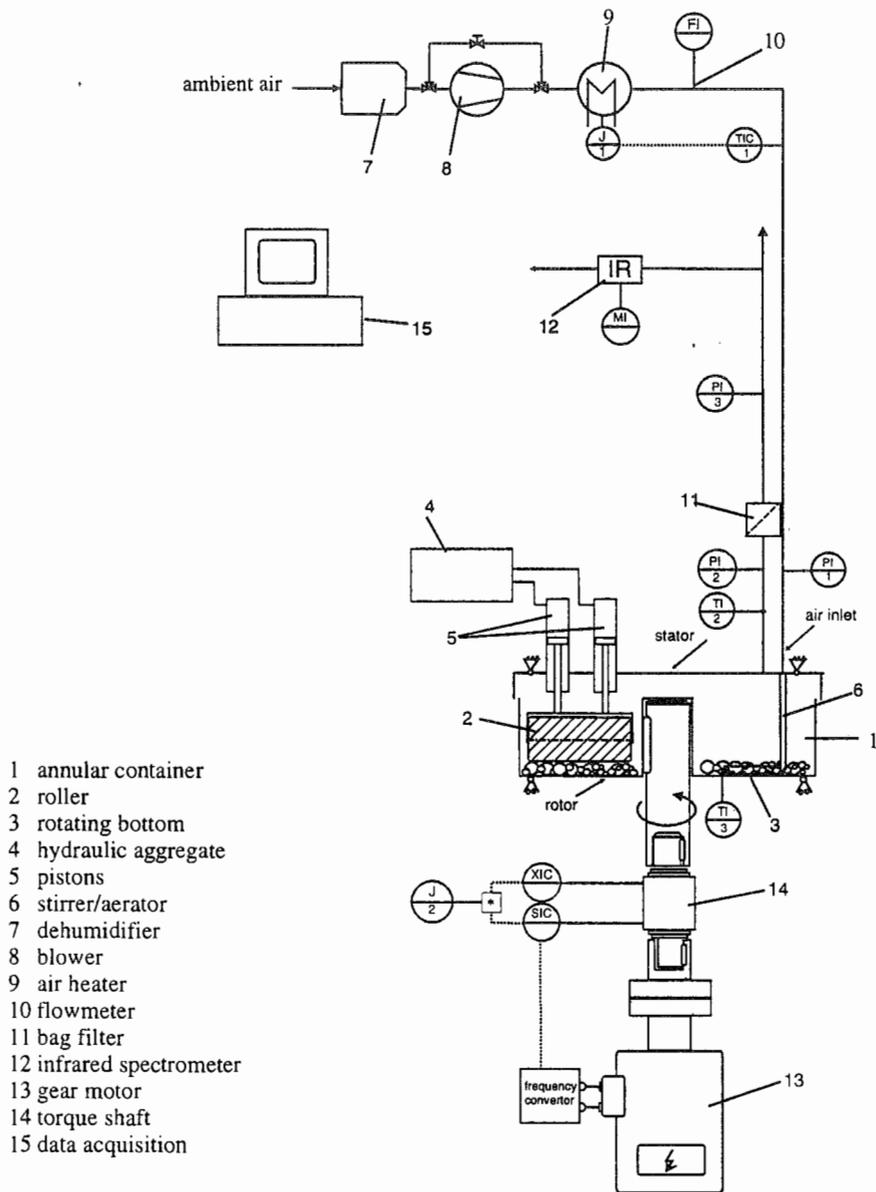


Figure 7. Experimental setup for the investigation of combined grinding and drying.

Acknowledgements: Parts of the reported work have been supported financially by the Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), the Volkswagen Stiftung, and the European Union.

LITERATURE

- [1] A. S. Mujumdar, International drying symposium series (IDS): A personal perspective, *11th Intern. Drying Symp.*, Halkidiki, Greece (1998).
- [2] J. E. Gilmour, T. N. Oliver and S. Jay, Energy use for drying processes: The potential benefits of airless drying, *11th Intern. Drying Symp.*, Halkidiki, Greece (1998).
- [3] E. Tsotsas, From single particle to fluid bed drying kinetics. *Drying Technol.* **12**, 1401-1426 (1994).
- [4] D. A. van Meel, Adiabate convection batch drying with recirculation of air. *Chem. Eng. Sci.* **9**, 36-44 (1958).
- [5] J. Burgschweiger, H. Groenewold, C. Hirschmann and E. Tsotsas, From hygroscopic single particle to batch fluidized bed drying kinetics. *Can. J. Chem. Eng.*, in press.
- [6] S. Whitaker, Simultaneous heat, mass and momentum transfer in porous media: A theory of drying. *Advances in Heat & Mass Transfer* **13**, 110-203 (1977).
- [7] D. Kunii and O. Levenspiel, *Fluidization Engineering*, 2nd ed., Butterworth, Boston (1991).
- [8] H. Groenewold and E. Tsotsas, A new model for fluid bed drying. *Drying Technol.* **15**, 1687-1698 (1997)
- [9] H. Groenewold and E. Tsotsas, Predicting Sherwood numbers in fluidized beds. *Drying Technol.*, in press.
- [10] J. Burgschweiger and E. Tsotsas, A population balance model for fluidized bed drying, *11th Intern. Drying Symp.*, Halkidiki, Greece (1998).
- [11] J. Burgschweiger, Y. Wu, E. Tsotsas, C. Döschner, A process model for fluidized bed drying and its application for design and control, *2nd European Congress of Chemical Engineering*, Montpellier, France (1999).
- [12] U. Schüler, Stand der Mahltechnik in Kraftwerken. *VGB Kraftwerkstechnik* **70**, 577-595 (1990)
- [13] *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 5th ed., Vol. B2, chapters 4 and 5, VCH-Verlag, Weinheim (1988).
- [14] O. Schramm and A. Seidel-Morgenstern, Comparing dense and porous membranes for the application in membrane reactors. *Chem. Eng. Sci.*, 1999, in press.

ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ: ΙΣΤΟΡΙΑ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΜΙΑΣ ΗΠΙΑΣ ΜΟΡΦΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μιχάλης Φυντίκας

Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 540 06 Θεσσαλονίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία πραγματεύεται την ιστορία, τις εφαρμογές και τις προοπτικές στην Ελλάδα και διεθνώς μιας ήπιας και σχεδόν ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Η γεωθερμία είναι αποτέλεσμα της εσωτερικής θερμότητας της γης και συχνά εμφανίζεται στην επιφάνειά της με διάφορες μορφές. Με την μορφή των θερμών πηγών η γεωθερμία ήταν γνωστή από τη αρχαιότητα και χρησιμοποιούνταν για ιαματικούς σκοπούς. Οι χρήσεις της γεωθερμίας διακρίνονται σε ηλεκτρικές και άμεσες, οι οποίες καλύπτουν ευρύ φάσμα εφαρμογών. Η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των μονάδων γεωθερμίας αναμένεται το 2000 να ξεπεράσει τα 9000 MWe. Οι άμεσες χρήσεις περιλαμβάνουν θέρμανση και κλιματισμό χώρων, ξήρανση αγροτικών προϊόντων, βιομηχανικές διεργασίες, υδατοκαλλιέργειες, λιώσιμο πάγων, απόληψη συστατικών και λουτροθεραπεία. Στην Ελλάδα, η οποία είναι μια από τις πλουσιότερες χώρες της Ευρώπης σε γεωθερμία, με πολλά και σημαντικά πεδία και έτοιμες γεωτρήσεις παραγωγής, δεν λειτοθργεί αυτή τη στιγμή καμία μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, ενώ η εγκατεστημένη ισχύς των άμεσων χρήσεων (κυρίως θέρμανση θερμοκηπίων, χωρίς τη λουτροθεραπεία) ανέρχεται μόλις σε 23 MWt .

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η *Γεωθερμική Ενέργεια* είναι μια φυσική και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που πηγάζει από τη θερμότητα της γης. Η θερμότητα αυτή οφείλεται στην αστρική προέλευση της γης με τη συνδρομή της ραδιενεργού μεταστοιχείωσης μερικών υλικών της. Ο πυρήνας της υπολογίζεται ότι έχει 4000°C περίπου και ο μανδύας 1200-1500°C. Από το ανώτερο τμήμα του μανδύα προέρχεται το λιωμένο πέτρωμα (μάγμα) που φθάνει μερικές φορές στην επιφάνεια της γης, δημιουργώντας τις εντυπωσιακές ηφαιστειακές εκρήξεις. Το υλικό που φθάνει στην επιφάνεια (μίγμα λειωμένων υλικών του μανδύα και της υπερκείμενης λιθόσφαιρας, αερίων και μερικών στερεοποιημένων πετρωμάτων) έχει θερμοκρασίες μεταξύ

600 και 1100°C (ανάλογα με τη χημική σύσταση). Έτσι μεταφέρονται μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας, που σπάνια διαχέονται στην ατμόσφαιρα και την επιφάνεια με την έκρηξη. Συνήθως εγκλωβίζονται σε μικρό βάθος και κινητοποιούν μεγάλες ποσότητες υπεδαφικών ρευστών που θερμαίνονται ως τους 400 και πλέον °C.

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις είναι το εντυπωσιακότερο φυσικό φαινόμενο της γήινης θερμότητας και οι σεισμοί το καταστρεπτικότερο. Αυτοί αποδεικνύουν ότι ο πλανήτης μας είναι ακόμα ζωντανός, οι λιθοσφαιρικές του πλάκες κινούνται η μία σε σχέση με την άλλη και αιτία της κίνησής τους είναι τα ρεύματα μεταφοράς θερμότητας, που υπάρχουν σε πολλές περιοχές του μανδύα. Οι σεισμοί λοιπόν, από τη μια δημιουργούν τα γνωστά προβλήματα στον άνθρωπο, από την άλλη διευκολύνουν την κυκλοφορία του μάγματος και κυρίως των γεωθερμικών ρευστών και την άνοδό τους προς την επιφάνεια της γης, μεταφέροντας μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας και κάνοντάς την προσιτή στους κατοίκους της (*‘ουδέν κακόν αμιγές καλού’*).

Τα γεωθερμικά ρευστά, με τη βοήθεια των τεκτονικών κινήσεων στις σεισμικά ενεργές περιοχές, φθάνουν πολλές φορές και στην επιφάνεια του εδάφους, δημιουργώντας και άλλα εντυπωσιακά φυσικά φαινόμενα, τα κυριότερα των οποίων είναι:

(1) Οι *“υδροθερμικοί κρατήρες”* ύστερα από *“έκρηξη”* εγκλωβισμένων σε μικρό βάθος υπέρθερμων γεωθερμικών ρευστών, τα οποία ανατινάζουν τα υπερκείμενα πετρώματα. Οι κρατήρες στη Νίσυρο, ο πιο πρόσφατος από τους οποίους, δημιουργήθηκε το 1883 μετά από σεισμική δραστηριότητα στο νησί, συνδέονται και με τη μυθολογία. Ο Πολυβώτης, ο μυθικός γίγαντας, στενάζει κάτω από το ηφαίστειο της Νισύρου από την πέτρα που του έριξε ο Ποσειδώνας για μια αταξία που έκανε και από τότε βρυχάται, δημιουργώντας σεισμούς και ηφαιστειακές εκρήξεις. Ο εντυπωσιακότερος υδροθερμικός κρατήρας με το όνομά του, βγάζει ακόμα υπέρθερμους ατμούς και αέρια.

(2) Οι *“θερμοπίδακες”* ή *“geysers”* είναι δημιουργήματα υπέρθερμων υπόγειων νερών που κυκλοφορούν σε μικρό βάθος. Αυτά τα νερά κάθε τόσο αποκτούν πίεση ικανή να προκαλέσει *«έκρηξη»* νερού και ατμού, που εκτινάσσονται σε αρκετές δεκάδες μέτρα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

(3) Οι *“ατμίδες”* είναι έξοδοι υπέρθερμου ατμού που βγαίνει από ρωγμές του εδάφους χωρίς πίεση αλλά με εντυπωσιακή σταθερότητα, μαζί με ηφαιστειακά αέρια. Γύρω από τις ατμίδες αποτίθενται άλατα και ορυκτά που περιέχονται στον ατμό. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις ξεπερνούν τους 600°C αλλά συνήθως έχουν θερμοκρασία γύρω στους 100°C.

(4) Οι *“θερμές πηγές”* είναι έξοδοι ζεστού νερού, κάτω από ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, με θερμοκρασία μέχρι 100°C. Σε λίγες περιπτώσεις έχουν εντυπωσιακή παροχή

(ποσότητα νερού στο χρόνο), συνήθως όμως βγάζουν λίγο νερό, γιατί το περισσότερο είναι εγκλωβισμένο στο υπέδαφος και περιμένει τις γεωθερμικές γεωτρήσεις. Οι πηγές των Θερμοπυλών είναι εντυπωσιακές και ενεργές από την εποχή του Λεωνίδα, συνεχίζουν να ρέουν και σήμερα με σημαντική παροχή (~1.000 m³/h), και αποδεικνύουν την ανανεωσιμότητα του πόρου.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Τα ηφαίστεια και τα θερμά νερά ήταν γνωστά από τους προϊστορικούς χρόνους, στα οποία η Μυθολογία αφιέρωσε ένα θεό, τον Ήφαιστο (Σχήμα 1) [1]. Αρχικά ο Ήφαιστος συνδέθηκε με το υπόγειο εργαστήριό του στη Λήμνο, όπου κατασκεύαζε με περισσή τέχνη τις πανοπλίες και άλλα χρήσιμα μεταλλικά εργαλεία για τους θεούς. Στη συνέχεια συνδέθηκε με τα ηφαίστεια και, κυρίως, με την Αίτνα που ήταν (και συνεχίζει να είναι) ένα από τα πιο ενεργά ηφαίστεια του κόσμου, και συχνά δημιουργεί εκρήξεις. Κάτω από αυτό το βουνό είχαν οι αρχαίοι τοποθετήσει τη δραστηριότητα του θεού.

Ο ημίθεος Ηρακλής συνδέθηκε και με τα θερμά λουτρά, που επισκεπτόταν για να πάρει την εντυπωσιακή του δύναμη. Πολλές ιαματικές εγκαταστάσεις έχουν το όνομα αυτού του ημίθεου και λέγονταν Θερμές του Ηρακλή. Οι Ανιγρίδες Νύμφες ζούσαν στη σπηλιά των σημερινών θερμών λουτρών Καιάφα, στη Δυτική Πελοπόννησο.

Οι θερμές πηγές θεωρούνταν από την αρχαιότητα ακόμα ότι είχαν θεραπευτικές και υπερφυσικές ιδιότητες, γι' αυτό τα Ασκληπεία αλλά και άλλοι ιεροί χώροι ήταν κοντά σε θερμές πηγές. Ο ναός της Αρτέμιδας στη Λέσβο είναι κτισμένος πάνω στο χώρο όπου αναβλύζουν και σήμερα θερμές πηγές. Υπάρχουν πολλές παραστάσεις, κυρίως σε αγγεία, που συνδέουν τις θερμές πηγές με τη χρήση του νερού για ιαματικούς σκοπούς, ακόμα και για θρησκευτικούς.

Η χρήση των φυσικών θερμών ρευστών ήταν γνωστή και στους αρχαίους ανατολικούς λαούς (Κίνα, Ιαπωνία) με πληθώρα μαρτυριών στη μυθολογία και την ιστορία τους. Οι Ετρούσκοι και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν επίσης τα θερμά νερά, όχι μόνο για ιαματικούς σκοπούς αλλά και για τη θέρμανση οικοδομών. Ο Γαληνός προσέφερε φρούτα εκτός εποχής στους καλεσμένους του, που παρήγε προφανώς σε “γεωθερμικό θερμοκήπιο” της εποχής. Ο



Σχήμα 1. Ήφαιστος, ο θεός της φωτιάς και των ηφαιστειών

στρατηγός Σίλας επισκεύθηκε πολλές φορές τις πηγές της Αιδηψού για να γιατρευτεί, και το όνομά του φέρει μέχρι σήμερα μια πηγή και ο χώρος, στον οποίο υπάρχει και σήμερα το ομώνυμο λουτροθεραπευτικό-ξενοδοχειακό συγκρότημα.

Τα φυσικά λοιπόν θερμά ρευστά χρησιμοποιήθηκαν από πολύ παλιά, κυρίως για τις θεραπευτικές ιδιότητες, σπάνια για τις ενεργειακές δυνατότητές τους. Προφανώς έλειπαν οι μεγάλες ποσότητες ρευστών που παράγονται με τις γεωτρήσεις, αφού αυτές πρωτοέγιναν με τη νέα τεχνολογία μόλις τον προηγούμενο αιώνα. Οι σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές επέτρεψαν στον εικοστό κυρίως αιώνα, την απόληψη της θερμικής ενέργειας. Πράγματι, οι ποσότητες των ρευστών που καταφέρνουν να φθάνουν από μόνα τους στην επιφάνεια είναι πάρα πολύ μικρές, σε σύγκριση με εκείνες που είναι εγκλωβισμένες στο υπέδαφος και «περιμένουν» τις γεωτρήσεις για να ανέβουν, μέσα από τις οπές τους, είτε με τη δική τους πίεση είτε ύστερα από άντληση.

3. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Τα γεωθερμικά ρευστά είναι μίγματα νερού, ατμού και φυσικών αερίων. Πρακτικά, μόνον αυτά που βρίσκονται σε βάθος μέχρι 3000 m μπορούν να αξιοποιηθούν με οικονομικό τρόπο. Τα ρευστά των οποίων η θερμοκρασία των ρευστών είναι μικρότερη από 100°C (ρευστά χαμηλής ενθαλπίας) δεν περιέχουν ατμό, παρά μόνο νερό και λίγα ή καθόλου φυσικά αέρια. Τα περισσότερα γεωθερμικά ρευστά έχουν επιφανειακή προέλευση (μετεωρική, θαλάσσια, ποτάμια ή λιμναία) γι' αυτό και δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη σύνθετη χημική σύσταση.

Οι περιοχές της γης όπου υπάρχουν γεωθερμικά ρευστά σε ικανοποιητική ποσότητα, θερμοκρασία και βάθος λέγονται “γεωθερμικά πεδία”. Αποφεύγεται ο όρος “κοίτασμα”, ο οποίος χρησιμοποιείται για συγκεκριμένα και εξαντλήσιμα μεταλλευτικά ορυκτά και ρευστά, ενώ τα γεωθερμικά ρευστά είναι σε μεγάλο βαθμό ανανεώσιμα.

Οι “ταμιευτήρες” των γεωθερμικών πεδίων τροφοδοτούνται κυρίως από επιφανειακά αρχικώς νερά, που κατεισδύουν και κυκλοφορούν υπογείως, θερμαίνονται, εμπλουτίζονται σε άλατα και αέρια και μπαίνουν στο διαρκή κύκλο της θερμικής μεταφοράς. Μέσα στους ταμιευτήρες, όπου η κυκλοφορία είναι πιο γρήγορη και εύκολη, υπάρχει νερό κάτω από συνθήκες αυξημένης πίεσης και θερμοκρασίας. Οι υπόγειοι ταμιευτήρες προστατεύονται από ένα στεγανό γεωλογικό κάλυμμα, το οποίο εμποδίζει τη διάχυση της θερμικής ενέργειας στην ατμόσφαιρα. Με γεωτρήσεις φθάνουμε στους ταμιευτήρες και προκαλούμε την άνοδο των γεωθερμικών ρευστών μέχρι την επιφάνεια ή κοντά σε αυτήν.

Από τη χημική σύσταση των γεωθερμικών ρευστών και τα φυσικά χαρακτηριστικά τους εξαρτάται η οικονομικότητα της αξιοποίησής τους, αλλά και ο καταλληλότερος τρόπος

εκμετάλλευσης του κάθε πεδίου. Για τον εντοπισμό των γεωθερμικών ταμειυτήρων χρειάζεται να γίνουν ειδικές γεωεπιστημονικές έρευνες και μελέτες, έως ότου προσδιοριστούν οι καταλληλότερες θέσεις των πολυδάπανων γεωτρήσεων παραγωγής. Ο “μεταλλευτικός κίνδυνος” επιδιώκεται να ελαχιστοποιηθεί και πρέπει να βρεθεί, σε κάθε περίπτωση χωριστά, η χρυσή τομή κόστους ερευνών-ρίσκου γεωτρήσεων.

Τρεις κύριοι τύποι γεωθερμικών πεδίων είναι υπό εκμετάλλευση ευρύτατα σήμερα στον κόσμο. Πρόκειται για τα *υπερθέρμα πεδία υψηλής ενθαλπίας* (180-400°C), τα *πεδία μέσης ενθαλπίας* (100-180°C) και τα *πεδία χαμηλής ενθαλπίας* (μέχρι 100°C). Η γεωθερμική ενέργεια είναι υπό ορισμένες συνθήκες εντελώς ανανεώσιμη, δημιουργεί λίγα έως μηδαμινά τεχνικά (διάβρωσης και επικαθίσεων) και περιβαλλοντικά προβλήματα και αποτελεί γενικά μια ήπια και αειφορική μορφή ενέργειας.

Στα πεδία «θερμών-ξηρών πετρωμάτων» (όπου δεν κυκλοφορούν εύκολα τα ρευστά) η τεχνολογία εκμετάλλευσης είναι μέχρι σήμερα αντιοικονομική και βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο. Σε ό,τι αφορά στην ενέργεια από το μάγμα (λιωμένο πέτρωμα) βρισκόμαστε ακόμα μακριά από την τεχνική και οικονομικά αποδεκτή λύση.

4. ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Η ηλεκτροπαραγωγή από γεωθερμικό ατμό άρχισε το 1904 στην Ιταλία. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας έδωσε ώθηση στην εκμετάλλευση του σημαντικού αυτού ενεργειακού πόρου. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στον κόσμο ανήλθε το 1995 περίπου στα 6.600 MWe, με παρατηρούμενη τάση για σημαντική αύξηση στα τελευταία χρόνια [2-4]. Οι προοπτικές για το έτος 2000 είναι ευοίωνες και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αναμένεται βάσιμα να ξεπεράσει τα 9.000 MWe. Το πιο ενθαρρυντικό στοιχείο είναι ότι στη γεωθερμία πρωτοποριακό ρόλο ανέλαβαν τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες όπως οι ΗΠΑ, Ιαπωνία, Ιταλία. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής ανά χώρα, σύμφωνα με τις παρουσιάσεις στο τελευταίο Παγκόσμιο Συνέδριο Γεωθερμίας στη Φλωρεντία το 1995.

Η γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι σίγουρα ανταγωνιστική σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Μια μέση γεώτρηση που παράγει 40 tn/h ατμού υποστηρίζει συνήθως μονάδα 5 MWe με κόστος 6,7-9,1 δρχ./kWh (ανάλογα αν το επιτόκιο απόσβεσης της επένδυσης είναι 8 ή 12%), ή 8,76-9,84 δρχ./kWh για 12% (τιμές 1995) [5]. Έστω και μια μόνο γεώτρηση που παράγει 24 tn είναι αρκετή να ανταγωνιστεί οικονομικά τα ορυκτά καύσιμα. Εάν μια μονάδα 30 MWe συνδυαστεί και με άλλες χρήσεις της γεωθερμικής

Πίνακας 1. Παραγωγή ηλεκτρισμού και άμεσες χρήσεις το 1995 [2-4]

	Παραγωγή ηλεκτρισμού		Άμεσες Χρήσεις	
	Εγκατεστημένη Ισχύς MW _e	Ετήσια παραγωγή GWh	Εγκατεστημένη Ισχύς MW _e	Ετήσια παραγωγή GWh
Γαλλία	4	24	456	2.006
Γεωργία	-	-	245	2.136
Γιουγκοσλαβία	-	-	80	600
Ελ Σαλβαντόρ	105	419	-	-
Ελβετία	-	-	110	243
Ελλάδα	2	-	21	-
ΗΠΑ	2.817	16.491	1.874	3.859
Ιαπωνία	299	1.722	319	1.928
Ινδονησία	309	1.048	--	-
Ισλανδία	50	265	1.443	5.878
Ιταλία	626	3.419	308	1.008
Κένυα	45	348	-	-
Κίνα	28	98	2.143	5.527
Κοσταρική	60	447	-	-
Μεξικό	753	5.877	28	74
Νέα Ζηλανδία	286	2.193	264	1.837
Νικαράγουα	70	-	-	-
Ουγγαρία	-	-	638	2.795
ΠΑΔΓΜ	-	-	70	142
Πολωνία	-	-	63	206
Ρουμανία	2	-	137	765
Ρωσία	11	25	210	673
Σλοβακία	-	-	100	502
Τουρκία	20	68	140	552
Τυνησία	-	-	90	788
Φιλιππίνες	1.501	5.470	-	-
Άλλες χώρες	7	40	329	1.935
Σύνολο	6.543	37.952	9.047	33.514

ενέργειας των ρευστών μετά το στρόβιλο, τότε η απόσβεση γίνεται ταχύτερα και η τιμή της παραγόμενης kWh θα είναι ακόμα πιο χαμηλή.

Τα γεωθερμικά ρευστά χαμηλής ενθαλπίας συναντώνται σε πολύ πιο εκτεταμένες περιοχές ανά τον κόσμο, και ιδιαίτερα σε μεγάλες ιζηματογενείς λεκάνες και ζώνες ενεργού τεκτονικής. Υπάρχει εκτεταμένη χρήση αυτών, με αυξητικές τάσεις, που προσδιορίζονται κύρια από τα σημαντικά μικρότερα κόστη επένδυσης και χρήσης των συστημάτων λειτουργίας σε σχέση με τη μέση και υψηλή ενθαλπία, καθώς και την πιο εύκολη τεχνολογία που απαιτείται. Σήμερα αξιοποιούνται περί τα 220.000 m³/h γεωθερμικών ρευστών ανά τον κόσμο, με τη συνολική εγκατεστημένη θερμική ισχύ να ανέρχεται περίπου στα 9000 MWt (Πίνακας 1). Η χρησιμοποιούμενη ενέργεια ανέρχεται σε 105.475 TJ/έτος, με μέσο συντελεστή φορτίου 0.40.

Οι άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό, όπως φανερώνει και ο Πίνακας 2 με το διάγραμμα Lindal [6], το οποίο καταγράφει ορισμένες υφιστάμενες ή δυνητικές χρήσεις της γεωθερμίας. Θα πρέπει να τονιστεί ότι το διάγραμμα Lindal δεν περιορίζει το είδος των δυνατών χρήσεων, ούτε πρέπει να ληφθούν αυστηρά υπόψη τα όρια των

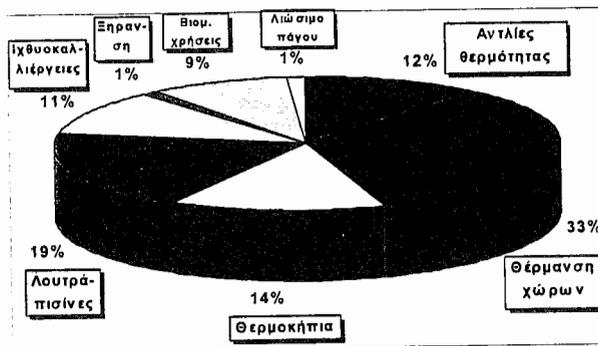
Πίνακας 2. Το διάγραμμα Lindal

Θερμ. (°C)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
250-	
200-	
180-	
170-	Εξάτμιση πικνών διαλυμάτων. Ψύξη με απορρόφηση αμμωνίας. Χρήση στη βιομηχανία χάρτου.
160-	Παραγωγή βαρέος ύδατος με τη μέθοδο του H ₂ S
150-	Ξήρανση ξυλείας
150-	Παραγωγή αλουμίνας με τη μέθοδο Bayer.
140-	Ξήρανση γεωργικών προϊόντων - κονσερβοποιία.
130-	Εξάτμιση στη βιομηχανία ζάχαρης. Απόληψη αλάτων με εξάτμιση. Νερό απεσταγμένο.
120-	Εξάτμιση-συμπύκνωση διαλυμάτων.
110-	Ξήρανση τσιμεντένιων στοιχείων.
100-	Ξήρανση οργανικών υλικών, φυκιών, λαχανικών κ.α. Πλύσιμο και ξήρανση μαλλιού.
90-	Ξήρανση ψαριών. Διεργασίες απόψυξης.
80-	Θέρμανση χώρων.
70-	Ψύξη (χαμηλότερη όριο).
60-	Καθαρισμός κτηνοτροφικών μονάδων. Θέρμανση θερμοκηπίων.
50-	Λουτροθεραπεία. Καλλιέργεια μανιταριών.
40-	Θέρμανση χώματος (για καλλιέργειες).
30-	Βιοαποικοδόμηση. Ζυμώσεις. Κολυμβητήρια.
20-	Χρήση σε μεταλλεία. Ιχθυοκαλλιέργειες

θερμοκρασιών που θέτει. Η θέρμανση χώρων και νερού χρήσης αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό εφαρμογών, που μαζί με τις αντλίες θερμότητας, αντιπροσωπεύουν περίπου το 50% των χρήσεων στον κόσμο (Σχήμα 2). Οι αγροτικές, αγροτοβιομηχανικές και υδατοκαλλιεργητικές εφαρμογές αντιπροσωπεύουν το 26%, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό (15%) αντιπροσωπεύουν και οι ιαματικές και λουτρικές δραστηριότητες [4].

5. ΣΧΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Στα πεδία υψηλής ενθαλπίας εκμεταλλευόμαστε τον ατμό και τα αέρια, είτε απ' ευθείας, είτε αφού διαχωριστούν από την υγρή φάση, με την οποία συνυπάρχουν. Και στις δύο περιπτώσεις οδηγούνται σε ειδικούς στροβίλους χαμηλής πίεσης για την παραγωγή



Σχήμα 2. Κατανομή των χρήσεων της γεωθερμίας σε παγκόσμιο επίπεδο κατά το 1995 [4].

ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ρευστά μέσης ενθαλπίας χρησιμοποιούνται είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού (σε κύκλο Rankine, με δευτερεύον οργανικό ρευστό) είτε σε άλλες χρήσεις. Τα γεωθερμικά ρευστά διέρχονται από εναλλάκτη θερμότητας, θερμαίνουν ένα δευτερεύον οργανικό υγρό χαμηλού σημείου ζέσης (π.χ. φρέον, ισοβουτάνιο, πεντάνιο), οι ατμοί του οποίου κινούν ένα στρόβιλο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμαίνουν κανονικό νερό, που χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές εφαρμογές, τηλεθέρμανσεις οικισμών κλπ. Ρευστά 120°C από βάθη 1000-2000 m τροφοδοτούν π.χ. μονάδα ηλεκτροπαραγωγής 40 MWe στο Heber, California (ΗΠΑ) με οικονομικό τρόπο.

Στα πεδία χαμηλής ενθαλπίας το υπόγειο νερό θερμαίνεται από την κανονική γήινη θερμική ροή και απαντώνται σε εκτεταμένες περιοχές του κόσμου. Τα ρευστά 20-100°C χρησιμοποιούνται είτε απευθείας, είτε με τη μεσολάβηση εναλλακτών θερμότητας ή ακόμη και αντλιών θερμότητας, για να αυξήσουμε το φάσμα των χρήσεων που μπορεί και επιβάλλεται πολλές φορές να είναι διαδοχικές ή ετεροχρονισμένες, για αύξηση του συντελεστή χρήσης (και επομένως για γρηγορότερη απόσβεση των εγκαταστάσεων). Η επαναδιοχέτευση των γεωθερμικών ρευστών στον ταμιευτήρα μετατρέπει την εκμετάλλευση αυτή σε ένα κλειστό σχεδόν κύκλωμα και αποφεύγεται οποιαδήποτε επίπτωση στο περιβάλλον. Στην Ισλανδία, από το 1920 άρχισαν προγράμματα θέρμανσης και σήμερα σχεδόν όλοι οι κάτοικοι έχουν τηλεθέρμανση με γεωθερμία. Οι Γάλλοι θερμαίνουν περισσότερες από 200.000 οικίες στην ευρύτερη περιοχή του Παρισιού.

Θα αναφέρουμε μερικές χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας, που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στη χώρα μας με βάση τα υπάρχοντα στοιχεία των γεωθερμικών πόρων. Οι τεχνικές πρωίμισης σπαραγγιών με υπεδάφια θέρμανση μπορεί να χρησιμοποιήσουν τα γεωθερμικά ρευστά 35-50°C [7]. Η εγκατάσταση του γεωθερμικού συστήματος υπεδάφιας θέρμανσης με σωλήνες κυκλοφορίας νερού από πολυπροπυλένιο είναι απλό και το κόστος του κυμαίνεται μεταξύ 60.000 και 100.000 δρχ/στρέμμα. Η απόσβεση γίνεται περίπου σε δύο χρόνια.

Η θερμοκρασία του νερού στις ιχθυοκαλλιέργειες είναι ένας από τους πιο σημαντικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες που παίζει καθοριστικό ρόλο στη ζωή ενός υδρόβιου οργανισμού. Στην πραγματικότητα, η θερμοκρασία ελέγχει το ρυθμό όλων των βιοχημικών διεργασιών που αποτελούν τη βάση της ζωής. Αυξάνοντας τη θερμοκρασία μέχρι τη βέλτιστη τιμή για κάθε εκτρεφόμενο οργανισμό, αυξάνουμε τους ρυθμούς ανάπτυξης έως ένα μέγιστο επιθυμητό επίπεδο. Τα κοινά νερά δεν έχουν συνήθως τις επιθυμητές θερμοκρασίες για μια εντατικοποίηση των υδατοκαλλιεργειών και δεν επιτρέπουν τη συντομότερη εμπορική απόκριση μιας επένδυσης. Η τεχνική θέρμανση του νερού

εκτροφής με χρήση συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) είναι εφικτή, αλλά παράλληλα έχει ένα σημαντικό κόστος επί της παραγωγής. Η άμεση ή έμμεση χρήση γεωθερμικών ρευστών συνιστά ένα ελκυστικό εγχείρημα, με σημαντικά οικονομικά οφέλη.

Η ξήρανση γεωργικών προϊόντων (καλαμπόκι, καπνός, μανιτάρια, μηδική κ.ά.) είναι μια διεργασία όπου απαιτούνται συγκεντρωμένα ενεργειακά φορτία σε μια εποχή του χρόνου που δεν υπάρχει ζήτηση ενέργειας για θερμοκηπιακές χρήσεις. Η διαδικασία ξήρανσης εφαρμόζεται ευρέως, έτσι ώστε το τελικό επίπεδο της να φθάνει σε τιμές κατάλληλες για την άνευ προβλημάτων συντήρηση της πρώτης ύλης. Από στοιχεία έρευνας της αγοράς, ένα σύγχρονο ξηραντήριο καλαμποκιού, δυναμικότητας 30 τόνων/ώρα, καταναλώνει θερμική ενέργεια που παράγεται από 390 λίτρα πετρελαίου. Η ποσότητα αυτή των καυσίμων, για μια περίοδο ξήρανσης 50 ημερών αντιπροσωπεύει περίπου 468.000 λίτρα πετρελαίου, ήτοι 60.000.000 δρχ. περίπου το χρόνο. Θα μπορούσαν να αντικατασταθούν όλα αυτά τα καύσιμα με χρήση γεωθερμικών ρευστών 70-100°C και ελαφρά τροποποίηση των υπαρχόντων ξηραντηρίων ή κατάλληλο σχεδιασμό νέων μονάδων.

Πολύ ενδιαφέρουσα φαίνεται καταρχήν και η αφυδάτωση οπωροκηπευτικών προϊόντων (κατά περίπτωση και περιοχή) με χρήση γεωθερμίας.

Είναι γνωστή και πολύ διαδεδομένη η ενεργειακή χρήση των ρευστών χαμηλής ενθαλπίας στη θέρμανση θερμοκηπίων. Το μέγεθος των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων εξαρτάται από τη διαθέσιμη ενέργεια, τις κλιματικές συνθήκες, τα υλικά κατασκευής και το είδος της καλλιέργειας. Η ύπαρξη διαθέσιμων γεωθερμικών ρευστών με μέσες θερμοκρασίες 45-60°C αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα για ένα δυνητικό επενδυτή. Θεωρώντας μία μέση τιμή ενεργειακής κατανάλωσης τις 150.000 kcal/h στρέμμα και για μέση διάρκεια θέρμανσης τις 400 ώρες το χρόνο για κηπευτικά, η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται είναι της τάξης των 25 Τόνων Ισοδύναμου Πετρελαίου (ΤΙΠ) ανά στρέμμα ή περίπου 2.500.000 δρχ./στρέμμα. Στην ανθοκομία, αυξάνονται οι ώρες αλλά και οι απαιτήσεις για θέρμανση αλλά και για κλιματισμό, οπότε αυξάνεται σημαντικά και το ενεργειακό όφελος. Μία μόνο γεώτρηση μπορεί να θερμαίνει 10-20 στρέμματα.

Η τηλεθέρμανση οργανωμένων οικισμών με χρήση της γεωθερμίας εφαρμόζεται συστηματικά σε αρκετές χώρες (Γαλλία, Ισλανδία, Ιταλία κλπ). Όταν σε ένα σύστημα τηλεθέρμανσης αξιοποιείται σε σημαντικό βαθμό η γεωθερμική ενέργεια (τα συμβατικά καύσιμα χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των φορτίων αιχμής) τα συστήματα γεωθερμικής τηλεθέρμανσης, παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα.

- Εξοικονόμηση ενέργειας με υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων που θα καταναλώνονταν για οικιακή θέρμανση

- Προστασία του περιβάλλοντος με ουσιαστική εκμηδένιση των εκπομπών καυσαερίων.
- Χαμηλό κόστος ενέργειας που προκύπτει αφ' ενός από το γενικότερο πλεονέκτημα της συμβατικής τηλεθέρμανσης και αφ' ετέρου από τη φθηνότερη γεωθερμική ενέργεια και τη δυνατότητα επιδότησης του έργου (για εξοικονόμηση ενέργειας, προστασία περιβάλλοντος, ανάπτυξη κλπ).
- Συμβολή στην τοπική ανάπτυξη με περαιτέρω χρήσεις κατανεμημένες στο χρόνο.

Στην Ελλάδα οι ευνοϊκές γεωθερμικές συνθήκες (κυρίως πολύ μικρού βάθους ταμιευτήρες και καλή γενικά ποιότητα των ρευστών) κατεβάζουν πολύ το κόστος της αρχικής επένδυσης (φθηνές γεωτρήσεις, αντλήσεις, υλικά κλπ).

Τα τελευταία χρόνια, με τη ραγδαία αύξηση τοποθέτησης συστημάτων κλιματισμού σε κτήρια και οικίες, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τους σκοπούς αυτούς αντιπροσωπεύει περίπου το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η ανάγκη εξεύρεσης λύσεων για την αντιμετώπιση μιας τέτοιας ενεργειακής σπατάλης είναι επιβεβλημένη, καθώς οι ενεργειακές απαιτήσεις στην Ελλάδα αυξάνουν καθημερινά. Τα γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης-ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης αποτελούν σήμερα μια εναλλακτική λύση φιλική προς το περιβάλλον και με κοστολόγια άκρως ανταγωνιστικά. Η βασική αρχή του συστήματος έγκειται στην εκμετάλλευση της φυσικής θερμότητας του εδάφους ή του νερού αβαθών υδροφορέων ($T=15-30^{\circ}\text{C}$) με γεωτρήσεις μικρού βάθους (50-100 μέτρων). Τα συστήματα γεωκλιματισμού αποτελούνται από τέσσερα βασικά μέρη : το γεωθερμικό εναλλάκτη ή το θερμό υδροφορέα μικρού βάθους, την αντλία θερμότητας, τα κλιματιστικά σώματα (fan coils) και το λέβητα (boiler). Με συντελεστές απόδοσης 4:1 για θέρμανση και 5:1 για ψύξη και εκμεταλλεόμενοι διαφορά θερμοκρασίας 5°C , οι αντλίες θερμότητας μπορούν να καλύψουν, με μικρό κόστος σε ηλεκτρική ενέργεια, το σύνολο των απαιτήσεων σε θέρμανση και ψύξη μεμονωμένων κατοικιών ή και ολόκληρων οικοδομικών συγκροτημάτων, παρέχοντας παράλληλα ζεστό νερό χρήσης καθ' όλο το χρόνο. Η χρήση των αντλιών θερμότητας έχει πάρει τεράστιες διαστάσεις στις ΗΠΑ, Ελβετία και Σουηδία, χρησιμοποιώντας όχι μόνον υπόγεια νερά αλλά και συστήματα εκμετάλλευσης της σταθερής θερμοκρασίας του υπεδάφους δίπλα από τα κτίσματα.

Η “γεωθερμική αφαλάτωση” έχει το μεγαλύτερο συντελεστή εκμετάλλευσης σε σύγκριση με όλες τις άλλες εφαρμογές, και είναι οικονομικότερη σε σχέση με την “ηλιακή” και “αιολική” αφαλάτωση. Η αφαλάτωση είναι πράγματι μια διεργασία με υψηλή ενεργειακή συμμετοχή, που ξεπερνά το 50% του κόστους παραγωγής του νερού. Έτσι, η εξασφάλιση φθηνής ενέργειας, όπως είναι συνήθως η γεωθερμική, έχει προφανώς πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

6. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού μπορεί να γίνει εύκολα χωρίς ιδιαίτερα τεχνικά προβλήματα, με τη χρήση γεωθερμικού νερού 60-100°C [7].

Οι κυριότερες μέθοδοι θέρμανσης των γεωθερμικών θερμοκηπίων που είναι η χρήση αερόθερμων, η χρήση εναλλακτών θερμότητας (πλακών από ανοξείδωτο χάλυβα ή και από τιτάνιο) και η άμεση θέρμανση (με αγωγούς με περύγια ή πτυχώσεις). Σε ορισμένες περιπτώσεις το νερό οδηγείται αρχικά στα αερόθερμα και κατόπιν στους αγωγούς άμεσης θέρμανσης. Η επιλογή του τρόπου θέρμανσης εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία των ρευστών και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους. Νερά με θερμοκρασία μικρότερη από 50°C χρησιμοποιούνται συνήθως μόνο για άμεση θέρμανση.

Τα γεωθερμικά ρευστά μέσης και υψηλής ενθαλπίας δημιουργούν κάποια προβλήματα κυρίως από το περιεχόμενο H₂S σε αέρια φάση και τη χημική επιβάρυνση από τα διαλυμένα στο αλμόλοιπο στοιχεία (κυρίως βαρέα μέταλλα, σε ελάχιστες ευτυχώς ποσότητες). Τα διαλυμένα στοιχεία ή ενώσεις ως και η θερμική επιβάρυνση μετά τη χρήση αντιμετωπίζονται με την επανέγχυση σε ειδική γεώτρηση. Το H₂S συγκρατείται με τη μέθοδο Stretford (και άλλες). Η ολική επαναδιοχέτευση των ρευστών μετά τη μονάδα σε άλλη βαθιά γεώτρηση στο φυσικό ταμιευτήρα, και σε τελείως κλειστό κύκλωμα λύνει οποιοδήποτε πρόβλημα.

Τα γεωθερμικά ρευστά χαμηλής ενθαλπίας έχουν πολύ λιγότερες έως μηδαμινές επιπτώσεις στο περιβάλλον (ανάλογα από τη χημική τους σύσταση). Η επαναδιοχέτευση στον ταμιευτήρα και το κλειστό κύκλωμα με χρήση εναλλακτών κλπ. εξουδετερώνει κάθε πρόβλημα, με μια διαθέσιμη τεχνολογία, που εφαρμόζεται κατά περίπτωση, και διεθνή πρακτική.

7. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο Ελλαδικός χώρος, εξαιτίας κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, είναι από τους γεωθερμικά ευνοημένους και διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100-1500 μ.) [8-11]. Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική, από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική εκμετάλλευση. Η έρευνα για την αναζήτηση γεωθερμικής ενέργειας άρχισε μόλις το 1971 από το ΙΓΜΕ και μέχρι το 1979 (πριν από τη δεύτερη ενεργειακή κρίση) αφορούσε μόνο τις περιοχές υψηλής ενθαλπίας.

Στη Μήλο και Νίσυρο έχουν ανακαλυφθεί σπουδαία γεωθερμικά πεδία και έχουν γίνει γεωτρήσεις παραγωγής (5 και 2 αντίστοιχα). Οι γεωτρήσεις αυτές θα μπορούσαν να στηρίξουν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής 20 και 5 MWe, ενώ το πιθανό συνολικό δυναμικό

υπολογίζεται να είναι της τάξης των 200 και 50 MWe αντίστοιχα. Στη Μήλο μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 325°C σε βάθος 1000 m. και στη Νίσυρο 350°C σε βάθος 1500 m. Εκτός από τα πεδία της Μήλου και της Νισύρου, προέκυψαν ικανοποιητικά στοιχεία για πιθανά πεδία υψηλής ή μέσης ενθαλπίας στην Κίμωλο, Σαντορίνη, Κω, Λέσβο, Σαμοθράκη και Σουσάκι Κορινθίας.

Η αυξημένη ροή θερμότητας, λόγω της έντονης τεκτονικής και μαγματικής δραστηριότητας, δημιούργησε εκτεταμένες θερμικές ανωμαλίες, με μέγιστες τιμές γεωθερμικής βαθμίδας που πολλές φορές ξεπερνούν τους 100°C/km. Σε κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες, η ενέργεια αυτή θερμαίνει «ρηχούς» υπόγειους ταμιευτήρες ρευστών σε θερμοκρασίες μέχρι 100°C. Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη ηπειρωτική και ηπειρωτική Ελλάδα. Η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί να γίνει σημαντική, καθόσον αποτελούν ενεργειακό πόρο φιλικό προς το περιβάλλον, κοινωνικά αποδεκτό και παρουσιάζουν σημαντικό οικονομικό και αναπτυξιακό ενδιαφέρον.

Μόνο από υπάρχουσες γεωτρήσεις σε γεωθερμικά πεδία των πεδινών εκτάσεων της Ανατ. Μακεδονίας και Θράκης είναι δυνατόν να αντληθούν 2500 m³/h θερμών ρευστών, με θερμοκρασίες μεταξύ 35 και 92°C. Το εκμεταλλεύσιμο θερμοκρασιακό εύρος (ΔT) είναι κατά μέσο όρο 40°C. Έτσι, τα ρευστά αυτά ισοδυναμούν με θερμική ισχύ 100 MWt, που σημαίνει εξοικονόμηση 90.000 Τόνων Ισοδύναμου Πετρελαίου (ΤΙΠ) το χρόνο [7]. Η παραπάνω ενέργεια, μικρό μέρος μόνον της οποίας χρησιμοποιείται σήμερα, θα μπορούσε να συμβάλει στην ανάπτυξη του πρωτογενούς αγροτικού τομέα, κυρίως σε πρωτοπόρες και δυναμικές καλλιέργειες και διεργασίες. Θα μπορούσε βάσιμα να συμβάλει στην οικονομική ανάπτυξη μειονεκτικών γενικά περιοχών και στη δημιουργία πυρήνων οικονομικής δραστηριότητας και ευημερίας σε ευαίσθητους εθνικά χώρους. Τέτοιοι χώροι όπως η Θράκη, Σαμοθράκη, η Λήμνος, η Λέσβος, η Χίος έχουν αποδεδειγμένα μεγάλα γεωθερμικά πεδία χαμηλής και ίσως μέσης ενθαλπίας, που περιμένουν την αξιοποίησή τους.

Στη λεκάνη του Στρυμόνα έχουν εντοπισθεί τα πολύ σημαντικά πεδία Θερμών-Νιγρίτας, Λιθότοπου-Ηράκλειας, Θερμοπηγής-Σιδηροκάστρου και Αγγίστρου. Πολλές γεωτρήσεις παράγουν νερά μέχρι 75°C, συνήθως αρτεσιανά και πολύ καλής ποιότητας και παροχής. Το CO₂ συνυπάρχει συνήθως με τα γεωθερμικά νερά. Μεγάλα και μικρότερα γεωθερμικά θερμοκήπια λειτουργούν στη Νιγρίτα και το Σιδηρόκαστρο. Αρκετές πιθανότητες ανεύρεσης νέων πεδίων στην ίδια λεκάνη υπάρχουν και στα Ίβηρα-Χουμνικό, στη Σκούταρη, στην Κερκίνη και σε άλλες περιοχές της λεκάνης.

Στην πεδινή περιοχή του Δέλτα Νέστου έχουν εντοπισθεί δύο πολύ σημαντικά γεωθερμικά πεδία: στο Ερατεινό-Χρυσούπολης Καβάλας και στο Ν. Εράσμιο-Μαγγάνων

Ξάνθης. Νερά άριστης ποιότητας μέχρι 70°C και σε πολύ οικονομικά βάθη παράγονται από γεωτρήσεις στις εύφορες αυτές πεδινές περιοχές. Στη Ν. Κεσσάνη και στο Πόρτο Λάγος Ξάνθης, σε μεγάλης έκτασης γεωθερμικά πεδία, παράγονται νερά μέχρι 82°C. Υπάρχουν ήδη 8 γεωτρήσεις παραγωγής. Σε διάφορες περιοχές του Ν. Ροδόπης (Σάππες, Μέση, Σιδηροχώρι, Νότια Κομοτηνής, κ.ά.) υπάρχουν πολύ ενθαρρυντικά στοιχεία για τον εντοπισμό γεωθερμικών πεδίων. Οι πρώτες γεωτρήσεις άγγιξαν ήδη αυτό το στόχο. Στην περιοχή Αρίστηνου-Άνθειας του Ν. Έβρου εντοπίστηκαν, με 6 «ρηχές» γεωτρήσεις, ρευστά θερμοκρασίας μέχρι 92°C. Το πεδίο φαίνεται πολύ σημαντικό και έχει ερευνηθεί μόνο ένα μικρό τμήμα του. Ήδη υπάρχουν γεωτρήσεις παραγωγής με μεγάλη παροχή. Στο Τυχερό Έβρου μια πρώτη παραγωγή γεώτρηση εντόπισε άφθονα (>300 m³/h) γεωθερμικά νερά 37°C. Τέλος, πολύ ενθαρρυντικά στοιχεία υπάρχουν επίσης και τη Σαμοθράκη, όπου γεωτρήσεις μικρού βάθους (μέχρι 100 μ.) συνάντησαν νερά της τάξης των 100°C.

Στη λεκάνη των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά (Ν. Θεσσαλονίκης) έχουν εντοπιστεί τρία πολύ 'ρηχά' πεδία με θερμοκρασίες μέχρι 56°C. Στη λεκάνη του αεροδρομίου Θεσσαλονίκης, εκτός από τις ερευνητικές γεωτρήσεις που παράγουν ρευστά χαμηλών σχετικά θερμοκρασιών, υπάρχουν πολύ ενθαρρυντικά στοιχεία για ύπαρξη βαθύτερων αλλά πάντα οικονομικών πεδίων με ρευστά 50-70°C στο νότιο τμήμα της λεκάνης και 30-40°C στο βόρειο τμήμα της. Το ενδιαφέρον αυξάνεται με την δυνατότητα για μεγάλες εφαρμογές-χρήσεις σε υπάρχοντα και σχεδιαζόμενα μεγάλα συγκροτήματα (π.χ. νέο αεροδρόμιο, κλειστό αθλητικό κέντρο Θέρμης, μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες, εγκαταστάσεις Α.Π.Θ.).

Στην περιοχή Ελαιοχωρίων-Ν. Τρίγλιας Χαλκιδικής υπάρχουν ήδη πολλές 'ρηχές' γεωτρήσεις παραγωγής με ρευστά μέχρι 42°C. Το δυναμικό τους ξεπερνά τα 1000 m³/h. Η χερσόνησος Κασσάνδρας παρουσιάζει πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία, που προσελκύουν τους ερευνητές, σε συνδυασμό με τις μεγάλες προοπτικές εφαρμογών σε τουριστικές εγκαταστάσεις. Ήδη εντοπίστηκαν γεωθερμικά ρευστά στη Σάνη και στην Άφυτο. Στις περιοχές Αριδαίας Πέλλας, Αμυνταίου και κοντά στη Φλώρινα, υπάρχουν ενδιαφέρουσες γεωθερμικές προοπτικές. Εγιναν ήδη μερικές επιτυχημένες ερευνητικές γεωτρήσεις.

Στη Νότια Θεσσαλία εντοπίστηκαν ενδιαφέρουσες συνθήκες ταμιευτήρων (65°C στα 700 m). Η κοιλάδα του Σπερχείου και η απέναντι Εύβοια διαθέτουν ένα πολύ μεγάλο γεωθερμικό δυναμικό, με θερμοκρασίες μέχρι 80°C. Στην περιοχή της Αττικής, κοντά ή και μέσα στην Αθήνα, βρέθηκαν συμπτωματικά ενδιαφέροντα γεωθερμικά στοιχεία, με γεωτρήσεις που έγιναν για άλλο σκοπό. Η Δυτική Ελλάδα έχει λιγότερο ευνοϊκές συνθήκες (μικρότερες θερμοκρασίες) αλλά δεν λείπει το ενδιαφέρον σε συγκεκριμένες περιοχές. Ήδη στην πεδινή περιοχή Άρτας π.χ. βρέθηκαν ρευστά μέχρι 60°C στα 250 m. βάθους.

Οι πρόσφατες εξελίξεις στους τομείς της γεωθερμικής έρευνας και των χρήσεων παρουσιάζονται στις αναφορές [10] και [11].

8. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας που ανακαλύφθηκε στη Μήλο και τη Νίσυρο θα μπορούσε να αναπτυχθεί αφού ξεπερασθούν τα προβλήματα της αντίδρασης των κατοίκων μετά από μια σοβαρή προσπάθεια ενημέρωσης και νέας πρωτοβουλίας από αξιόπιστο φορέα, με τη συμμετοχή της τοπικής αυτοδιοίκησης για αμοιβαίο όφελος. Στις περιοχές με μέση ενθαλπία θα μπορούσαν επίσης να αναπτυχθούν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, σε συνδυασμό με παραπέρα άμεσες χρήσεις (π.χ. θέρμανση οικισμών, και θερμοκηπίων, αφαλάτωση κλπ). Οι περιοχές με γεωθερμικό δυναμικό χαμηλής ενθαλπίας, που είναι και οι πιο πολλές, μπορούν και πρέπει να αναπτύξουν πολύ περισσότερο τις εφαρμογές και να εφαρμόσουν διάφορες χρήσεις εκτός τις θερμοκηπιακές. Υπάρχουν ήδη πολλές έτοιμες γεωτρήσεις παραγωγής ανεκμετάλλευτες, που μπορούν γρήγορα και εύκολα να δημιουργήσουν αναπτυξιακές εφαρμογές στις περιφερειακές περιοχές όπου βρίσκονται. Ιδιαίτερα τα γεωθερμικά πεδία της Βόρειας Ελλάδας και των νησιών του βόρειου Αιγαίου παρουσιάζουν ξεχωριστό ενδιαφέρον, εξαιτίας της μεγαλύτερης ανάγκης για θέρμανση και της επείγουσας ανάγκης για ανάπτυξη και δημιουργία κινήτρων παραμονής του πληθυσμού. Κατά την περίοδο 1995-99 οι γεωθερμικές εφαρμογές σε άμεσες χρήσεις αυξήθηκε κατά 40% και παρουσιάζουν ετήσια ενεργειακή χρήση της τάξης των 210 TJ [11]. Υπάρχουν ενδιαφέροντα νέα προγράμματα που ξεκίνησαν:

- Τηλεθέρμανση σημαντικών κτιρίων στο Λαγκαδά Θεσσαλονίκης, με ρευστά 30-40°C και αντλίες θερμότητας
- Πρόγραμμα αφαλάτωσης Κιμώλου με νερά 60°C
- Πρόγραμμα αφαλάτωσης και ηλεκτροπαραγωγής στη Μήλο (3000 m³/ημέρα και 350 kW αντίστοιχα) με ρευστά 90-100°C.
- Πρόγραμμα θέρμανσης-κλιματισμού στο ΕΜΠ/Ζωγράφου και ΑΠΘ/Θέρμη με αντλίες θερμότητας.
- Νέες θερμοκηπιακές μονάδες στη Βόρεια Ελλάδα και επέκταση υπαρχουσών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] M. Fytikas, G. Margomenou, and R. Cataldi, Geothermal Energy in Ancient Greece: from the Mythology to 3th century A.D. In *Stories from the Earth*, ed. by Cataldi et al., IGA-GRC, 68-101, (1999).
- [2] G.W. Hutterer, The status of world geothermal power production 90-94. *Proc. World Geothermal Congress 1995* IGA, Florence, 3-14 (1995).
- [3] D.H. Freeston, Direct Uses in Geothermal Energy 1995. *Geothermics*, **25**, 189-214 (1996).
- [4] I.B. Fridleifsson, Direct use of geothermal energy around the world. *GeoHeat Center Bulletin* **19** (4), 4-9 (1998).
- [5] P.E.Liguori, Economics of geothermal energy. *Proc. World Geothermal Congress 1995*, IGA, Florence, 2837-2841 (1995).
- [6] B. Lindal. Industrial and other applications of geothermal energy. In *Geothermal Energy*, UNESCO, Paris, 135-148 (1973).
- [7] Μ. Φυτίκας, Ν. Κολιός και Π. Δαλαμπάκης, Γεωθερμία: Η θερμική ενέργεια της γης. *Ενέργεια, Τεύχος 18*, Μάιος, 29-47 (1996).
- [8] M. Fytikas, Geothermal situation in Greece. *Geothermics* **17**, 549-556 (1987).
- [9] M. Fytikas, P. Dalambakis, V. Karkoulis, and D. Mendrinos, Geothermal exploration and development activities in Greece during 1990-1994. *Proc. World Geothermal Congress 1995*, IGA, Florence, 119-127 (1995).
- [10] Ν. Ανδρίτσος, Α.Ι. Καράμπελας και Μ. Φυτίκας. Η γεωθερμική ενέργεια στην Ελλάδα: παρούσα κατάσταση και προοπτικές. *Πρακτικά 6^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνικής*, Βόλος, 3-5 Νοέμβ. 1999, Τόμος Α, 461-470 (1999).
- [11] M. Fytikas, N. Andritsos, G. Karydakos, N. Kolios, D. Mendrinos, and M. Papachristou. Geothermal exploration and development activities in Greece during 1995-1999 (to be presented in the *World Geothermal Congress 2000*, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000).

ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΚΤΙΡΙΟ: ΑΠΟ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΙΚΡΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

Νιόβη Ν. Χρυσομαλλίδου

Εργαστήριο Οικοδομικής & Δομικής Φυσικής

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης- Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεσσαλονίκη, 540 06 P.O.Box 429

Τηλ. (031) 995665, Fax: (031) 300586, E-Mail niobe@civil.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Δίνονται συνοπτικά τα τελικά αποτελέσματα -σε τέσσερις ομάδες- από εκτεταμένη έρευνα και μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς 53 κτιρίων. Συγκεκριμένα η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει 18 συνολικά τυπικά κτίρια αναφοράς διαφορετικού μεγέθους, τα οποία και υπολογίστηκαν με προσομοιωτικό πρόγραμμα. Η δεύτερη και τρίτη ομάδα δίνουν πληροφορίες καταναλώσεων, εσωτερικών θερμοκρασιών και μεγέθους από καταγραφές που πραγματοποιήθηκαν σε 30 κτίρια ηλικίας από 1-45 ετών. Τα πρώτα 15 αφορούν κυρίως πολώροφα κτίρια, ενώ τα υπόλοιπα διάσπαρτες μονοκατοικίες. Τέλος η τέταρτη ομάδα περιλαμβάνει 5 συνολικά κτίρια, τα οποία σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και τα οποία ενσωματώνουν στο κέλυφός τους παθητικά ηλιακά συστήματα. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων δίνει στοιχεία για την αξιολόγηση και την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων, απ' όπου και εξάγεται η βασική πρόταση για τον σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων, τα οποία και θα στοχεύουν σε ένα επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας ως τις 50 kWh/m² ετησίως. Οριακά αποδεκτό θα μπορούσε να είναι αντίστοιχα και ένα δεύτερο επίπεδο μεταξύ 51-100 kWh/m²ετ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γενικά γνωστό ότι κατά τη διαδικασία σχεδιασμού των κτιρίων, ο μελετητής, - αρχιτέκτονας συνήθως- παίρνει υπόψη του μία σειρά παραμέτρους και καθορίζει κριτήρια και προτεραιότητες που επηρεάζουν καθοριστικά την μορφή, καθώς και την λειτουργική οργάνωση του κτιρίου. Έτσι, ξεκινώντας από το θεσμικό πλαίσιο (κανονισμούς και νόμους), το κτιριολογικό πρόγραμμα, τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του φορέα, το διαθέσιμο οικοπέδο, το μέ-

γεθος του κτιρίου, προχωρά στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μικροπεριβάλλοντος (δομημένο περιβάλλον, μορφολογία εδάφους, θέα), στα οικονομικά δεδομένα κ.α. Με τη συστηματική λοιπόν συλλογή, κατάταξη και αξιολόγηση των παραπάνω πληροφοριών αρχίζει να διαμορφώνεται σιγά σιγά η " κεντρική ιδέα του κτιρίου", να αναπτύσσεται σε τρεις διαστάσεις (κατόψεις, όψεις, τομές) να εντάσσεται στο περιβάλλον του και να αποκτά μορφή.

Τα τελευταία βέβαια χρόνια στον γενικότερο προβληματισμό της αρχιτεκτονικής σύνθεσης μπήκε δυναμικά και ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων. Η τάση αυτή αμφισβητήθηκε, δέχθηκε έντονη κριτική, ενώ δεν ήταν και λίγες οι φορές που απορρίφθηκε από μεγάλη ομάδα αρχιτεκτόνων. Πιστεύεται ότι το πρόβλημα ξεκίνησε από την εποχή που τα ενεργειακά ζητήματα ήταν ακόμη στη φάση της επιστημονικής αναζήτησης και ωρίμανσης και τα παραδείγματα στον κτιριακό τομέα δεν ήταν πράγματι τα καλύτερα που είχε να επιδείξει κανείς. Ίσως το μόνο που ενδιέφερε τα πρώτα χρόνια της ανάπτυξης της "βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής" ήταν να αποδειχθεί ότι οι διάφορες "τεχνικές" και το "κτίριο" στο σύνολό του είναι ενεργειακά αποδοτικό. Πολύ λιγότερο ενδιέφερε να δειχθεί η αρμονική συνύπαρξη του ενεργειακού με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, με στόχο να παραχθεί ένα μορφολογικά και λειτουργικά άρτιο κτίριο.

Τα πράγματα στις μέρες μας έχουν διαφοροποιηθεί αρκετά, καθόσον πολλοί από τους παλιούς πολέμιους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής έγιναν φανατικοί υπερασπιστές της, ενώ παράλληλα προστέθηκαν και νέοι επιστήμονες που υποστηρίζουν με θέρμη την νέα αυτή τάση. Επίσης οι συνεχείς προσπάθειες πολλών ερευνητών σε όλο τον κόσμο έλυσαν πολλά από τα προβλήματα, προχώρησαν τη γνώση και έδωσαν αν θέλετε τα κατάλληλα εργαλεία στους μελετητές για να ελέγχουν τις αποφάσεις τους ήδη από το πρώιμο στάδιο του σχεδιασμού. Παράλληλα η τεχνολογία στον ενεργειακό τομέα προσέλυσε το ενδιαφέρον μεγάλων βιομηχανιών, έτσι ώστε σήμερα να υπάρχουν όχι μόνο η τεχνολογική γνώση, αλλά και τα μέσα για τον σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων "χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας". Το μοναδικό ίσως πρόβλημα που συνεχίζει να υπάρχει, είναι το γεγονός ότι δεν έχει γίνει συνείδηση σε ευρεία κλίμακα η νέα "ενεργειακή λογική" τόσο στους μελετητές, όσο κυρίως και στους χρήστες των κτιρίων, ώστε η εφαρμογή των ενεργειακών τεχνικών στον κτιριακό τομέα να αποτελεί τον κανόνα και όχι την εξαίρεση.

2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΟ – ΑΠΟ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Με τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός κτιρίου αναπτύσσεται αυτόματα ένα σύστημα δεσμών μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος, του κελύφους του κτιρίου και του εσωτερι-

κού περιβάλλοντος, με σειρά αλληλεπιδράσεων που σχετίζονται άμεσα με τις εποχιακές και ημερήσιες μεταβολές των κλιματικών συνθηκών και τις ποικίλες απαιτήσεις των χρηστών, οι οποίες και μεταβάλλονται ως προς τον χρόνο και το χώρο.

Η αγνόηση των παραπάνω δεσμών και αλληλεπιδράσεων οδηγεί όπως είναι προφανές στη χρήση πολυδάπανων εγκαταστάσεων για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων, σε υψηλότερο κόστος λειτουργίας και βέβαια στην άλογη απόφαση να ζει ο χρήστης του κτιρίου λίγο ή πολύ σε θερμικά τεχνητό περιβάλλον. Αν και αυτό μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελεί μία πραγματικότητα ή βολική προσέγγιση, σήμερα αυτή η αντιμετώπιση των κτιρίων αμφισβητείται και απορρίπτεται, καθώς ελαχιστοποιείται, περιορίζεται η ευκαιρία να σχεδιαστούν κτίρια σε ένα πιο ολιστικό επίπεδο, τα οποία να μπορούν να ανταποκριθούν στα δεδομένα του περιβάλλοντός τους, με την αποτελεσματική μορφή τους, την ενδελεχή μελέτη και χρησιμοποίηση ήπιας τεχνολογίας και τεχνικών και βέβαια την ευφυή χρήση των υλικών.

Τα ενεργειακά αυτά ζητήματα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ιδίως σε κτίρια μεγάλης έκτασης και ειδικής λειτουργίας, όπως είναι τα "Κτίρια Γραφείων, τα Σχολεία, Νοσοκομεία, Δημόσια Κτίρια Διοίκησης κ.α.". Εφαρμογές και εμπειρία από αυτές τις κατηγορίες κτιρίων στα οποία έχει ενσωματωθεί η ενεργειακή λογική υπάρχει μεγάλη, καθώς έχουν σχεδιαστεί, κατασκευαστεί και αξιολογηθεί πολλά κτίρια όχι μόνον στην Ελλάδα αλλά και σε όλο τον κόσμο με θετικά κατά κανόνα αποτελέσματα.

Αν ασχοληθεί όμως κανείς με την πλειοψηφία των κτιρίων στον τόπο μας και όχι με τις ελάχιστες εξαιρέσεις, θα διαπιστώσει πολύ εύκολα ότι η ενεργειακή τους κατάσταση είναι κάθε άλλο παρά ενθαρρυντική. Η άποψη αυτή τεκμηριώθηκε πολλές φορές μέσα από ερευνητικές δραστηριότητες όπου και επιχειρήθηκε να καταγραφεί με κάθε λεπτομέρεια η πραγματική θερμική συμπεριφορά των κτιρίων με κύριο στόχο να αποκτηθεί κατά το δυνατόν μία ολοκληρωμένη εικόνα για τις παραμέτρους εκείνες που επηρεάζουν αρνητικά ή ακόμη και θετικά την ενεργειακή τους απόδοση. Παράλληλα με τις παραπάνω έρευνες που έχουν στο ενεργητικό τους πολλές δεκάδες κτίρια, οι μελέτες προχώρησαν και στην θεωρητική προσέγγιση του προβλήματος με την χρήση εξειδικευμένων προσομοιωτικών προγραμμάτων. Τα αποτελέσματα και με τις δύο μεθόδους, συγκρίθηκαν μεταξύ τους, αξιολογήθηκαν και βγήκαν χρήσιμα συμπεράσματα που στόχευαν κάθε φορά να δώσουν απαντήσεις και λύσεις στα ενεργειακά προβλήματα που αντιμετωπίζουν, αν όχι όλα, τα περισσότερα από τα 3.7εκ. κτίρια στον τόπο μας.

Από όλες αυτές τις μελέτες είναι πράγματι γεγονός ότι αποκτήθηκε ικανή εμπειρία, έτσι ώστε να μπορεί κανείς σήμερα με μεγάλη άνεση να διατυπώσει τη θέση ότι τα προβλήματα

πλέον είναι γνωστά και βέβαια ότι υπάρχουν λύσεις οικονομικά βιώσιμες και επιστημονικά τεκμηριωμένες.

Εκείνο βέβαια που θα πρέπει να τονιστεί και έχει μεγάλη σημασία, είναι ότι τελικά γνωρίζουμε ή καλλίτερα ότι μπορούμε να προσδιορίσουμε για κάθε ένα κτίριο το εύρος (ανώτερα και κατώτερα όρια) της ενεργειακής του κατανάλωσης, κυρίως για θέρμανση αλλά και για ψύξη, με αποτέλεσμα πρώτον να είμαστε σε θέση να κρίνουμε και να αξιολογήσουμε την υφιστάμενη κατάστασή του, και δεύτερον να είμαστε σε θέση να διατυπώσουμε συγκεκριμένες βελτιωτικές προτάσεις, ώστε να κατευθύνουμε την ενεργειακή τους απόδοση προς ένα συγκεκριμένο στόχο.

Ενημερωτικά σημειώνεται ότι όλα τα διαθέσιμα στοιχεία για τον κτιριακό τομέα θα αποτελέσουν τη βάση για τον νέο "Κανονισμό Ορθολογικής Χρήσης & Εξοικονόμησης Ενέργειας" όπου μαζί με επιπλέον πληροφορίες οι οποίες θα συλλεχθούν από πρόσθετες ενεργειακές αναλύσεις, θα διασφαλιστεί η ορθότητα των αποτελεσμάτων και θα οδηγηθούμε με ασφαλή τρόπο στην ένταξη κάθε κτιρίου – νέου ή υφιστάμενου – σε ανάλογη "Ενεργειακή Κατηγορία" και στην έκδοση "Ενεργειακής Ταυτότητας" η οποία και θα αποτυπώνει με σαφή τρόπο τα ενεργειακά χαρακτηριστικά του.

Από παλαιότερες αλλά και πρόσφατες εργασίες έχει γίνει σαφές ότι οι διακυμάνσεις της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου επηρεάζονται άμεσα από ένα πλήθος παραμέτρων οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

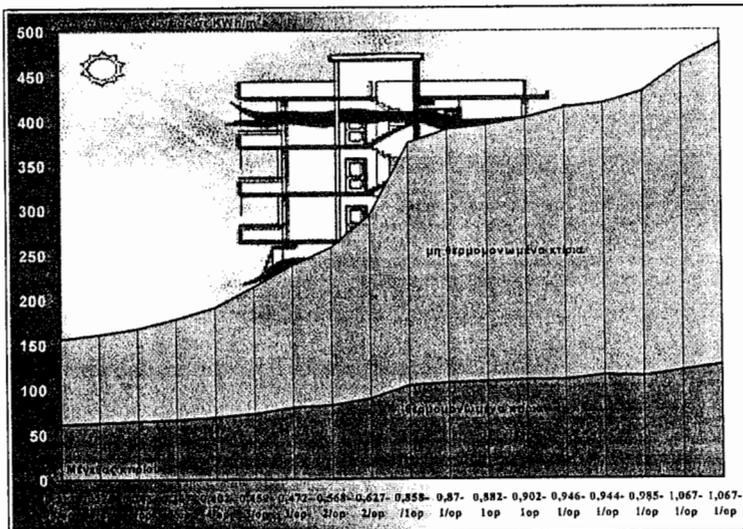
- οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής όπου εντάσσεται το κτίριο
- ο προσανατολισμός σε συνδυασμό με την σκίαση από διπλανά εμπόδια ή τις διάφορες ηλιοπροστατευτικές διατάξεις
- η μορφή του κτιρίου
- η θερμική προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων του κελύφους του, με χρήση υλικών κυρίως θερμομονωτικών υψηλών προδιαγραφών στα οποία συμπεριλαμβάνονται και τα ανοίγματα
- η λειτουργική οργάνωση των εσωτερικών χώρων
- το προφίλ λειτουργίας του κτιρίου (ώρες λειτουργίας της εγκατάστασης θέρμανσης, εσωτερικές θερμοκρασίες, αερισμός των χώρων κ.λ.π.)
- βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης θέρμανσης, κ.ά.

Από τα παραπάνω στοιχεία γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι είναι πάρα πολύ δύσκολη μία προσπάθεια ενεργειακής ταξινόμησης των κτιρίων, από το γεγονός και μόνον ότι όλες οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν καθοριστικά την θερμική τους συμπεριφορά παρουσιάζονται διαφοροποιημένες από κτίριο σε κτίριο. Για να απλοποιηθεί βέβαια το πρόβλημα θα μπορούσε κανείς να επιλέξει για κάθε κατηγορία μερικούς βασικούς τύπους και να αναλύσει υ-

πολογιστικά την θερμική τους συμπεριφορά κάτω από αποδεκτές συνθήκες λειτουργίας, ώστε να διασφαλιστεί ένα καθορισμένο επίπεδο θερμικής άνεσης. Το τελευταίο επιχειρήθηκε σε πολλές κατηγορίες κτιρίων και σε διάφορες περιοχές της χώρας, από τις οποίες και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μόνον από την ενεργοβόρο πλειοψηφία των κτιρίων κατοικιών (αριθμούν 2,5εκ. κτίρια σε σύνολο 3,7εκ.) τα οποία και ανήκουν στην ψυχρή κλιματική ζώνη της Ελλάδας.

2.1 Θεωρητική προσέγγιση της θερμικής συμπεριφοράς 18 συμβατικών τύπων κτιρίων

Από το διάγραμμα του σχήματος 1 μπορεί να διακρίνει κανείς πολύ εύκολα για διάφορα μεγέθη κτιρίων τα οποία εκφράζονται με την F/V σχέση τους, την ραγδαία μεταβολή –αύξηση των καταναλώσεων καθώς μειώνεται του μεγέθός τους. Έτσι η μέγιστη μεταβολή που μπορεί να παρουσιαστεί στην κατανάλωση ενέργειας –αηγημένη ανά μ^2 ωφέλιμης επιφάνειας σε κάτοψη ετησίως- καθώς μεταβαίνουμε από ένα πολύωρο μεγάλο μεγέθους κτίριο σε ένα μονώροφο μικρού μεγέθους, μπορεί να αποδειχθεί ακόμη και τριπλάσια (καμπύλη αμόνωντων κτιρίων). Οι μεταβολές αυτές όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς στο ίδιο διάγραμμα, εμφανίζονται πιο ήπιες με την μόνωση του κελύφους, όπου κάτω από τις ίδιες συνθήκες λειτουργίας των κτιρίων, τα αποτελέσματα δείχνουν αντίστοιχα κατά μέγιστο έναν διπλασιασμό των καταναλώσεων. Στην περίπτωση βέβαια που εφαρμοστούν ενεργειακά πιο ολοκληρωμένες λύσεις, τότε είναι αυτονόητο ότι και η συμπεριφορά των κτιρίων θα είναι θεαματικά πιο ευνοϊκή και οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων τύπων κτιρίων θα είναι ελαχιστοποιημένες.



Σχήμα 1. Κατανάλωση ενέργειας για διάφορους τύπους κτιρίων κατοικιών με ή χωρίς θερμική προστασία στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του κελύφους τους.

Σημειώνεται ότι οι θερμικοί υπολογισμοί βασίστηκαν στις παραδοχές ότι τα κτίρια έχουν 21°C εσωτερική θερμοκρασία, 0,6 εναλλαγές αέρα ανά ώρα, 0,75 βαθμό απόδοση της εγκατάστασης θέρμανσης, όπως επίσης ότι η κεντρική θέρμανση είναι σε λειτουργία μέσω θερμοστάτη 16 ώρες ημερησίως και ακόμη ότι υπάρχει η δυνατότητα παροχής ζεστού νερού χρήσης από το boiler. Ως προς την θερμική προστασία του κελύφους αναφέρεται ότι αυτό θεωρήθηκε στην πρώτη ομάδα υπολογισμών ότι είναι αμόνωτο, ενώ στην δεύτερη ομάδα ότι είναι θερμομονωμένο σύμφωνα με τον ισχύοντα "Κανονισμό Θερμομόνωσης" των κτιρίων. Οποιοσδήποτε διαφοροποιήσεις στις παραπάνω παραδοχές είναι αυτονόητο ότι επηρεάζουν ανάλογα και τα αποτελέσματα, σε ποσοστό το οποίο και μπορεί παρά πολύ απλά και με αρκετά μεγάλη ακρίβεια να εκτιμηθεί. Το τελευταίο θα απαιτούσε σχετική εμπειρία, καθώς και την γνώση των αναλυτικών αποτελεσμάτων, η έκταση των οποίων δεν επιτρέπει την παρουσίασή τους στα πλαίσια αυτής της εργασίας.

Η αξιοπιστία του διαγράμματος στο σχήμα 1, ή ακόμη καλλίτερα η σύγκλιση ή το μέγεθος της απόκλισης των αποτελεσμάτων έχει ελεγχθεί σε πάρα πολλά κτίρια για τα οποία και ήταν γνωστά τα περισσότερα από τα βασικά ενεργειακά μεγέθη τους και έχει διαπιστωθεί η πολύ καλή εκτίμηση που μπορεί να δώσει.

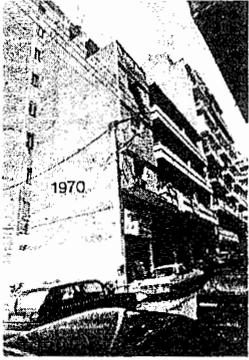
2.2 Διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς 15 πολυώροφων και 15 διώροφων συμβατικών κτιρίων με καταγραφές και μετρήσεις

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ενεργειακών καταναλώσεων από 30 κτίρια διαφόρου ηλικίας και μεγέθους. Σημειώνεται ότι για τα κτίρια αυτά έχουν γίνει λεπτομερείς καταγραφές σε σχέση με τις εσωτερικές θερμοκρασίες τους χειμώνα καλοκαίρι, την κατασκευή του κελύφους τους, το προφίλ λειτουργίας, τον εξοπλισμό τους κ.λ.π. Η πρώτη ομάδα κτιρίων περιλαμβάνει κυρίως πολυώροφα κτίρια από το 1955-1995 διαφόρων μεγεθών, ενώ η δεύτερη ομάδα ασχολείται μόνον με κτίρια χαμηλού ύψους 1-2 ορόφους με ή χωρίς υπόγειο, τα οποία και χρονολογούνται από το 1935-1998. Τα τελευταία ανήκουν σε περιοχή της Θεσσαλονίκης, ενώ το ενδιαφέρον από αυτή την κατηγορία απορρέει από το γεγονός ότι θεωρείται η πλέον ενεργοβόρος κατηγορία κτιρίων.

Τέλος σε μία τρίτη ομάδα δίνονται στοιχεία από σύγχρονες κατασκευές κτιρίων στα οποία έχουν παρθεί υπόψη οι αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, παρουσιάζοντας έτσι και πολύ πιο ενθαρρυντικά αποτελέσματα, τα οποία και μας καταδεικνύουν άμεσα την σκοπιμότητα των ενεργειακών παρεμβάσεων και των πιο ολοκληρωμένων λύσεων.

2.2.1 Παραδείγματα πολυώροφων συμβατικών κτιρίων.

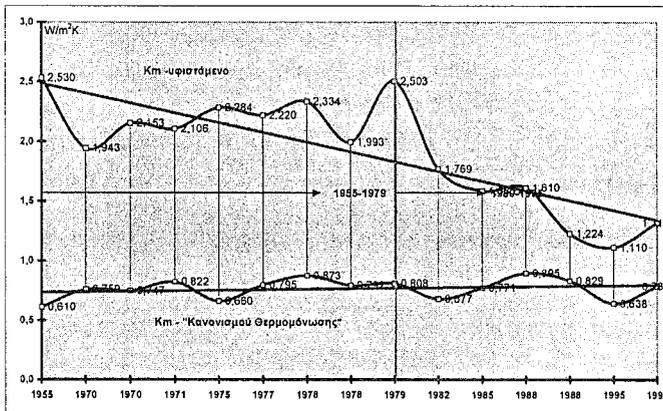
Πίνακας 1. Πραγματική κατανάλωση ενέργειας κτιρίων διαφόρου ηλικίας και μεγέθους.

<p>1) 1955</p>  <p>F/V:0,67 (αμόνωτο) 35 kWh/(m²a) κατάστημα-15°C 137 kWh/(m²a) κατοικία -19 °C</p>	<p>2) 1970</p>  <p>F/V:0,581 (αμόνωτο) 227 kWh/(m²a) - 19 °C</p>	<p>3) 1970</p>  <p>F/V:0,556 (αμόνωτο) 30 kWh/(m²a) κατάστημα13°C 182 kWh/(m²a) κατοικία-22 °C</p>
<p>4) 1971</p>  <p>F/V : 0,417 (αμόνωτο) 132 kWh/(m²a) – 22 °C</p>	<p>5) 1975</p>  <p>F/V : 67 (αμόνωτο) 252 kWh/(m²a) 19,5°C κατάστ.&14 °C κατοικία</p>	<p>6) 1977</p>  <p>F/V : 0,485 (αμόνωτο) 272 kWh/(m²a) κατοικίες-19°C 70 kWh/(m²a) κατάστημα-17°C</p>
<p>7) 1978</p>  <p>F/V : 0,38 (αμόνωτο) 207 kWh/(m²a) - 22 °C</p>	<p>8) 1978</p>  <p>F/V : 0,449 (αμόνωτο) 174 kWh/(m²a) - 19 °C</p>	<p>9) 1979</p>  <p>F/V : 0,449 (αμόνωτο) 346kWh/(m²a)κατάστημα19 °C 184 kWh/(m²a) κατοικία-18 °C</p>

<p>10) 1982</p>  <p>F/V : 0,520 (μόνωση δώματος) 177 kWh/(m²a) – 18-20 °C</p>	<p>11) 1985</p>  <p>F/V : 0,57 (ελλιπώς μονωμένο) 156 kWh/(m²a) 18,5 °C</p>	<p>12) 1988</p>  <p>F/V : 0,26 (ελλιπώς μονωμένο) 54 kWh/(m²a) 20 °C Τράπεζα 113 kWh/(m²a) 24 °C Κατοικίες</p>
<p>13) 1988</p>  <p>F/V : 0,457 (ελλιπώς μονωμένο) 97 kWh/(m²a) 21 °C</p>	<p>14) 1995</p>  <p>F/V : 0,589 (ελλιπώς μονωμένο) 152 kWh/(m²a) 22 °C</p>	<p>15) 1995</p>  <p>F/V : 0,545 (ελλιπώς μονωμένο) 92-95 kWh/(m²a) 19-21,5 °C</p>

Από τα αναλυτικά αποτελέσματα /1/ που λόγω έκτασης δεν είναι δυνατόν να παρουσιαστούν στην εργασία αυτή θα μπορούσαν να διατυπωθούν τα παρακάτω βασικά συμπεράσματα:

- κανένα απολύτως κτίριο δεν είναι ενεργειακά νόμιμο σύμφωνα με τον ισχύοντα "Κανονισμό Θερμομόνωσης" Η αναφορά γίνεται κυρίως για τα μετά το 1979 κτίρια τα οποία και όφειλαν να είναι προσαρμοσμένα στις ισχύουσες διατάξεις (σχήμα 2)



Σχήμα 2. Σύγκριση μεταξύ των συντελεστών θερμοπερατότητας "Km" & "Kmax" για τα 15 κτίρια στην περιοχή της Θεσ/νίκης /2/

- σε όσα κτίρια παρουσιάστηκαν απρόβλεπτα χαμηλές καταναλώσεις, αυτές δικαιολογούνται από τον περιορισμένο, διακοπτόμενο χρόνο λειτουργίας της εγκατάστασης θέρμανσης και συνεπώς από τις χαμηλότερες των 20-21°C εσωτερικές θερμοκρασίες που καταγράφηκαν. Με μία απλή αναγωγή στα επιθυμητά επίπεδα θερμοκρασιών, διαπιστώνεται ότι επιτυγχάνεται μία σαφώς καλλίτερη προσέγγιση μεταξύ των αποτελεσμάτων του διαγράμματος 1 και του πίνακα 1 (παράδειγμα κτίριο 2, 5, 6, 8, 9 και διάγραμμα 1). Υπήρξαν βέβαια και κτίρια, όπως το κτίριο 7, που παρουσίασαν υψηλότερες καταναλώσεις από τις αναμενόμενες, λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών που καταγράφηκαν. Σημειώνεται ότι η προσπάθεια σύγκρισης των αποτελεσμάτων μεταξύ των υπολογισμένων και των πραγματικών τιμών, γίνεται λίγο πιο σύνθετη και απαιτεί περισσότερη εμπειρία, όταν θα πρέπει να συνδυάσει και να πάρει κανείς υπόψη του περισσότερες παραμέτρους εκτός από τις διαφορές στην εσωτερική θερμοκρασία.
- σε όσα επίσης κτίρια καταγράφηκαν χαμηλότερες καταναλώσεις από τις προβλεπόμενες με ικανοποιητικές παράλληλα θερμοκρασίες αυτό οφειλόταν κυρίως στην πυκνή δόμηση της περιοχής με στενούς δρόμους και συνεπώς στις καλλίτερες εξωκλιματικές συνθήκες του αστικού περιβάλλοντος από αυτές που εμφανίζονται στους ελεύθερους χώρους. Επίσης μεγάλη ρόλο έπαιξε και η θέση του διαμερίσματος όπου έγιναν οι μετρήσεις (μεσαίο, δηλαδή προστατευμένο ή τελευταίου ορόφου - κτίρια 3 & 4).
- σε όσα κτίρια πάρθηκαν κάποια μέτρα για την περιστολή των θερμικών απωλειών τους από τα δομικά στοιχεία του κελύφους, (κτίρια 11-15) διπλοί υαλοπίνακες στα κουφώματα, μόνωση στο δάμα, ή ακόμη και συνολική μόνωση πλην όμως ελλιπής (σχ. 2), αυτά παρουσίασαν σαφώς πολύ καλλίτερα ενεργειακά αποτελέσματα από την ομάδα των μη θερμομονωμένων κτιρίων, πλην όμως αν εφαρμοζόταν όλα τα μέτρα όπως περιγράφονται στον ισχύοντα Κανονισμό, τότε και η συμπεριφορά τους θα είχε καλλίτερη εικόνα και τα αποτελέσματα θα είχαν μεγαλύτερη σύμπτωση με αυτά του σχήματος 1.

Ανεξάρτητα όμως από τις όποιες διαφοροποιήσεις παρουσιάζονται μεταξύ των προβλεπόμενων τιμών που φαίνονται στο σχήμα 1 και των πραγματικών τιμών που καταγράφηκαν στον πίνακα 1, και ανεξάρτητα για ποιους λόγους εμφανίζονται αυτές οι διαφοροποιήσεις, εκείνο που έχει τεράστια σημασία είναι ότι τα προ του 1979 κτίρια ή καλλίτερα τα μη θερμομονωμένα κτίρια καταναλώνουν – με πραγματικά στοιχεία- κατά μέσο όρο 210 kWh/m² ετησίως, ενώ αυτά που είναι έστω και ελλιπώς θερμομονωμένα η κατανάλωσή τους συμπιέζεται στις 110 kWh/m² ετησίως, δηλαδή καταγράφεται αυτόματα μία εξοικονόμηση ενέργειας που αγ-

γίζει περίπου το 50%.

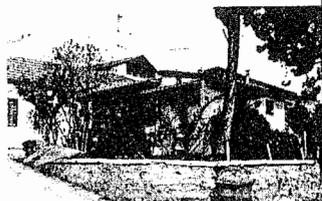
2.2.2 Παραδείγματα διαρόφων συμβατικών κτιρίων.

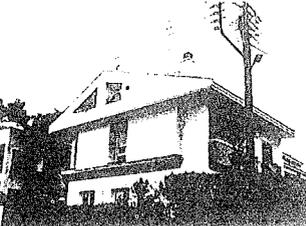
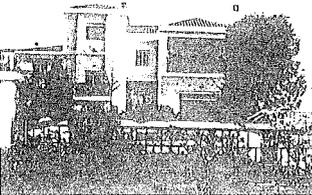
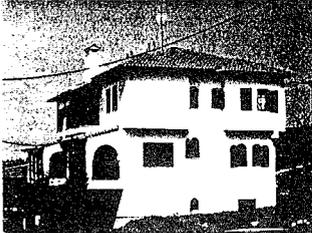
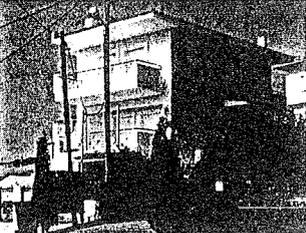
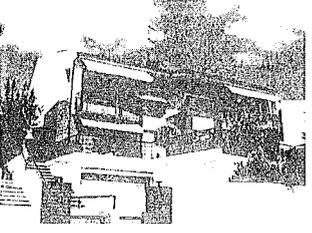
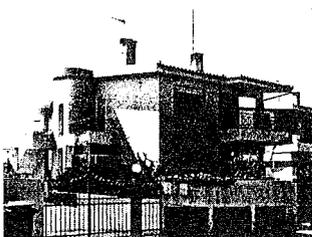
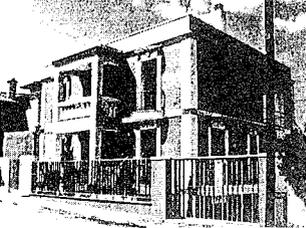
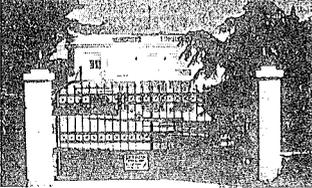
Αντίστοιχες μελέτες και καταγραφές όπως αυτές που πολύ σύντομα παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, έγιναν και για κτίρια χαμηλού ύψους τα συνοπτικά αποτελέσματα των οποίων καταγράφονται στον πίνακα 2 που ακολουθεί.

Τα συμπεράσματα που θα είχε κανείς να διατυπώσει δεν διαφέρουν και πολύ από τα προηγούμενα με την πρόσθετη σημείωση ότι η ομάδα αυτή των κτιρίων, όπως και αλλού τονίστηκε, καταγράφει πολύ υψηλότερες καταναλώσεις συγκριτικά με τα πολυώροφα κτίρια.

Έτσι ο μέσος όρος κατανάλωσης ενέργειας για τα μη θερμομονωμένα κτίρια αγγίζει τις 306 kWh/m² ετησίως, ενώ αντίθετα για τα ελλιπώς θερμομονωμένα τις 139 kWh/m² ετησίως.

Πίνακας 2. Πραγματική κατανάλωση ενέργειας κτιρίων χαμηλού ύψους διαφόρου ηλικίας και μεγέθους.

16) 1935  282 kWh/(m ² a) 23 °C μη θερμομονωμένο	17) 1960  383 kWh/(m ² a) 22 °C μη θερμομονωμένο	18) 1978  238-317 kWh/(m ² a) 22 °C μη θερμομονωμένο
19) 1980  276 kWh/(m ² a) 20 °C μη θερμομονωμένο	20) 1986  110 kWh/(m ² a) 19 °C θερμομονωμένο	21) 1988  178 kWh/(m ² a) 24 °C θερμομονωμένο

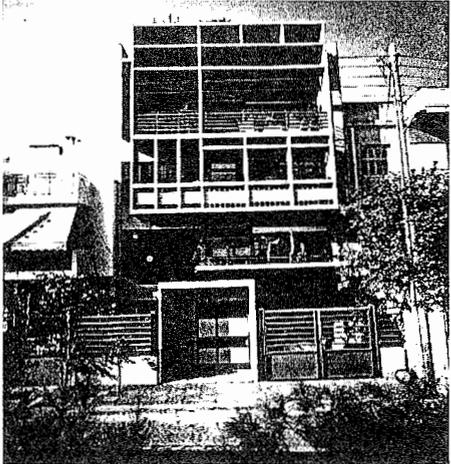
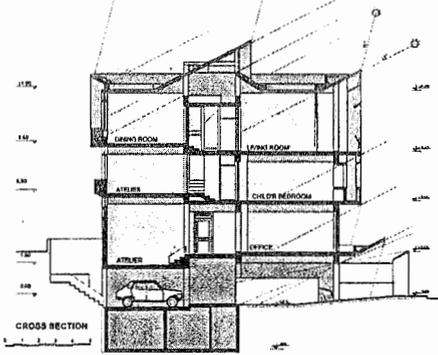
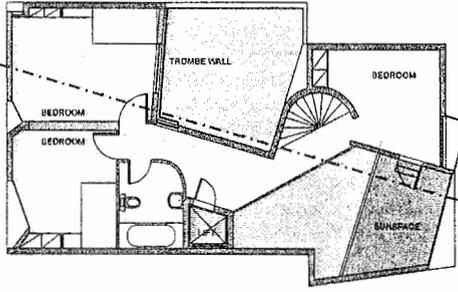
<p>22) 1990</p>  <p>175-197 kWh/(m²a) 20 °C θερμομονωμένο</p>	<p>23) 1990</p>  <p>234 kWh/(m²a) 20 °C θερμομονωμένο</p>	<p>24) 1991</p>  <p>167 kWh/(m²a) 18 °C θερμομονωμένο</p>
<p>25) 1993</p>  <p>138 kWh/(m²a) 21 °C θερμομονωμένο</p>	<p>26) 1993</p>  <p>110 kWh/(m²a) 20 °C θερμομονωμένο</p>	<p>27) 1994</p>  <p>79 kWh/(m²a) 22 °C θερμομονωμένο</p>
<p>28) 1966</p>  <p>128 kWh/(m²a) 20 °C θερμομονωμένο</p>	<p>29) 1997</p>  <p>101 kWh/(m²a) 22 °C θερμομονωμένο</p>	<p>30) 1998</p>  <p>115 kWh/(m²a) 23 °C θερμομονωμένο</p>

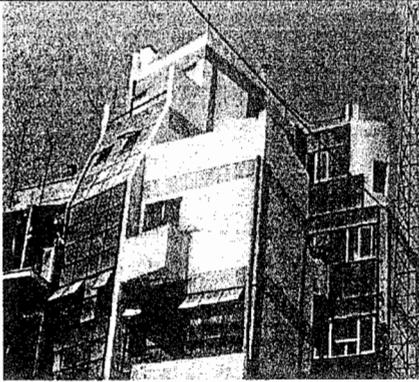
2.3 Ενεργειακή απόδοση βιοκλιματικών κτιρίων

Από την ομάδα των μελετητών που ασχολούνται και κάνουν πράξη τον ενεργειακό σχεδιασμό, πάρθηκε ένας πολύ μικρός αριθμός κτιρίων – πέντε συνολικά - τα οποία και παρουσιάζονται στη συνέχεια. Σκοπός δεν είναι να παρουσιαστούν όλες οι δυνατές ενεργειακές στρατηγικές που μπορεί να εφαρμοστούν σε ένα κτίριο, αλλά να δειχθεί μέσα από αυτά τα παραδείγματα η ενεργειακή λογική, καθώς και η αποτελεσματικότητα και η απόδοση ορισμένων

τεχνικών που εφαρμόζονται σε πιο ολοκληρωμένες λύσεις κτιρίων αυτής της κατηγορίας. Τέλος στόχος είναι να φανεί με απλό συγκριτικό τρόπο (πίνακες 1-3) η εξέλιξη της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων, καθώς και οι δυνατότητες που υπάρχουν για την συμπίεση των ορίων κατανάλωσης ενέργειας.

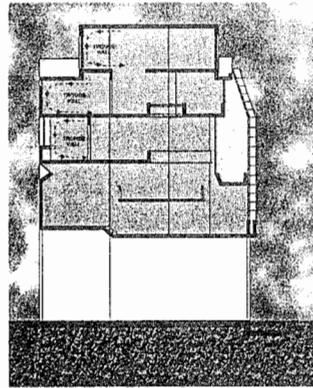
Πίνακας 2. Πραγματική ή και υπολογισμένη κατανάλωση ενέργειας κτιρίων στα οποία έχουν προταθεί και εφαρμοστεί ολοκληρωμένες ενεργειακές τεχνικές.

<p style="text-align: center;">1985</p> <p>Μονοκατοικία – Περιοχή Φιλοθέη Αθήνα</p>  <p style="text-align: center;">F/V:0,379</p> <p style="text-align: center;">71,76 kWh/(m²a) Βιοκλιματικό κτίριο</p> <p style="text-align: center;"><i>Μελέτη – Κατασκευή – Μ. Σουβατζίδης</i></p>	 <p>Το κτίριο είναι ενεργειακά σχεδιασμένο με πολύ καλή θερμική συμπεριφορά χειμώνα-καλοκαίρι, λόγω των παθητικών ηλιακών τεχνικών που έχουν ενσωματωθεί στο κέλυφός του. Ανοίγματα οροφής επιτρέπουν τον αερισμό ή την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας ακόμη και στους βορινούς χώρους, ενώ οι τοίχοι Trombe, το άμεσο ηλιακό κέρδος από νότια ανοίγματα και το προσαρτημένο θερμοκήπιο, καλύπτουν το 36,5% της συνολικής ετήσιας ζήτησης. Η δυνατότητα διαμεπερούς αερισμού των χώρων καθώς και η μελετημένη σκίαση διασφαλίζουν σωστές συνθήκες και την θερινή περίοδο.</p>
<p style="text-align: center;">1986</p> <p>Μονοκατοικία – Περιοχή Αμπελοκήπων Αθήνα</p>	 <p style="text-align: center;">Κάτωψη ορόφου</p>



26 kWh/(m²a)
Βιοκλιματικό κτίριο

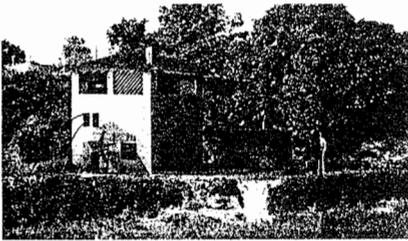
Μελέτη - Κατασκευή - Ιδιοκτησία
Κατερίνα Σποροπούλου



Τομή

Με την ελαφρά στροφή της πρόσοψης προς νότο, δόθηκε η δυνατότητα ενσωμάτωσης ενός διώροφου θερμοκηπίου, ενώ στην πίσω νότια πλευρά προς τον εσωτερικό ακάλυπτο προβλέφθηκαν τοίχοι θερμικής αποθήκευσης -Trombe-. Ικανοποιητική θεωρείται η θερμομόνωση του κελύφους. Τα παραπάνω σε συνδυασμό και με το αστικό περιβάλλον και το ήπιο κλίμα της περιοχής των Αθηνών οδηγούν σε συμπιεσμένα θερμικά φορτία.

1987 (Διαγωνισμός Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.)
Μονοκατοικία στο βουνό - Θεσ/νίκη

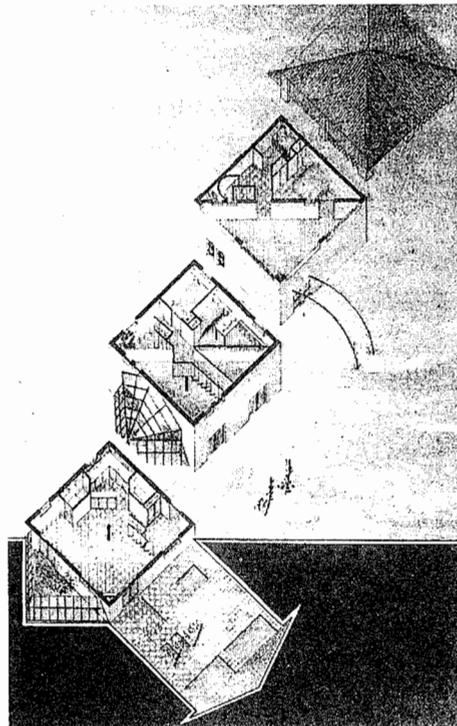


Μακέτα εργασίας

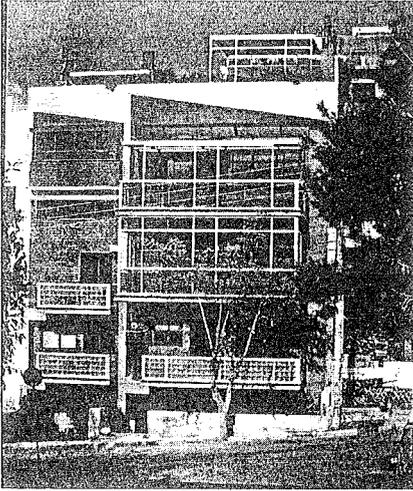
F/V:0,82
58 kWh/(m²a) - 21 °C

Αρχιτεκτονική μελέτη Μ. Χρυσομαλλίδης
Ενεργειακή μελέτη Ν. Χρυσομαλλίδου

Η κατοικία είναι ένας κύβος με ακμή 7,5μ, διαταγμένος πολύ κοντά στο ανάχωμα της βόρειας πλευράς. Πρόκειται για ένα κτίριο αμυντικό με μικρά ανοίγματα, ισχυρές μονώσεις, και με ένα προσαρτημένο θερμοκήπιο στην νότια πλευρά του. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το πλακόστρωτο στη αυλή, το οποίο και αποτυπώνει σε κατάκλιση την νότια όψη του κτιρίου.

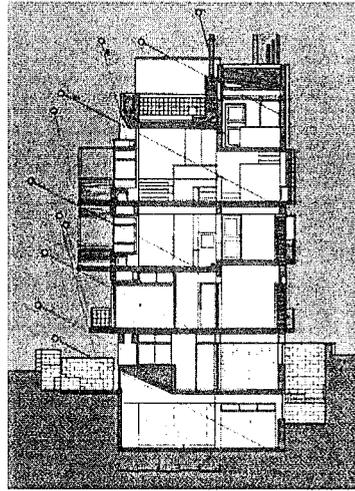


1993



F/V:0,834
53,13 kWh/(m²a)
Βιοκλιματικό κτίριο

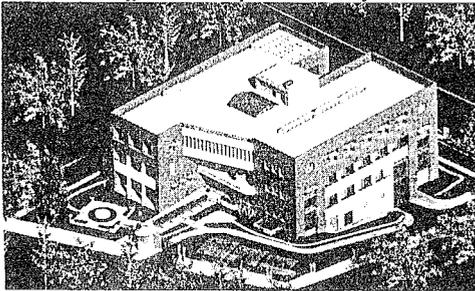
Μελέτη - Κατασκευή - Μ. Σουβατζίδης



Στην βασική ενεργειακή ιδέα του κτιρίου περιλαμβάνονται το φυτεμένο δώμα, το σολάριο στην ΝΔ όψη, οι χρυσοί βαμμένοι ανακλαστήρες στην πρόσοψη, τα ανοίγματα στην οροφή που συνδυάζουν τον φυσικό φωτισμό των χώρων με το άμεσο ηλιακό κέρδος, οι καλά μελετημένες ηλιοπροστατευτικές διατάξεις καθώς και οι μεμονωμένες για κάθε χώρο καμινάδες αερισμού.

1999

Δημόσιο Κτίριο - Κιλκίς



F/V: 0,470

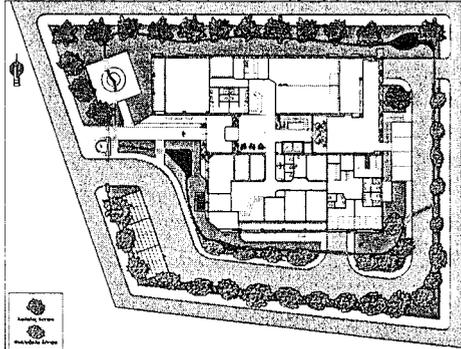
72,5 kWh/(m²a) -για θέρμανση - 21 °C
16,72-5,92 128 kWh/(m²a) για ψύξη - 26 °C
Βιοκλιματικό κτίριο

Διαγωνισμός μελέτη-κατασκευή. Το έργο είναι στο στάδιο της κατασκευής

Αρχιτεκτονική μελέτη Β. Παπάς - Ομάδα μελετών 406 αρχιτέκτονες

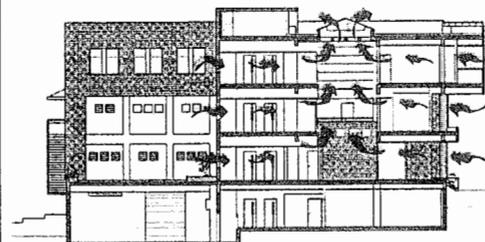
Βιοκλιματική μελέτη: Νιόβη Χρυσομαλλίδου & συνεργάτες

Τοπογραφικό διάγραμμα



Από το τοπογραφικό διάγραμμα διακρίνονται οι εξωτερικές παρεμβάσεις για την ενίσχυση της σκίασης και του εξατμιστικού δροσισμού. Η ενεργειακή μελέτη περιλαμβάνει στρατηγικές παθητικής θέρμανσης, φυσικού δροσισμού και φωτισμού. (θερμοσιφωνικά πάνελ, αίθριο, ανοίγματα οροφής, υδάτινο κανάλι στην περίμετρο του κτιρίου, ηλιοπροστατευτικές διατάξεις σε όλα τα ανοίγματα, ράφια

Τομή κτιρίου



Ενδεικτική τομή κτιρίου όπου φαίνεται η λειτουργία του εσωτερικού αιθρίου την θερινή περίοδο για την ενίσχυση του παθητικού δροσισμού και φυσικού φωτισμού των εσωτερικών χώρων

φωτισμού κ.λ.π.) Έχει γίνει λεπτομερής μελέτη σκιασμού των όψεων από τα απέναντι κτίρια

Λόγω των περιορισμών που έθετε η προκήρυξη του διαγωνισμού σε σχέση με τα οικονομικά δεδομένα, η θερμομόνωση του κελύφους περιορίστηκε στις απαιτήσεις του ισχύοντα κανονισμού.

Σημειώνεται ιδιαίτερα ότι από έρευνα /6/ που έγινε στο Εργαστήριο Οικοδομικής του Α.Π.Θ. και που αφορούσε στα "Δημόσια Κτίρια" στην περιοχή της Μακεδονίας, καταγράφηκε η κατανάλωση ενέργειας του παλαιού κτιρίου που βρίσκεται στον πυκνοδομημένο ιστό της πόλης του Κιλκίς. Πρόκειται για ένα συμβατικό πολυώροφο κτίριο με πολύ πιο ευνοϊκή F/V σχέση συγκριτικά με αυτήν της προτεινόμενης λύσης και με ευνοϊκές συνοριακές συνθήκες (ενδιάμεσο).

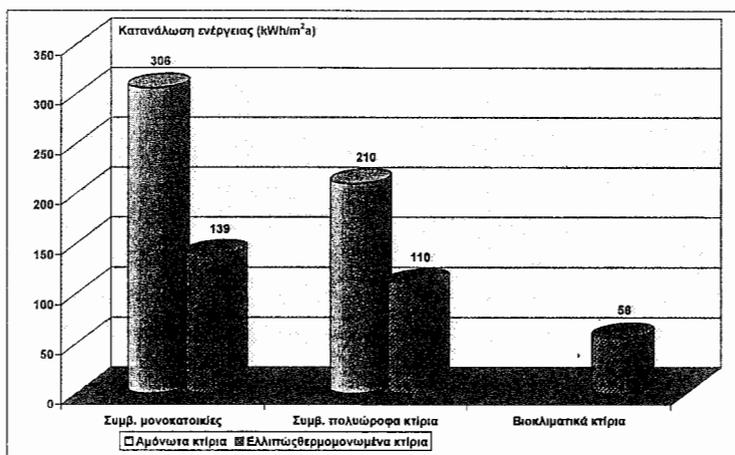
Η κατανάλωση που καταγράφηκε για το υφιστάμενο κτίριο είναι της τάξης των
285 kWh/(m²a)

3. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Και αν ακόμη η θεωρητική προσέγγιση των ενεργειακών ζητημάτων δημιουργεί αμφιβολίες, τα στοιχεία από την πράξη αποτελούν ισχυρή απόδειξη για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και τις δυνατότητες που υπάρχουν.

Οι εκτεταμένες έρευνες έχουν δείξει σαφώς ότι:

- το υφιστάμενο κτιριακό δυναμικό είναι ενεργειακά απαράδεκτο, καθώς κανένα κτίριο δεν έχει συμμορφωθεί εδώ και 20 χρόνια –από το 1979- στις ελάχιστες απαιτήσεις του "Κανονισμού θερμομόνωσης".
- οι καταναλώσεις είναι είτε σε απαράδεκτα υψηλά επίπεδα, είτε στην προσπάθεια να περιοριστούν για να μειωθεί το λειτουργικό κόστος, υποβιβάζεται αισθητά το επίπεδο της θερμικής άνεσης, καταγράφοντας ιδιαίτερα χαμηλές εσωτερικές θερμοκρασίες
- σε όποια συμβατικά κτίρια τα τελευταία 5 χρόνια έχουν γίνει κάποιες παρεμβάσεις, αυτά αντέδρασαν με πολύ καλό τρόπο, αλλά όχι με τον καλλίτερο δυνατό, όπως θα συνέβαινε εάν εφαρμοζόταν κατ' ελάχιστο, χωρίς εκπτώσεις, όσα ο "Κανονισμός" απαιτεί.
- τα κτίρια χαμηλού ύψους παρουσιάζουν την δυσμενέστερη ενεργειακή συμπεριφορά, συγκρινόμενα με τα πολυώροφα κτίρια γι αυτό και θα πρέπει να διατυπωθούν με κάθε προσοχή οι σχετικές ενεργειακές προδιαγραφές και απαιτήσεις. (πίνακας 2 & σχ.3)



Σχήμα 3. Μέσος όρος κατανάλωσης ενέργειας σε συμβατικά και βιοκλιματικά σχεδιασμένα κτίρια

- η μόνωση των δομικών στοιχείων αποτελεί μέσα από μία σειρά ενεργειακές τεχνικές το πρώτο μέτρο για την επίτευξη συγκεκριμένων ενεργειακών στόχων, είτε πρόκειται για συμβατικά είτε για βιοκλιματικά κτίρια. (σχ.3)
- με δεδομένες και τις ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες του τόπου μας, σκόπιμη και εφικτή θεωρείται η πρόταση για καθορισμό ενός πρώτου ενεργειακού στόχου έως και το επίπεδο των 50 kWh/m² ετ.. Το δεύτερο, ακόμη αποδεκτό, επίπεδο θα μπορούσε να περιλαμβάνει τιμές μεταξύ των 51-100 kWh/m² ετ. Κτίρια τα οποία υπερβαίνουν τα παραπάνω όρια θα πρέπει να απορρίπτονται ως ενεργοβόρα και να βελτιώνονται με κάθε μέσο και τρόπο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] M. Santamouris – N. Chrisomallidou –N. Klitsikas – A. Papadopoulos – N. Tsakiris "Energy Rehabilitation of Multi-use buildings" "Save 95" – CEC/DGXVII
- [2] N. Χρυσομαλλίδου "Ενεργειακή απόδοση υφιστάμενων κτιρίων" Διεθνές συνέδριο – Υφιστάμενα κτίρια: Εξοικονόμηση Ενέργειας & Περιβάλλον. Πρακτικά σελ. 65-81 (1999)
- [3] Φούντο Ε. – Χρυσομαλλίδου Ν. "Διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων κατοικιών χαμηλού ύψους" Α.Π.Θ. 1998
- [4] M. Santamouris – N. Chrisomallidou – G. Guarrancino – J. Sohns et.al. "Polistudies – An Educational Structure on Energy Efficient Buildings in Urban Areas" "Save 97" – CEC/DGXVII
- [5] Μελέτες αρχιτεκτονικών διαγωνισμών κατοικίας & ιδεών κατοικίας ΥΠΕΧΩΔΕ 1984
- [6] Π. Λιβέρης – Δ. Αραβαντινός – Α. Παπαδόπουλος – Ν. Τσακίρης "Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Δημόσια Κτίρια" "Save 95" – CEC/DGXVII – Θεσ/νίκη 1996

ΕΡΓΑΣΙΕΣ
ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΕΡΙΕΛΗΦΘΗΣΑΝ ΣΤΟΥΣ ΤΟΜΟΥΣ Α' - Β'

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ

Αννα Κοκκινάκη – Δανιήλ Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Λέκτορας
Εργαστήριο Οικοδομικής και Δομικής Φυσικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η περίπτωση κτιρίων γραφείων με μεμονωμένους χώρους και μεγάλα υαλοστάσια στις όψεις χωρίς κλιματισμό είναι μία διαδεδομένη -και ενδιαφέρουσα-περίπτωση για τη χώρα μας. Με μεθόδους θερμικής προσομοίωσης και με τα δεδομένα του Ελληνικού κλίματος σε πρόγραμμα Η/Υ, εξετάζεται στα επόμενα η θερμοκρασιακή συμπεριφορά των μεμονωμένων χώρων κτιρίων γραφείων χωρίς κλιματισμό στην υψηλή καλοκαιρινή περίοδο. Υπολογίζονται τα κρίσιμα θερμικά μεγέθη (θερμοκρασίες) και προσδιορίζονται οι τιμές των παραγόντων επιρροής, ώστε να υπάρξει άνετο εσώκλιμα σε μεμονωμένους χώρους γραφείων στην περίοδο των υψηλών θερμοκρασιών του ελληνικού κλίματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θερμοκρασιακή συμπεριφορά των κτιρίων το καλοκαίρι κερδίζει συνεχώς σε σημασία εξαιτίας των συνθηκών δόμησης και χρήσης των κτιρίων. Για τον λόγο αυτό, ο νέος κανονισμός θερμομόνωσης της Γερμανίας (1995), περιέχει απαιτήσεις για την καλοκαιρινή θερμοπροστασία σε μη κλιματιζόμενα κτίρια.

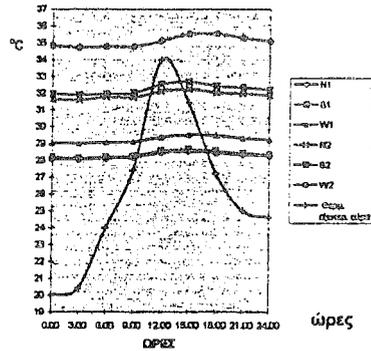
Οι εκτεταμένες επιφάνειες υαλοστασίων στις όψεις των διοικητικών κτιρίων και των κτιρίων γραφείων, οι εσωτερικές επενδύσεις με υλικά ελαττωμένης θερμοχωρητικότητας - π.χ. ψευδοροφές- αλλά και η παραμονή των ενοίκων στο κτίριο τις ώρες των υψηλών θερμοκρασιών λόγω ενός συνεχόμενου ωράριου εργασίας είναι στοιχεία που καθιστούν απαραίτητο τον έλεγχο της καλοκαιρινής θερμοπροστασίας σε μη κλιματιζόμενα κτίρια.

1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

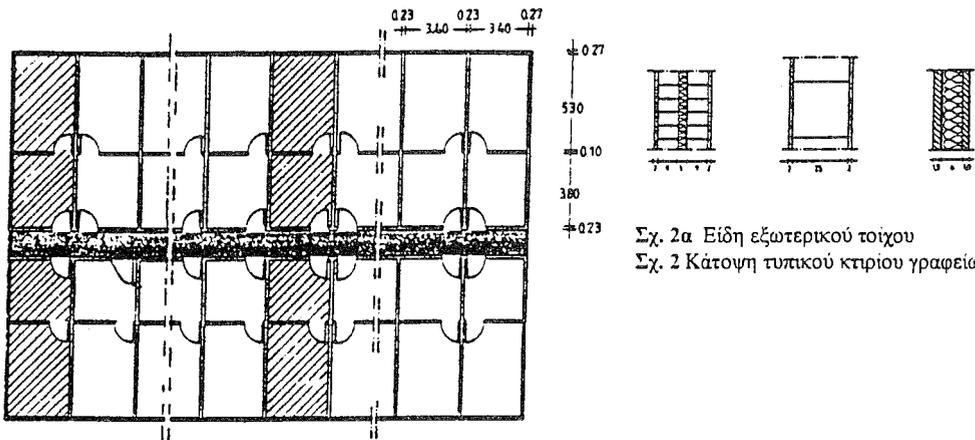
1.1 Θερμοκρασιακή κατάσταση

Οι θερμοκρασίες του χώρου προκύπτουν από τη σύγχρονη δράση όλων των μεγεθών επιρροής όπως ηλιακή ακτινοβολία, θερμοκρασίες του εξωτερικού αέρα, εσωτερικές θερμικές πηγές σε σχέση με το χώρο και το κτίριο. Επειδή τα μεγέθη αυτά δεν είναι σταθερά στο χρόνο συστήνουν μεταβαλλόμενες σχέσεις (δυναμική κατάσταση). Η καλοκαιρινή θερμοκρασιακή συμπεριφορά των μεμονωμένων γραφείων για μη κλιματιζόμενα κτίρια, χαρακτηρίζεται από την ημερήσια διακύμανση των θερμοκρασιών του χώρου. Κρίσιμη είναι η μέγιστη υπερθέρμανση -δηλαδή η ανύψωση της θερμοκρασίας- που είναι και το ουσιαστικό μέτρο για την καλοκαιρινή θερμοπροστασία και συνδέεται άμεσα με τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και την θερμική του φόρτιση.

Το σχήμα 1 δείχνει τη διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα σε σχέση με τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων (υαλοστασίων) ενός μεμονωμένου χώρου κτιρίου γραφείων που περιγράφεται στον πίνακα 2. Οι θερμοκρασίες του χώρου έχουν προκύψει από τα αποτελέσματα του προγράμματος θερμικής προσομοίωσης SUNCODE με κλιματικά δεδομένα της περιοχής Θεσσαλονίκης και τις συνθήκες χρήσης του πίνακα 1. Σχετικά με την διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας έχει επιλεγεί μία πολύ ζεστή, πλούσια σε ακτινοβολία ημέρα της καλοκαιρινής περιόδου (19 Ιουλίου) μέσα σε μία περίοδο ζεστών καλοκαιρινών ημερών /9/. Ως τυπικό κτίριο γραφείων επιλέγει ένα κτίριο με μεμονωμένους χώρους γραφείων σε δίδυμη διάταξη (σχ. 2).



Σχ.1: Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του χώρου ενός μεσαίου γραφείου με διάφορους προσανατολισμούς (N, S, W) και διαφορετική ηλιοπροστασία. Ποσοστό Ανοίγ. 70% 19 Ιουλίου Αερισ. 0.8 AC/H νυκτερινός N1, S1, W1: Τζάμι διπλό $g_F/U=0.2/3.5$ N2, S2, W2: Τζάμι διπλό $g_F/U=0.8/3.5$



Σχ. 2α Είδη εξωτερικού τοίχου
Σχ. 2 Κάτοψη τυπικού κτιρίου γραφείων

1.2 Συνθήκες χρήσης - Πίνακας 1

Τα επόμενα τίθενται ως βάση όσον αφορά τη χρήση, τον αερισμό και την ηλιοπροστασία :

Χρήση χώρου: από Δευτέρα μέχρι Παρασκευή 8.00 π.μ. – 8.00 μ.μ.

Ενοικιοί: 2 άτομα τα οποία δίδουν εσωτερικό κέρδος συνολικά 250 W/ημέρα.

Αερισμός: Δίδεται ελεγχόμενος αερισμός στο χώρο για τον περιορισμό της ανύψωσης της θερμοκρασίας σύμφωνα με τα επόμενα:

Βραδυνός αερισμός 8 μ.μ. – 8 π.μ. με τιμή 0.8, 3, 5, αλλαγές / ώρα

Ημερήσιος " 8 π.μ. – 8 μ.μ. " " " " "

24/ωρος " με τιμές " " " " "

Το άνοιγμα του αερισμού έχει ζητηθεί όταν η θερμοκρασία χώρου ξεπερνά τους 25.5°C και βάσει των δεδομένων του προγράμματος ο αερισμός ανοίγει μόνο όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία

Ηλιοπροστασία και διαπερατότητα ανοιγμάτων: Εξετάζονται 3 περιπτώσεις

α) Λευκό διπλό (μονωτικό) τζάμι χωρίς ηλιοπροστασία $g = 0.80$

β) Διπλό (μονωτικό) τζάμι με τον εξωτερικό υαλοπίνακα ανακλαστικό $g = 0.27$

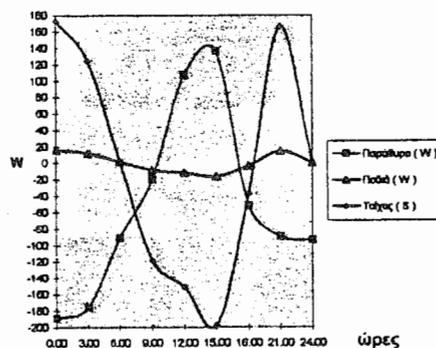
γ) Λευκό διπλό (μονωτικό) τζάμι με εξωτερικές ηλιοπροστατευτικές περισίδες $g = 0.20$

1.3 Περιγραφή του κτιρίου με τα μεμονωμένα -τυπικά- γραφεία - Πίνακας 2

Τόπος και θέση	Γεωγραφικό ύψος: Επιφάνεια θαλάσσης - Γ.Π. 40.38° βόρεια Ελεύθερο από όλες τις πλευρές. Προσανατολισμός: Αλλάζει	
Όροφος	Ενδιάμεσος όροφος ώστε δεν επηρεάζεται από τις συνθήκες του ισόγειου και του τελευταίου ορόφου	
Διαστάσεις του χώρου	Ύψος ορόφου: 3.00 m (2.70 m καθαρό) Βάθος: 9.60 m. Αξονικές αποστάσεις στύλων: 3.40 m Αριθμός καννάβων στο γραφείο: 1 - Πλάτος διαδρόμου : 1.50 m	
Ποσοστό επιφάνειας Παραθύρων	Στην όψη: μεταβλητό Πίσω όψη (πλευρά διαδρόμου) - Πόρτα εσωτερική	
Κατασκευή υαλοστασίων	Διαπερατότητα ανοίγματος μεταβλητή $g=0.80, 0.90, g_F=g_z=0.27, 0.23, 0.20$ /2/ Συντελεστής θερμοπερατότητας $U = 5.8 \text{ W/M}^2$ Απλό τζάμι, $U = 3.5 \text{ W/M}^2$ Δίδυμο μονωτικό τζάμι	
Εξωτερικοί τοίχοι	Βαρεία δόμηση 2 cm Εξωτ. Επίχρισμα 9 cm Οπτοπλινθοδομή 5 cm Διογκ. πολυεστερίνη 9 cm Οπτοπλινθοδομή 2 cm Εσωτ. Επίχρισμα	Ελαφριά δόμηση α) 1.0 cm Ετερνίτης 6.0 cm Διογκ. πολυεστερίνη 1.3 cm Γυψοσανίδα β) 2.0 cm Εξωτ. Επίχρισμα 25.0 cm Ελαφρό δομικό τούβλο 2.0 cm Εξωτερικό επίχρισμα
Διαχωριστικοί Τοίχοι	Βαρεία δόμηση 2 cm Επίχρισμα 19 cm Οπτοπλινθοδομή 2 cm Επίχρισμα	Ελαφριά δόμηση 1.3 cm Γυψοσανίδα 6.0 cm Υαλοβάμβακας 1.3 cm Γυψοσανίδα
Δάπεδο και Οροφή	Πλαστικό δάπεδο 2 cm Τσιμεντοκονία 30 cm Ωπλισμένο σκυρόδεμα 2 cm Οροφοκονίαμα	
Εσωτερικές πόρτες Επιπλα στο χώρο	Ξύλινη θύρα συνήθους κατασκευής - Πόρτα προς τον διάδρομο	

1.4 Θερμικός μηχανισμός

Στο σχήμα 3 παρίστανται –τα μέσω των εξωτερικών δομικών στοιχείων- προκύπτοντα θερμικά ρεύματα κατά τη διάρκεια της μέρας σε ένα χώρο γωνιακό προσανατολισμένο στη Δύση (υαλοστάσιο Δυτικό, εξωτερικός τοίχος νότιος). Το θερμικό ρεύμα δίδεται ως θετικό όταν κατευθύνεται από τον εξωτερικό αέρα, ή από το δομικό στοιχείο -τοίχος, ποδιά- προς τον χώρο. Το θερμικό ρεύμα μέσω του εξωτερικού τοίχου και της ποδιάς του υαλοστασίου δείχνει –σε αντίθεση με το θερμικό ρεύμα μέσω του τζαμιού- μία μεγάλη μετατόπιση φάσεως. Ο εξωτερικός τοίχος από οπτοπλινθοδομή, που έχει μία μικρή



Σχ.3 Θερμική ροή μέσω των δομικών στοιχείων. Γραφείο γωνιακό W (S)
Ποσοστό Ανοίγματος 70%
19 Ιουλίου Αερισμός 5AC/H
(8.00 μ.μ – 8.00 π.μ)
Τζάμι διπλό $g_F/U=0.8/3.5$

σχέση θερμο-κρασιακού εύρους, δέχεται θερμότητα στην περίοδο των υψηλών θερμοκρασιών του χώρου και συνεισφέρει με αυτόν τον τρόπο ώστε να μετριασθούν οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του αέρα του χώρου και να ελαχιστοποιηθούν οι μέγιστες τιμές. Από τη σύγκριση των διαγραμμάτων των θερμικών ροών για τους διάφορους προσανατολισμούς προέκυψε ότι ο εξωτερικός τοίχος παίρνει μεγαλύτερη ενέργεια από ένα χώρο που είναι προσανατολισμένος στη Δύση (200 W έναντι 130 W για βορρά και 180 W για Νότο) επειδή εδώ συμπίπτουν η μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία και η μέγιστη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

2. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΕΠΙΡΡΟΗΣ

2.1 Τα μεγέθη επιρροής

Μετά την απεικόνιση του θερμικού μηχανισμού για την ανταλλαγή των θερμικών ρευμάτων μεταξύ του χώρου και των στοιχείων του χώρου -καθώς και του εξωτερικού αέρα- ακολουθεί η ποσοτική εκτίμηση της επίδρασης των διαφόρων παραμέτρων και η αντιπαράθεση μεταξύ τους.

Ως παράγοντες επιρροής λαμβάνονται:

α) Ο προσανατολισμός του χώρου, β) Το μέγεθος της επιφάνειας του ανοίγματος (ως ποσοστό της επιφάνειας της όψης), γ) Η ηλιοπροστασία του ανοίγματος, δ) Ο αερισμός του χώρου, ε) Η κατασκευή του εξωτερικού τοίχου, στ) Το είδος της εσωτερικής δόμησης και η δράση τους αξιολογείται από τις τιμές των θερμοκρασιών που προέκυψαν μέσα στο χώρο.

Επίσης έχουν ληφθεί υπ' όψη δύο θερμικά συστήματα : Χώρος μεσαίος, Χώρος γωνιακός.

2.2 Η επίδραση της επιφάνειας των υαλοστασίων, της ηλιοπροστασίας και του αερισμού στις θερμοκρασίες του χώρου

Η επίδραση του μεγέθους των ανοιγμάτων (υαλοστασίων) και της ηλιοπροστασίας στη εσωτερική θερμοκρασία ενός προς τα νότια προσανατολισμένου χώρου περιγράφονται στο σχ. 4 και ενός προς τα δυτικά προσανατολισμένου στο σχ. 5. Για παραλλαγές της ηλιοπροστασίας λαμβάνεται υπ' όψη η επίδραση θερμοπροστατευτικών τζαμιών με τον εξωτερικό υαλοπίνακα ανακλαστικό ή από καθαρό γυαλί με εξωτερικές περσίδες. Το ποσοστό του ανοίγματος κυμαίνεται από 50% -90%. Για κάθε τύπο υαλοστασίου παρατίθενται τρεις διαφορετικές πορείες της μέγιστης θερμοκρασίας του χώρου. Έτσι φαίνεται και η επίδραση του εξωτερικού τοίχου στις θερμοκρασίες του χώρου.

Από την εξέταση των διαγραμμάτων στα σχ. 4, 5 όσον αφορά την επίδραση των διαφόρων παραγόντων επιρροής προκύπτουν τα ακόλουθα:

2.2.1 Η εκλογή ηλιοπροστασίας είναι αποφασιστικός παράγοντας για τις θερμοκρασίες του χώρου.

Ένα άνοιγμα με ποσοστό επιφάνειας 50% από καθαρό γυαλί συμπεριφέρεται δυσμενέστερα από ότι ένα άνοιγμα με ποσοστό επιφάνειας 90% με ηλιοπροστασία - εξωτερικές περσίδες ή ανακλαστικό γυαλί- (σχ. 5). Και περαιτέρω μία εξωτερική περσίδα σε ένα λευκό διπλό (μονωτικό) τζάμι και με χαμηλό αερισμό (0.8 AC/h) δίδει καλύτερες τιμές από ότι το ίδιο τζάμι με υψηλή εναλλαγή αέρα (5 AC/h) αλλά χωρίς ηλιοπροστασία, μόλις το ποσοστό ανοίγματος περάσει το 50% (σχ. 6).

2.2.2 Με αυξανόμενο αερισμό κατεβαίνει το επίπεδο της θερμοκρασίας του χώρου

Από το διάγραμμα του σχ. 6 προκύπτει ότι ένας χώρος με εναλλαγή αέρα 5 AC/h με απλό γυαλί για τα μεγέθη των ανοιγμάτων μέχρι 70% παραμένει πιο δροσερός από ένα χώρο με ανακλαστικό γυαλί και αερισμό 0.8/h.

2.2.3 Η επίδραση του μεγέθους των ανοιγμάτων ελαττώνεται σημαντικά με την ποιότητα της ηλιοπροστασίας και τη δύναμη του αερισμού.

Πάλι από το διάγραμμα του σχ. 6 προκύπτει ότι ενώ για μία αύξηση ανοίγματος από 50% στο 90% στην περίπτωση απροστάτευτου τζαμιού $g = 0.8$ και με χαμηλό αερισμό 0.8 AC/h έχουμε μία αύξηση της θερμοκρασίας 3°C στην περίπτωση υψηλού αερισμού και εξωτερικής ηλιοπροστατευτικής περσίδας (5AC/h, $g=0.20$) η διαφορά μέγιστης θερμοκρασίας χώρου για τα ποσοστά από 50% – 90% είναι 0.35°C .

2.3 Η επίδραση του προσανατολισμού

Η επίδραση του προσανατολισμού ήδη αναφέρθηκε στο σχ. 1. Με την ύπαρξη ηλιοπροστασίας ανέρχεται σε 1°C (και αναφερόμαστε στη μέγιστη θερμοκρασία του χώρου), ανεβαίνει με την απουσία ηλιοπροστασίας (3.5°C) και πέφτει με αυξανόμενο αερισμό. Σχετικά με την αποτελεσματικότητα των διαφόρων ηλιοπροστατευτικών διατάξεων ο προσανατολισμός είναι καθοριστικός.

2.4 Η επίδραση του είδους της δόμησης

2.4.1 Η επίδραση του εξωτερικού τοίχου

Τα εξωτερικά δομικά στοιχεία επιδρούν στη θερμοκρασία του χώρου μέσω της αντίστασης θερμοδιαφυγής και των ιδιοτήτων της εξωτερικής τους επιφάνειας απέναντι στην ακτινοβολία. Οι επιδράσεις αυτές έχουν ήδη ληφθεί υπ' όψη στα σχ. 4, σχ. 5 με την παραλλαγή της κατασκευής του εξωτερικού τοίχου. Από τη σύγκριση των διαφόρων τιμών προκύπτει ότι με αυξανόμενο αερισμό και ανερχόμενο ποσοστό επιφάνειας ανοιγμάτων η επίδραση του εξωτερικού τοίχου ελαττώνεται, μικροί συντελεστές απορρόφησης σε ακτινοβολία δηλ. ανοικτά χρώματα στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου επιδρούν γενικά

θετικά. Ένας υψηλός βαθμός θερμομόνωσης είναι προτέρημα εκτός των περιπτώσεων που από κακή τοποθέτηση των μονωτικών στρώσεων -δηλαδή στην εσωτερική επιφάνεια του χώρου- δημιουργείται ένα πολύ υψηλό θερμοκρασιακό επίπεδο.

Η επίδραση των εξωτερικών δομικών στοιχείων όσον αφορά την δυναμική κατάσταση χαρακτηρίζεται από τη σχέση θερμοκρασιακού εύρους και δίδεται στο σχ. 7. Εδώ φαίνεται η μέγιστη θερμοκρασιακή διακύμανση στη διάρκεια της ημέρας για τοίχους διαφορετικής σύστασης με περίπου ίδια αντίσταση θερμοδιαφυγής αλλά με πολύ διαφορετικό βάρος. Το ελαφρό πανό με την υψηλή τιμή σχέσης θερμοκρασιακού εύρους δίδει μεγαλύτερη θερμοκρασιακή διακύμανση από ότι ο βαρύς τοίχος από οπτοπλινθοδομή. Κάπου ενδιάμεσα βρίσκεται το μέσου βάρους μονωτικό τούβλο. Σε ακόμα μεγαλύτερη θερμοκρασιακή διακύμανση και υψηλότερες θερμοκρασίες οδηγεί η χρήση -ακουστικής- ψευδοροφής μέσα στο χώρο ιδιαίτερα σε συνδυασμό με ένα ελαφρό εξωτερικό τοίχο μεγάλης επιφάνειας. Αλλά και στην αντίστοιχη περίπτωση εξωτερικού τοίχου από οπτοπλινθοδομή με ψευδοροφή στο χώρο -παρ' ότι σύμφωνα με τα δεδομένα του DIN 4108 δεν συστήνεται ελαφρά δόμηση- ομοίως υπάρχει ανύψωση της θερμοκρασίας.

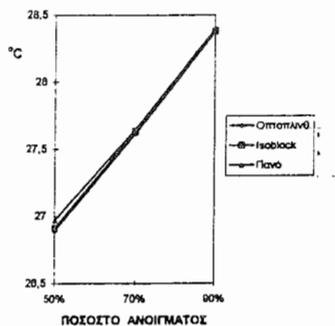
2.4.2 Η επίδραση των εσωτερικών δομικών στοιχείων

Τα εσωτερικά δομικά στοιχεία μπορούν να επηρεάσουν τις θερμοκρασίες του χώρου, από το γεγονός ότι επενεργούν συνεχώς και η αντίσταση θερμοδιαφυγής τους καθορίζει το μέγεθος της θερμικής ροής μεταξύ των χώρων με διαφορετικό κλίμα. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των χώρων τόσο σημαντικότερη είναι αυτή η επίδραση. Υλικά βαριά, μεγάλης θερμοχωρητικότητας δρουν ως στοιχείο περιορισμού των ημερήσιων διακυμάνσεων της θερμοκρασίας του χώρου. Η επίδρασή τους αυξάνει με το αυξανόμενο μέγεθος των δομικών στοιχείων και με αυξανόμενη την θερμοχωρητικότητα τους.

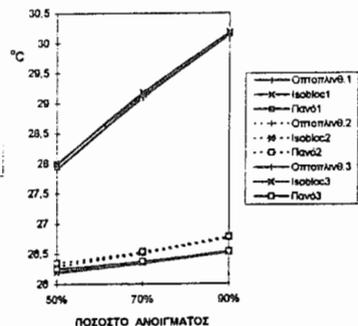
Την επίδραση ενός ελαφρού εσωτερικού δομικού στοιχείου στις θερμοκρασίες -της μεταβαλλόμενης κατάστασης- του χώρου δίδει η περίπτωση των παραλλαγών της οροφής στα διαγράμματα του σχ. 7. Στα διαγράμματα αυτά φαίνεται ότι η παραίτηση από μία ηχομονωτική (ακουστική) ψευδοροφή δίδει μία διαφορά θερμοκρασίας προς τα κάτω 0.3 – 0.5 °C. Η διαφορά ανέρχεται ~ 1 °C αν συγχρόνως με την ελαφρά οροφή προστεθούν στο χώρο και ελαφρά δομικά στοιχεία.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι καμπύλες των ημερήσιων θερμοκρασιών του σχ. 7 δείχνουν την αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας του χώρου με την ελάττωση της μάζας αποθήκευσης. Ωστόσο το εύρος παραλλαγής θερμοκρασιών που προκύπτει μεταξύ ελαφριάς και βαριάς κατασκευής εξωτερικά είναι μάλλον ασήμαντο (~ 0.5 °C).

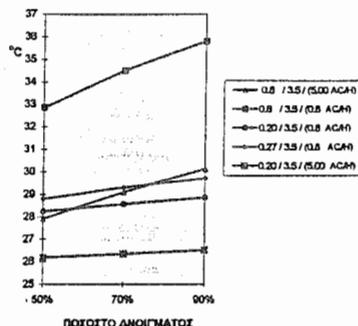
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ, ΤΗΣ ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ
ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΣΤΙΣ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ



Σχ. 4: Αερισμός 5 AC/H
(8.00 μ.μ - 8.00 π.μ)
19 Ιουλίου Γ.Π.40.38
Μεσαίο γραφείο S
Τζάμι διπλό 0.8/3.5 (g_F/U)



Σχ. 5: Αερισμός 5 AC/H (8.00μ.μ - 8.00 π.μ)
19 Ιουλίου Γ.Π. 40.38 Μεσαίο Γραφείο W
Οπτοπλ./Isoblock/Πανό1=Τζάμι διπλό0.8/3.5 (g_F/U)
Οπτοπλ./Isoblock/Πανό2=Τζάμι διπλό0.27/3.5(g_F/U)
Οπτοπλ./Isoblock/Πανό3=Τζάμι διπλό0.20/3.5(g_F/U)



Σχ. 6: Αερισμός 0.8 AC/H,
5 AC/H (8.00μ.μ-8.00π.μ.)
19 Ιουλίου Γ.Π. 40.38
Μεσαίο γραφείο W
g_F μεταβλητό
Τζάμι διπλό U=3.5W/M².h.K

3. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΧΩΡΟΥ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ ΓΙΝΟΜΕΝΟΥ g_F · f ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Από τα συμπεράσματα της προηγούμενης παραγράφου προκύπτει ότι για την ανύψωση της θερμοκρασίας του χώρου πρωταρχικής σημασίας είναι οι παράμετροι:

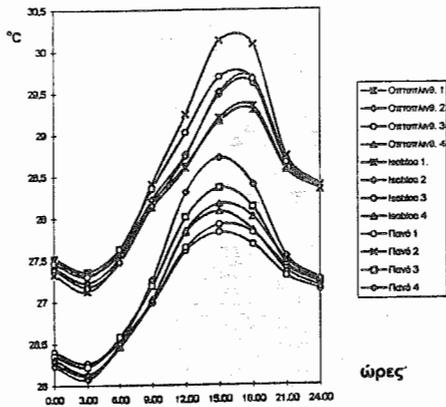
α) ηλιοπροστασία του χώρου, β) επιφάνεια του ανοίγματος, γ) αερισμός και έπονται σε σημασία, δ) ο προσανατολισμός και ε) το είδος της δόμησης στο χώρο.

Με κριτήριο την αξιολόγηση αυτή έγιναν προσομοιώσεις για το συγκεκριμένο χώρο με μεταβλητή όχι πλέον χωριστά τους παράγοντες επιφάνεια ανοίγματος, διαπερατότητα, αλλά το γινόμενο τους g_F · f που καθορίζει στην πραγματικότητα και την ποσότητα ακτινοβολίας που εισέρχεται στο κτίριο /1/, /8/. Ελήφθησαν υπ' όψη διαφορετικές τιμές αερισμού, δυτικός προσανατολισμός και βαρεία δόμηση στο χώρο.

Μετά από ένα μεγάλο αριθμό προσομοιώσεων προέκυψε το διάγραμμα θερμοκρασιών του σχ. 8 στο οποίο φαίνεται η αλληλεξάρτηση που μπορεί να υπάρξει μεταξύ της επιφάνειας του ανοίγματος και της ηλιοπροστασίας για μία συγκεκριμένη τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας στο χώρο και για διάφορες τιμές αερισμού.

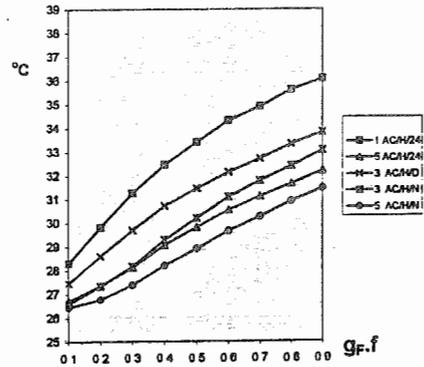
Επιλέγοντας την περιοχή των τιμών του γινομένου g_F · f από 0.10 - 0.30 και με τιμές νυχτερινού αερισμού 3/h και 5/h οι μέγιστες θερμοκρασίες μπορούν να μην ξεπεράσουν τους 28° C όταν η μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία του αέρα φθάνει τους 34,8° C.

Για μία επιλεγόμενη τιμή g_F · f = 0.16 και με αερισμό 5/h νυχτερινό στην περίπτωση ενός απλού υαλοστασίου μπορούμε να έχουμε μέγιστη θερμοκρασία χώρου 26.6° C για ποσοστό ανοίγματος 70% με εξωτερική ηλιοπροστατευτική περσίδα (g = 0.23) ή ποσοστό ανοίγματος 60% με ένα ανακλαστικό υαλοπίνακα (g = 0.27).



Σχ. 7: Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα ενός μεμονωμένου χώρου γραφείου σε σχέση με τον προσανατολισμό, το είδος του εξωτερικού τοίχου και τον τύπο της εσωτερικής δόμησης.

Οπτοπλ./Alfablock/Πανό 1 = Γωνιακό γραφείο W(S)
 Οπτοπλ./Alfablock/Πανό 2 = Γων. γραφείο W(S)+ ψευδορ.
 Οπτοπλ./Alfablock /Πανό 3 = Γωνιακό γραφείο S(W)
 Οπτοπλ./Alfablock /Πανό 4 = Γων. γραφείο S(W)+ ψευδορ
 Αερισμός 5 AC/H (8.00μ.μ-8.00π.μ) Ποσ. Ανοιγ. 70%
 19 Ιουλίου Γ.Π.40° 38 Τζάμι διπλό $\alpha_F/U = 0.8 / 3.5$



Σχ. 8: Μέγιστες θερμοκρασίες χώρου σε σχέση με το γινόμενο $g_f \cdot f$ για διάφορες περιπτώσεις αερισμού /9/ g_f = Βαθμός διαπερατότητας σε ηλιακή ενέργεια του ανοίγμ. ($g_f = g_z$)

f = Ποσοστό επιφάνειας ανοίγματος στην όψη Γραφείου μεσαίο Προσανατολισμός Δυτικός (W)
 Ποδιά οπτοπλινθοδομή 19 Ιουλίου Γ.Π. 40° 38
 Τζάμι απλό $U = 5.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h.K}$ $g_{F,f}$ μεταβαλλόμενα
 Προτεινόμενη τιμή $g_f \cdot f = 0.16$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Caemmerer W.- Neumann R. Warmeschutz im Hochbau. Kommentar zu DIN 4108 Teil 1 bis Teil 5. Beuth Verlag GmbH – Berlin Koln 1992.
2. DIN 4108 Warmeschutz im Hochbau. Έκδοση 1992.
3. Ehm H. Warmeschutzverordnung 95. Grundlagen, Erläuterungen und Anwendungshinweise. Bauverlag GMBH WIESBADEN u. BERLIN 1996
4. Eichler – Arndt Bauphysikalische Entwurfslehre Verlagsgesellschaft R. Muller, 1982.
5. Gertis K., Reiss J., Wetzel Chr., Sinneshbicher H. Sind neuere Fassadenentwicklungen Bauphysikalisch sinnvoll? Teil 2: Glass –Doppelfassaden. BAUPHYSIK (1999) H.2.
6. Grandjean E. Wohnphysiologie. Verlag fur Architektur Artemis Zurich 1972.
7. Hauser G. Vereinfachte Behandlung des Warmeverhaltens grosser Gebaude durch thermische Systeme. Betonwerk + Fertigteile – Technik 44 (1978), H. 5, S. 226 – 271.
8. Hauser G. – Gertis K. Der sommerliche Warmeschutz von Gebauden (Normungsvorschlag). (Klima + Kalte – Ingenieur), Heft 2/80, Seite 71 – 82. Verlag C. F. Muller.
9. Α. Κοκκινάκη – Δανιήλ. Ελαφροί εξωτερικοί τοίχοι (ελαφρές προσόψεις) κτιρίων γραφείων στον Ελληνικό χώρο. Θερμοτεχνική συμπεριφορά και συνυφασμένα κατασκευαστικά προβλήματα. Διδακτορική διατριβή – Α. Π. Θ. - 1995.
10. Waubke N. V. Warmeschutz und Fassadengestaltung. Ernst & Sohn, Berlin, 1984.

Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Ηλίας Χάρης
Α. Χάρης και ΣΙΑ Ε.Ε., Νεόφρονος 2, 161 21 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο άρθρο αυτό γίνεται ανασκόπηση και κριτική των εφαρμογών των Φ/Β συστημάτων σε κτίρια. Αναφέρονται οι μεθοδολογίες και τεχνικές ενσωμάτωσης Φ/Β Συστημάτων σε κτίρια, παρουσιάζονται τα οφέλη και τα μειονεκτήματα τους και εξετάζονται οι προϋποθέσεις ευρύτερης χρήσης των.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Τα κτίρια παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια ενεργειακή ισορροπία. Στην ευρώπη αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας καλύπτοντας το 40 περίπου τοις εκατό του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου της. Γι' αυτό το λόγο ο σχεδιασμός και η κατασκευή των κτιρίων πρέπει να ανταποκρίνονται στην ανάγκη ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης των φυσικών μας πόρων [1].

Η εξέλιξη της τεχνολογίας προσφέρει μια πληθώρα λύσεων οι οποίες έχουν ελαττώσει σημαντικά τις ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων. Λύσεις που με τη σειρά τους έχουν αυξήσει το μερίδιο του ηλεκτρισμού στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιριακού τομέα. Μέχρι πρόσφατα, δυνατή ήταν μόνο η εξοικονόμηση και όχι η παραγωγή ενέργειας στα κτίρια. Τα Φ/Β συστήματα, όπως και άλλα δόκιμα συστήματα ΑΠΕ παρέχουν πλέον αυτή τη δυνατότητα.

1.2 Αρχές σχεδιασμού και είδη συστημάτων

Η επιλογή και εφαρμογή των Φ/Β Συστημάτων στα κτίρια εξαρτάται από τους εξής παράγοντες [2]:

- το είδος, το μέγεθος και την χρονική κατανομή των ενεργειακών αναγκών
- το ηλιακό δυναμικό και τις διαθέσιμες επιφάνειες εγκατάστασης
- την τεχνική, οικονομική και αισθητική καταλληλότητα της τεχνολογίας των συστημάτων ως προς τις απαιτήσεις της καθορισμένης εφαρμογής.

Το σύστημα μπορεί να είναι αυτόνομο ή και διασυνδεδεμένο με το δίκτυο διανομής.

2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

2.1 Ιστορική αναδρομή

Το πρώτο συνδεδεμένο με δίκτυο Φ/Β σύστημα, ενσωματωμένο σε σκεπή κτιρίου στην Ευρώπη τέθηκε σε λειτουργία το 1983 στο Μόναχο [3], ενώ από τότε πολλές χώρες έχουν υιοθετήσει προγράμματα για την προώθηση της εγκατάστασης Φ/Β σε κτίρια, με επιδοτήσεις που κυμαίνονται από 30% μέχρι 70%. Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα των Η.Π.Α., Ολλανδίας [4], Γερμανίας και άλλων χωρών.

Η διεθνής ενεργειακή συγκυρία, που χαρακτηρίζεται κυρίως από τις χαμηλές τιμές ορυκτών καυσίμων, αλλά και η αυξανόμενη χρήση του φυσικού αερίου κατά τα τελευταία έτη, συνέτειναν σε μια διστακτική πολιτική ανάπτυξης των Φ/Β. Παρ' όλα αυτά το κόστος επένδυσης για μικρά Φ/Β συστήματα μειώθηκε κατά 30% τα τελευταία 5 έτη [5].

2.2 Συγκριτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Φ/Β Συστημάτων σε κτίρια

Εκτιμάται ότι ο ρόλος των Φ/Β στα κτίρια θα ενισχυθεί όχι τόσο λόγω της οικονομικής τους απόδοσης αλλά για τα παρακάτω πλεονεκτήματα τους [6]:

- Τα Φ/Β συστήματα ενσωματώνονται σε υπάρχουσες κατασκευές αποφεύγοντας τη χρήση γής.
- Προσφέρουν κατανεμημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποφεύγοντας απώλειες μεταφοράς.
- Συνεργάζονται με το κέλυφος των κτιρίων ως δομικά στοιχεία για την κάλυψη της οροφής, για την επένδυση της πρόσοψης, ως σκίαστρα.
- Λειτουργούν σταθερά την θερινή περίοδο όπου οι ευνοϊκές συνθήκες ηλιοφάνειας συμπίπτουν με την υψηλή ενεργειακή ζήτηση.
- Αποτελούν Αρχιτεκτονική έκφραση υψηλής τεχνολογίας και ενισχύουν την δημόσια εικόνα εταιρειών όταν χρησιμοποιούνται σε προσόψεις εταιρικών κτιρίων.
- Αποτελούν οικονομικά ανταγωνιστική λύση σε σύγκριση με ακριβά υλικά κάλυψης προσόψεων όπως το μάρμαρο.
- Ανεξαρτητοποιούν έως κάποιο βαθμό τον καταναλωτή από τις διακυμάνσεις και τις μελλοντικές αυξήσεις της τιμής ενέργειας.

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε ένα κτίριο είναι πολλά και είναι σίγουρο ότι τα επόμενα βήματα της έρευνας θα πρέπει να λύσουν μερικά από αυτά:

- Η όλη εγκατάσταση είναι ένα σύστημα, που λειτουργεί σε εξαιρετικά σκληρές συνθήκες. Η διακύμανση της θερμοκρασίας, η ανεμοπύεση, η υγρασία και η σκόνη καταπονούν τις γεννήτριες με αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση της απόδοσής τους.
- Το σύστημα αποθήκευσης, αν υπάρχει, παρ' όλες τις βελτιώσεις παραμένει ογκώδες και βαρύ.
- Από φθινόπωρο έως την άνοιξη απαιτείται μέριμνα για την εξασφάλιση της σταθερότητας της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.
- Τα φωτοβολταϊκά παρουσιάζουν το φαινόμενο μείωσης της απόδοσης μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας τους.

2.3 Εφαρμογές στον Ελληνικό χώρο

Η Ελλάδα με διπλάσια περίπου ηλιοφάνεια από τις χώρες της Βόρειας και Κεντρικής Ευρώπης διαθέτει ελάχιστα Φ/Β συστήματα σε κτίρια.

Μερικά από αυτά είναι:

- Το διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα στο 5^ο Γυμνάσιο της Νίκαιας (Ιούνιος 1997). Έχει επιλεγεί και αναφέρεται στον ειδικό κατάλογο της ΕΟΚ. (Best Practice Projects Yearbook).
- Το Φ/Β σύστημα ισχύος 10 ΚWp το οποίο λειτουργεί στο ξενοδοχειακό συγκρότημα «ΠΑΡΟΣ ΦΙΛΟΞΕΝΙΑ». Η εφαρμογή αυτή είναι μία από τις μεγαλύτερες στον ιδιωτικό τομέα, έχει υπαχθεί και επιδοτηθεί από το ΕΠΕ (πρώτη εφαρμογή του ΕΠΕ που έχει περατωθεί έως σήμερα).
- Άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι Φ/Β εφαρμογή στο Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, το οποίο λειτουργεί από τον Σεπτέμβριο του 1998.
- Επίσης το 3^ο δημοτικό σχολείο Σχηματαρίου, που λειτουργεί από τον Ιούνιο του 1999.

Οι τελευταίες δύο εφαρμογές είναι πρωτοποριακές για τον ελληνικό χώρο, διότι οι γεννήτριες είναι ενσωματωμένες στην οροφή των κτιρίων ως δομικά υλικά (αντί των

κεραμιδίων), συμβάλλοντας έτσι, εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, στη μείωση του κόστους των δομικών υλικών, αλλά και ιδιαίτερα στην αισθητική των κτιρίων.

3 ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

3.1 Παράμετροι εξέλιξης

Οι βελτιώσεις του θεσμικού πλαισίου και η επέκταση και διαφοροποίηση κινήτρων σε συνδυασμό με την ενίσχυση της αξιοπιστίας της Φ/Β τεχνολογίας και του μειωμένου κόστους αναμένεται να λειτουργήσουν σαν καταλύτης για την περαιτέρω ανάπτυξη των Φ/Β στα κτίρια.

3.2 Θεσμικό πλαίσιο και κίνητρα

Μετρά πολιτικής για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και τη διάδοση των ΑΠΕ καθώς και οικονομικά και επενδυτικά κίνητρα και διευκολύνσεις έχουν κατά καιρούς θεσπιστεί [7] αλλά το πρώτο ουσιαστικό βήμα για την προώθηση των Φ/Β στα κτίρια έγινε με τη δημοσίευση της ΚΥΑ 21475/4707. Με την έκδοση αυτής της απόφασης υλοποιείται ένα σημαντικό μέρος των προβλεπόμενων μέτρων πολιτικής του ΥΠΕΧΩΔΕ, που προέκυψαν από το σχέδιο δράσης ‘Ενέργεια 2001’ και ειδικότερα αυτών που ανταποκρίνονται στις κατευθύνσεις της κοινοτικής οδηγίας SAVE 93/76/ΕΕ. Συγκεκριμένα μεταξύ άλλων, προβλέπεται η ολοκλήρωση και έκδοση του Κανονισμού Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) που αντικαθιστά τον ισχύοντα κανονισμό θερμομόνωσης.

‘Ένας από τους στόχους του ΚΟΧΕΕ είναι ‘η υποκατάσταση της συμβατικής ενέργειας από ΑΠΕ για την κάλυψη μέρους ή του συνόλου των αναγκών σε ενέργεια στα κτίρια σε συνδυασμό με εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού’.

Ιδιαίτερα, όσον αφορά τα κτίρια δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα προτεραιότητα στην εφαρμογή επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας θα έχουν ‘κτίρια που είναι ενεργειοβόρα, είτε λόγω των ιδιαίτερων λειτουργικών αναγκών τους είτε λόγω της χρήσης τους, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, κτλ, καθώς και κτίρια που λόγω της χρήσης τους συμβάλλουν στην εκπαίδευση νέων και στην ευαισθητοποίηση του κοινού, όπως είναι τα σχολικά κτίρια, εκπαιδευτήρια, κλπ.

Η εξαγγελία και υλοποίηση του υποπρογράμματος 3.2 του ΕΠΕ για την Κρήτη (χρηματοδότηση Φ/Β έως και 70%) αναμένεται να δώσει νέα ώθηση στην χρήση των συστημάτων.

Εκτός από τα προφανά οφέλη, δίνει την ευκαιρία για την μελέτη των επιπτώσεων στην ευστάθεια και ασφάλεια του δικτύου της νήσου.

Επίσης θα πρέπει να αναφέρουμε την εκστρατεία για την εγκατάσταση 500.000 Φ/Β Συστημάτων σε κτίρια που προωθεί η Ε.Ε. μέσω της Λευκής Βίβλου.

3.2 Φ/Β τεχνολογία

Η τεχνολογία είναι αρκετά ώριμη. Ο βαθμός απόδοσης των κυψελών αυξάνεται συνεχώς (32,3%). Επίσης μελέτες για την αξιοποίηση και της θερμότητας (υβριδικά Φ/Β συστήματα), ώστε να επιτυγχάνεται μεγάλη συνολική απόδοση, έδειξαν ενθαρρυντικά αποτελέσματα [8].

Ενας από τους παράγοντες που αναχαιτίζουν την εφαρμογή των συστημάτων αυτών στα κτίρια είναι η έλλειψη συντονισμού με την συνήθης κατασκευαστική πρακτική. Μια από τις πιο ενδιαφέρουσες λύσεις έχει προταθεί μέσω της προκατασκευής Φ/Β οροφών [9].

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ορισμένες εφαρμογές έχουν ήδη αποδείξει σε πρακτικό επίπεδο ότι είναι ιδιαίτερα αποδοτικές τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά [10]. Η ευρύτερη διάδοση τους αποτελεί αίτημα για ένα καλύτερο κτιριακό περιβάλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] CRES The European congress on Renewable Energy Implementation 1997 564-566
- [2] Strong, S. The Solar Electric House, Sustainability Press, 1993 171-173
- [3] Erge, T. & Sick, F. ed Photovoltaics in buildings, James & James, 1996
- [4] Bottger, W.O.J. and Reijenga, Ir., Glass Roof Integrated Photovoltaic System De Kleine Aarde Boxtel (NL), 14th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona, 1997
- [5] IEA Renewable Energy Working Party, The Evolving Renewable Energy Market, NOVEM, 1999 5-7
- [6] EUREC Agency Tutorial, Photovoltaics, Harvesting the Sun in the Urban Landscape, Leuven, EUREC 1998
- [7] Ζερβός, Α. et al., ed, Η εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Πρακτικά Συνεδρίου Αθήνα, RENES 1999
- [8] Haverkamp, E., et al., The Energy Balance of Roof Integrated Hybrid Photovoltaic Modules, JRC, ISPRA 1998

- [9] Bottger, W.O.J. et al, Prefabrication of Roof Integrated PV Systems, Ecofys, 998
- [10] Wenger, H. et al. Photovoltaic Economics and Markets (SMUD Case Study), Pacific Energy Group, 1996

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΡΟΓΓΥΛΗΣ ΤΡΑΠΕΖΗΣ

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΡΟΓΓΥΛΗΣ ΤΡΑΠΕΖΗΣ

Ν. Βλάχος: Κυρίες και κύριοι, έχουμε υπερβεί το πρόγραμμα 'κατά αρκετές ώρες' όπως μας λέγει και ο κ. Σωτηρόπουλος. Θα πρότεινα λοιπόν να ακούσουμε για πέντε λεπτά κάθε ένα από τα μέλη του 'panel'. Θα τους παρακαλούσα όμως να ανεβαίνουν στο βήμα ώστε να μπορούμε να το μεταδίδουμε με τα νέα μέσα που διαθέτει η σημερινή τεχνολογία Δικτύου και να το καταγράφουμε και ηλεκτρονικά. Γι' αυτό, θα σας παρακαλούσα να κάνετε αυτόν τον κόπο, να έρχεστε στο βήμα.

Θα ήθελα να πω πολύ λίγα εισαγωγικά. Ακούσαμε για τη συνεργασία της πολιτείας, για την ακαδημαϊκή έρευνα, για τις επενδύσεις και τους επενδυτές, για τους μελετητές και τους κατασκευαστές των έργων. Θα παρακαλούσα επομένως τα μέλη του Στρογγυλού Τραπεζιού να τοποθετηθούν ελεύθερα ο καθένας όπως θέλει πάνω σε όλο αυτόν τον κύκλο. Σε όλες τις διεργασίες που θα κάνουν εμάς τους υπόλοιπους συνέδρους να διαισθανθούμε ποια είναι η ευθύνη του καθενός στο χώρο στο οποίο κινείται. Να δούμε ένα έργο από τη σύλληψή του, ενδεχομένως από την ακαδημαϊκή έρευνα, μέχρι την ημέρα που παραδίδεται, όχι με τα γνωστά εγκαίνια που κάνουμε στην νεώτερη Ελλάδα, αλλά να το δούμε να λειτουργεί και να αποδίδει.

Θα ήθελα επομένως σε αυτό τον κύκλο - που λόγω της παγκοσμιοποίησης η λέξη «ανταγωνισμός και αγορά» ακούγεται συνέχεια - να βάλουμε και μερικές άλλες λέξεις. Εκφράζομαι αυτή την στιγμή ως πρόεδρος της Ελληνικής Ένωσης Εργαστηρίων και θα ήθελα να βάλετε και την λέξη ποιότητα η οποία είναι ο σκοπός της Ένωσης, που αποτελείται από περίπου 90 εργαστήρια, ακαδημαϊκά, ερευνητικά κέντρα και αρκετά ιδιωτικά. Να βάλετε λοιπόν και τη διάσταση της ποιότητας - όχι μόνο την αγορά - ώστε τα έργα μας να είναι ασφαλή, αποδοτικά, άρα να είναι οικονομικά, και να μη μολύνουν το περιβάλλον πάρα πολύ. Όπως επίσης και να μπορούν να υλοποιηθούν μέσα σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα.

Θα παρακαλέσω με αλφαβητική σειρά, όπως έχουμε κατονομάσει στο πρόγραμμα τα μέλη του Στρογγυλού Τραπεζιού να έρχονται στο βήμα, να μας λένε για πέντε λεπτά τις σκέψεις τους, να κάνουν την τοποθέτησή τους, ώστε να μπορέσουμε και εμείς να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα. Ευχαριστώ.

Παρακαλώ τον κ. Αδαμαντιάδη να κάνει την σύντομη τοποθέτησή του.

Αχ. Αδαμαντιάδης: Ευχαριστώ πολύ κ. Πρόεδρε. Εκφράζω τη χαρά μου που είμαι μέλος και συμμετέχω σε αυτό το Συνέδριο. Το μεγαλύτερο ίσως κέρδος είναι ότι έκανα καινούργιες γνωριμίες και έκανα πολύ ενδιαφέρουσες συζητήσεις. Άκουσα πολλά και ενδιαφέροντα πράγματα. Θα ήθελα να πω δύο παράπονα. Με θλίβει λίγο γιατί ο αριθμός των παραστάμενων είναι σχετικά μικρός. Θα ήθελα να ήταν μεγαλύτερος. Είχαμε πολλούς ομιλητές ποιότητας και θα μπορούσε να αξιοποιηθεί νομίζω αυτή η συνέλευση τόσων ανθρώπων πάνω στο θέμα πολύ καλύτερα από το ακαδημαϊκό ‘καταστημένο’, τους φοιτητές του πανεπιστημίου και από την ακαδημαϊκή κοινότητα του Βόλου. Εκφράζω την θλίψη μου. Το δεύτερο παράπονο, κ. Πρόεδρε, είναι ότι στις συνεδριάσεις που συμμετείχα εγώ δεν υπήρξε αρκετός χρόνος για συζήτηση. Έπρεπε πιστεύω να συντομευτούν κάπως οι παρουσιάσεις, έστω και με κάποια θυσία, για να υπάρξει μεγαλύτερος χρόνος για διάλογο. Γιατί όπως είπα εμείς οι Έλληνες είμαστε εκείνοι που επενδύσαμε και εισάγαμε το διάλογο στην έρευνα της αλήθειας.

Όσον αφορά την ουσία των συνεδριάσεων, νομίζω δεν υπάρχει αμφιβολία ότι όλοι οι ομιλητές σχεδόν συντείνουν στο ότι πρέπει να υπάρξει μια σφαιρική αντιμετώπιση των προβλημάτων. Έχουμε τα προβλήματα, τα οποία είναι γνωστά και δε χρειάζεται να τα επαναλάβουμε: η αύξηση στην κατανάλωση της ενέργειας και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Πρέπει να έχουμε μια σφαιρική και όχι μονομερή προσέγγιση των προβλημάτων, και πολλοί από εμάς έχουμε μια τέτοια μονομέρεια, λόγω ειδικότητας, λόγω συμφερόντων, λόγω ειδικής θέσεως. Έχουμε θα λέγαμε μια οπτική γωνία περιορισμένη.

Τα τρία πράγματα που νομίζω αναφέρθηκαν και αναπτύχθηκαν είναι η τεχνολογία, η οικονομία και η πολιτική. Η τεχνολογία αναμφίβολα παίζει ένα πολύ σπουδαίο ρόλο όπως το είδαμε και οπωσδήποτε πρέπει όλοι μας να την προωθούμε και να την αξιοποιούμε όσο γίνεται πιο πολύ. Μια μικρή παρατήρηση σε πολλούς ομιλητές: Καμιά φορά συγχέουμε λίγο τις κατηγορίες. Μιλάμε για το υδρογόνο και την τεχνολογία των στοιχείων των καυσίμων μαζί με τις ενεργειακές πηγές. Αυτές δεν είναι ενεργειακές πηγές. Είναι χρήμα, είναι «currency» ενέργειας, είναι ένα ενδιάμεσο μέσο ή τρόπος για να μεταφέρουμε ενέργεια από τη μια μορφή στην άλλη. Δεν μας δίνει καθαρή ενέργεια το υδρογόνο, ούτε τα στοιχεία καυσίμου. Είναι τεχνολογίες χρήσιμες βέβαια στο μέλλον, για να αξιοποιήσουμε καλύτερα τις πηγές ενέργειας. Θα πρέπει να είμαστε λίγο πιο προσεκτικοί να μην τις αναφέρουμε μαζί σαν επέκταση των ενεργειακών μας πηγών. Δεν είναι ενέργεια.

Στην οικονομία, είναι σαφές ότι θα πρέπει να δώσουμε ελευθερία στην οικονομία της αγοράς. Πολλοί, ίσως πιο πολλοί θεωρητικοί επιστήμονες σε άλλους τομείς του επιστητού, μιλάνε ειρωνικά, σαρκαστικά. Το πρόβλημα είναι ότι η οικονομία της αγοράς πολλές φορές δεν αφήνεται ελεύθερη να λειτουργήσει σωστά. Την παραβιάζουμε, την διαστρεβλώνουμε, γι' αυτό δε δουλεύει. Εάν βάζαμε την οικονομία της αγοράς και τους ρύπους που ζήτησε να ποσοτικοποιήσουμε σήμερα ο κ. Καραμπέλας, βεβαίως, μπορούμε να βάλουμε μια τιμή στο χιλιόγραμμα του διοξειδίου του θείου. Πρέπει να βάλουμε μια τιμή διότι έχουμε ήδη τρόπους να υπολογίσουμε τις ζημιές από το διοξείδιο του θείου, το διοξείδιο του αζώτου και το διοξείδιο του άνθρακα. Βέβαια έχουμε τιμές κατά προσέγγιση μόνο. Να τα βάλουμε και αυτά μέσα. Επομένως, αν προωθήσουμε την οικονομία της αγοράς και την αγωνιστικότητα, οπωσδήποτε θα έχουμε καλύτερα αποτελέσματα νομίζω.

Τέλος, η πολιτική βούληση είναι πάρα πολύ σπουδαία. Και αυτή δεν δουλεύει πάντα σωστά. Ο κ. Διαμαντάρας είπε για το πρωτόκολλο του Κυότο. Βλέπω ότι υπάρχουν μεγάλες δυσκολίες. Στην Αμερική, όπου συμβαίνει να ζω και να δουλεύω, βλέπω ότι στη Γερουσία, στο Κογκρέσο μάλλον δεν υπάρχει συναίνεση για να εγκριθεί το πρωτόκολλο του Κυότο. Δεν βλέπω την προοπτική και δεν ξέρω που θα πάει, εάν η Αμερική, μια μεγάλη χώρα που έχει την μερίδα του λέοντος (25% περίπου) στην κατανάλωση της ενέργειας, δε συμβαδίζει με το πρωτόκολλο του Κυότο. Θα πρέπει να το λάβουμε υπόψη μας. Πώς θα έχουμε τη συναίνεση με την Κίνα, με την Ινδία, με τους μεγάλους λαούς, οι οποίοι δε συμφωνούν διότι δε θεωρούν δίκαιο να πληρώνουν αυτοί τα «σπασμένα» όπως λέμε, και ότι πρέπει τα «σπασμένα» να τα πληρώσουν αυτοί που ήδη έχουν απολαύσει τα αγαθά της μεγάλης κατανάλωσης, Ευρωπαίοι, Αμερικανοί, Καναδοί, κλπ... Έχουμε λοιπόν ένα μείζον πολιτικό πρόβλημα, το οποίο θα πρέπει να το σκεφτούμε σοβαρά, και να προχωρήσουμε προς την λύση του.

Αυτά κύριοι νομίζω είναι, ολίγο περιληπτικά και χοντρικά, τα συμπεράσματα, τα οποία εγώ πήρα από το Συνέδριο αυτό. Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας.

Ν. Βλάχος: Ειλικρινά, κ. Αδαμαντιάδη, είσαστε ένας μεγάλος δάσκαλος. Ευχαριστούμε πάρα πολύ. Καλούμε στο βήμα το δεύτερο μέλος του Στρογγυλού Τραπέζιού, τον κ. Ασημακόπουλο, να τοποθετηθεί.

Δ. Ασημακόπουλος: Θα ήθελα πρώτα από όλα να σας ευχαριστήσω για την τιμή που μου κάνατε να με περιλάβετε σε αυτό το Στρογγυλό Τραπέζι, που δεν είναι ακριβώς στρογγυλό,

αλλά αυτό δεν έχει καμιά σημασία. Είναι πολύ μεγαλύτερο από στρογγυλό. Μου δώσατε την ευκαιρία να διατυπώσω – είναι προνόμιο αυτό – μέσα σε πέντε λεπτά τις σκέψεις μου από αυτό το γεγονός, αυτό το Συνέδριο.

Είναι πράγματι ένα γεγονός για μένα. Έχοντας παρακολουθήσει αρκετά συνέδρια και στον τόπο μας, και στο εξωτερικό, όπως όλοι μας, νομίζω ότι ήταν μεγάλη επιτυχία. Πρώτα από όλα, το Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής, διευρύνοντας ή μεταφράζοντας το αντικείμενό του κατά τη γνώμη μου πάρα πολύ καλά για μια ακόμα φορά, ανοίχτηκε στο κομμάτι το ενεργειακό. Εγώ τουλάχιστον είδα να παρουσιάζονται - περισσότερο το είδα από τα πρακτικά και τις συζητήσεις, γιατί πολλές φορές οι παρουσιάσεις υστερούν επειδή δεν προλαβαίνει ο ομιλητής - είδα και το κομμάτι το ερευνητικό να εμφανίζεται σε ένα μικρό ποσοστό, όπως το άξιζε, σ' ένα μεγαλύτερο ποσοστό οι εφαρμογές, η εφαρμοσμένη έρευνα αποτελέσματα, τεχνολογία, βελτιώσεις.

Και εκεί είδε κανείς το άγχος των καινούργιων ερευνητών να δείξουν την πρωτοτυπία τους. Δώσανε μάχη από αυτό το βήμα, τουλάχιστον όπως τους είδα, στην προσπάθειά τους να μιλήσουν για εναλλακτικές, για καινούργιες εφαρμογές ή "επιδεικτικά" όπως λει η κοινότητα τα "πυλοτικά προγράμματα", τα οποία τα έχει ανάγκη ακόμα ο τόπος, διότι όταν δόθηκαν οι μεγάλες χρηματοδοτήσεις, αυτά τα προγράμματα δεν δώσανε πολύ καλά αποτελέσματα. Τα περισσότερα από αυτά δεν ολοκληρώθηκαν καν. Επομένως βρισκόμαστε σε έναν άλλον αγώνα δρόμου γιατί τώρα δεν υπάρχουν αυτά τα λεφτά τουλάχιστον στο βαθμό που υπήρξαν στο παρελθόν και αυτό φάνηκε από αυτό το βήμα. Εκείνο στο οποίο θα ήθελα να σταματήσω - να διευρύνω λιγάκι αυτά που θέλω να πω - είναι να κάνω μια πρόταση προς τους οργανωτές, η οποία είναι η εξής: Είναι γεγονός, αναφέρθηκε και από τον προηγούμενο ομιλητή, και από πολλούς άλλους που μίλησαν από αυτό το βήμα, ότι πρέπει να κοιτάζουμε πιο σφαιρικά, και όχι ο καθένας μας προσεγγίζοντας σαν μηχανικός, σαν ερευνητής, σαν δάσκαλος το κομμάτι του και να το κλείσει σε έναν πολύ περιορισμένο ορίζοντα, όπως πολλές φορές κάνουμε όλοι.

Τώρα χρειάζεται να λάβουμε υπόψη μας την πολιτική, την οποία δε χαράζουμε εμείς, αλλά πρέπει να ακολουθήσουμε, να κοιτάζουμε το κομμάτι το οικονομικό, να λάβουμε πολύ σοβαρά υπόψη μια τεchnο-οικονομική μελέτη που πρέπει να προηγηθεί για να μην οδηγηθούμε - δεν θέλω να πω για τις παρουσιάσεις - αλλά στα προγράμματα τα οποία ξεκίνησαν και σταματήσανε για κοινωνικούς λόγους, για οικονομικούς λόγους, για πολιτικούς λόγους, και τόσους άλλους λόγους.

Είναι λοιπόν ξεκάθαρο γιατί, κ. Πρόεδροι του Συνεδρίου, στην αίθουσα αυτή σε ορισμένες ενότητες δεν είχατε πολύ κόσμο, αλλά σε άλλες αίθουσες όπως πριν από λίγο δεν μπορούσα να μπω μέσα εξαιτίας του πλήθους. Ευχαριστώ.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε πάρα πολύ. Παρακαλούμε τον κ. Γιαδικιάρογλου να τοποθετηθεί.

Γ. Γιαδικιάρογλου: Ευχαριστώ και πάλι για την τιμή να παραβρεθώ σε αυτήν την συζήτηση. Οπωσδήποτε, εάν μπορεί κανείς να αποκομίσει κάτι, χρειάζονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υποστήριξη. Όχι μόνο για να επιτευχθούν στόχοι όπως αυτοί που ακούσαμε του Κυότο, αλλά επειδή χρειάζεται και κάποια υποστήριξη σαν νεαρά παιδιά που πρέπει να ενηλικιωθούν και να φτάσουν να σταθούν στα πόδια μόνα τους.

Το θέμα είναι πώς αυτή η υποστήριξη θα είναι εφικτή και με ποια στρατηγική. Να σας πω την αλήθεια, με ενόχλησε αυτό που μας μεταφέρατε ότι η Ευρωπαϊκή κοινότητα, η Ευρωπαϊκή Ένωση, δεν έχει στρατηγική για τις ανανεώσιμες ενέργειες. Εάν το κατάλαβα καλά, τουλάχιστον δεν έχει ξεκάθαρη στρατηγική και νομίζω ότι πολλές φορές όχι μόνο σε πολλά επίπεδα, κυρίως πολιτικά επίπεδα, συγχέουμε ευλαβείς πόθους με σκληρές πραγματικότητες. Παραδείγματα - χωρίς να θέλω να θίξω ιδιαίτερα κανέναν - το κόστος των φωτοβολταϊκών που ακούω ότι χαμηλώνει εδώ και τριάντα χρόνια, αλλά ακόμη δεν έχει φτάσει στο επίπεδο που θα είναι ανταγωνιστικό. Τα περιθώρια που έχουμε να κάνουμε συμπαράγωγή θερμότητας και ενέργειας, που έχουν όρια από την πλευρά της θερμότητας η οποία χρειάζεται, και όχι από την πλευρά της ηλεκτρικής ενέργειας. Τις δυνατότητες εγκαταστάσεων ηλιακών πάρκων και της αποδοχής τους ακόμα από τους τοπικούς παράγοντες, κτλ.

Νομίζω ότι δεν πρέπει να ξεχνάμε αυτές τις τρεις συνιστώσες της λεγόμενης "αιφορίας", αυτής της ωραίας λέξης. Την οικολογία, την κοινωνία, αλλά και την οικονομία. Νομίζω ότι χρειάζεται μια ιδιαίτερα ειλικρινής, διαφανής και μεγαλοποιημένη ενημέρωση από τους πολιτικούς κυρίως και από αυτούς που προωθούν αυτές τις ενέργειες - που πρέπει να προωθούνται - για να παίρνονται οι αποφάσεις σωστά, χωρίς να υπερβάλλουμε και χωρίς να θέτουμε στόχους που το ξέρουμε ότι δεν μπορούν να υλοποιηθούν. Γιατί αλλιώς η εύκολη λύση, την ανέφερε ο κ. Διαμαντάρας, είναι η εγκατάσταση περισσότερων σταθμών φυσικού αερίου, το οποίο όμως, παρ' όλο που είναι το καλύτερο ορυκτό καύσιμο, δεν παύει να είναι ορυκτό καύσιμο και δεν παύει να συνεισφέρει και αυτό στο θέμα του θερμοκηπίου. Ευχαριστώ πολύ.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε πάρα πολύ τον κ. Γιαδικάρογλου. Όπως βλέπετε, το Στρογγυλό Τραπέζι αποτελείται από ακαδημαϊκούς, από ένα σύμβουλο της παγκόσμιας τράπεζας, και από εκπρόσωπο της βιομηχανίας που ελπίζω να είναι εδώ. Ας δώσουμε πάλι το λόγο σε αυτόν που έχει τα χρήματα, δηλαδή στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τουλάχιστον για την ακαδημαϊκή έρευνα. Να ακούσουμε κάποιες γνώμες σχετικά με το πώς συλλαμβάνονται και πώς υλοποιούνται αυτά τα έργα. Παρακαλούμε τον κ. Διαμαντάρα να τοποθετηθεί.

Κομν. Διαμαντάρας: Ευχαριστώ πολύ. Θα ήθελα να επαναλάβω και από την πλευρά μου την μεγάλη τιμή για την πρόσκληση και τη χαρά μου που συμμετείχα με τον τρόπο μου στο Συνέδριο αυτό. Θα ήθελα να αναφερθώ σε δύο-τρία θέματα, στα οποία αναφέρθηκαν προγενέστεροι. Υπάρχει στρατηγική όσον αφορά, τις ανανεώσιμες πηγές. Αν είναι ξεκάθαρη ή όχι, είναι θέμα το οποίο μάλλον δεν είναι τελείως ξεκάθαρο. Έχετε απόλυτο δίκιο. Αυτό που πρέπει όμως να ξεκαθαρίσει κανείς είναι τι είναι εφικτό και τι δεν είναι και ακριβώς αυτός είναι σε μεγάλο βαθμό και ο ρόλος της Επιτροπής. Να προωθεί τα θέματα, τα οποία είναι εφικτά και τα θέματα αυτά προωθούνται από την Επιτροπή σε συνεργασία με τα κράτη-μέλη. Δεν είναι μόνο η Επιτροπή η οποία μπορεί να τα προωθήσει.

Θα ήθελα να αναφερθώ σε δύο σημεία συγκεκριμένα. Το ένα είναι πριν ξεκινήσει ένα οποιοδήποτε έργο βεβαιωθείτε ότι υπάρχει τεχνικό-οικονομική μελέτη, ότι υπάρχει κοινωνική αποδοχή και αν δεν υπάρχει πώς θα την πετύχετε. Υπάρχουν διάφορες δυσκολίες και πολλοί ενδιαφερόμενοι, που ίσως δεν έχουν τον ίδιο πόθο με εσάς με την εγκατάσταση των ανανεώσιμων πηγών. Η απάντηση σε αυτά είναι η μεθοδικότητα, η σωστή προετοιμασία, η κοινωνική συμμετοχή και η ρεαλιστικότητα. Πρέπει να είναι κανείς ρεαλιστής, ποιες είναι οι δυνατότητες και ποιες δεν είναι.

Η απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς έρχεται ως "κνούτο". Προσωπική μου άποψη είναι ότι θα συμβεί ότι και αντίστοιχα συμβαίνει με τις τηλεπικοινωνίες. Το πρόβλημα που υπάρχει σε πολλές ανανεώσιμες πηγές είναι ακριβώς η σύνδεση και η μεταφορά. Πώς γίνεται και εκεί είναι που το υδρογόνο, τα στοιχεία, δεν παράγουν από μόνα τους ενέργεια, αλλά έχουν ενδεχομένως πολύ σημαντικό ρόλο να παίξουν. Επιπλέον, εξυπηρετούν απώτερους στόχους που έχουν σχέση με τις μεταφορές και τα στοιχεία καυσίμου για τις μεταφορές ή και την παραγωγή υδρογόνου.

Το δεύτερο σημείο, στο οποίο θα ήθελα να αναφερθώ, είναι στους νέους, στους φοιτητές, στο τεχνικό προσωπικό, το οποίο ασχολείται με όλους αυτούς τους τομείς και που έχει βλέψεις

για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Χρειάζεται ενημέρωση και προσπάθεια για να δείτε τι δυνατότητες υπάρχουν σε εθνικό και σε κοινοτικό επίπεδο. Προσπαθήστε να έρθετε σε επικοινωνία με άλλους χώρους, με άλλους τομείς της βιομηχανίας και της επιστήμης που έχουν παρόμοια προβλήματα με αυτά που αντιμετωπίζετε και υπάρχουν λύσεις, τις οποίες πρέπει κανείς να μελετήσει και ενδεχομένως να ενστερνιστεί.

Αυτά θα ήθελα να ειπώ και να ευχαριστήσω τους οργανωτές και πάλι. Ελπίζω το Συνέδριο αυτό να συνεχιστεί και στο μέλλον με μεγάλη επιτυχία. Ευχαριστώ πολύ.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε πάρα πολύ. Καλούμε στο βήμα τον κ. Καράμπελα, να κάνει την πεντάλεπτη τοποθέτησή του.

Αν. Καράμπελας: Ευχαριστώ και εγώ που θα έχετε την υπομονή να με ακούσετε, έστω και για πέντε λεπτά. Φοβάμαι ότι θα πω κοινοτοπίες. Είμαι στην κατηγορία των ανθρώπων που υποστηρίζουν ότι το δίλημμα "ενέργεια" και "περιβάλλον" είναι τόσο πολύ σημαντικό που κατά τη γνώμη μου δεν πρόκειται να λυθεί, ούτε από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα από μόνη της, ούτε από εθνικά προγράμματα. Νομίζω ότι είναι ένα πρόβλημα στην κυριολεξία σφαιρικό, που αφορά τον πλανήτη μας και πιστεύω ότι υπάρχει μια διέξοδος για να αποφύγουμε το περιβαλλοντικό πρόβλημα που μπορεί να οδηγήσει σε περιβαλλοντική καταστροφή, την οποία πιθανότητα να μην προλάβουμε να ζήσουμε εμείς.

Με τους ρυθμούς που ανεβαίνει η ενέργεια, με δισεκατομμύρια τόνους διοξείδιο του άνθρακα να εκλύονται, υπάρχουν τρεις εναλλακτικές δυνατότητες. Εξοικονόμηση, ΑΠΕ, πυρηνική ενέργεια και θα είναι υπόθεση της ανθρωπότητας να κάνει τις επιλογές της. Με αυτό θα σταματήσω. Εγώ νομίζω ότι οι ΑΠΕ έχουν προτεραιότητα για πολλούς λόγους και θα έπρεπε σε κάποιο επίπεδο που ίσως η μόνη προσπάθεια διεθνής που γίνεται είναι αυτή του Κυότο να επιβάλει κατά πόσο θα γίνει αποδεκτό από όλους. Ιδιαίτερα από τους πολύ μεγάλους καταναλωτές, Ευρώπη και Αμερική, είναι πάρα πολύ αμφίβολο. Πιστεύω επομένως ότι έχουν λόγο και πρέπει να ενισχυθούν πολιτικά, ουσιαστικά, με αποφάσεις πάνω από την κλίμακα την πολιτική πιθανότητα.

Τώρα, στη συγκεκριμένη περίπτωση, το θέμα που έχετε για το Στρογγυλό Τραπέζι, των νέων έργων. Θα ήθελα να καταθέσω την προσωπική μου άποψη ότι πρέπει πλέον αυτά τα έργα ιδιαίτερα των ΑΠΕ να χαρακτηρίζονται από μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, η οποία νομίζω ότι μπορεί – το δήλωσαν ήδη άλλοι προ-αναλύοντες - να κινηθεί σε τρεις άξονες. Ο πρώτος

θα πρέπει σε κάποιο επίπεδο, όχι για κάθε έργο πιθανώς, αλλά να γίνει η περιφημη ανάλυση κύκλου ζωής, ή αν θέλετε, ο ενεργειακός προϋπολογισμός για κάθε έργο, για να βεβαιωθούμε ότι στην προσπάθεια που κάνουμε να αποκαταστήσουμε ανθρακούχες εξαντλούμενες ενεργειακές πηγές, δεν επιδεινώνουμε το πρόβλημα. Δηλαδή θα θέλαμε μέσα σε ένα χρονικό ορίζοντα 20-25 ετών να βεβαιωθούμε ότι κάποιο εγχείρημα "project" θα είναι θετικό από τη σκοπιά την ενεργειακή. Καταλαβαίνετε ότι αναφέρομαι στο γεγονός ότι μπορεί να φτιάξουμε κάποια μηχανή ή κάποια φωτοβολταϊκά ή κάποια άλατα, τα οποία αναλίσκουν ακόμα και σε μεγάλη χρονική περίοδο περίπου το ίδιο πράγμα που προσπαθούμε να εξοικονομήσουμε. Τα άλλα δύο στοιχεία, τα οποία είναι προφανή, είναι ότι πρέπει πλέον να συνδυάσουμε τις χρήσεις και τα ωφελήματα. Δεν μπορούμε πλέον να μιλάμε μόνο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και θερμότητας. Θα πρέπει να σκεφτόμαστε πράγματα όπως ΑΠΕ, αφαλάτωση, διάθεση απορριμμάτων, εξοικονόμηση ενέργειας, εκμετάλλευση ενεργειακή, κτλ.

Ο άλλος χαρακτήρας, ο οποίος επίσης αναφέρθηκε ,της ολοκληρωμένης προσέγγισης είναι ότι πλέον οι μελέτες πρέπει να περιλαμβάνουν εκτός από το τεχνικό/τεχνολογικό και οικονομικό στοιχείο, αλλά πλέον και το κοινωνικό με περισσότερες από μια διαστάσεις από εκείνες που έχουμε. Εξασφάλιση κοινωνικής αποδοχής, αλλά και ωφελήματα κοινωνικά, τα οποία πρέπει πλέον να ποσοτικοποιηθούν. Θα χαρώ ιδιαίτερα αν επιβληθεί ο νόμος του διοξειδίου του άνθρακα και αν θα γίνει αποδεκτός, που πολύ αμφιβάλλω, ιδιαίτερα από τον μεγαλύτερο καταναλωτή, που ξέρουμε ποιος είναι. Ευχαριστώ.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε πάρα πολύ τον καθηγητή κ. Καράμπελα. Παρακαλώ τον κ. Κραβαρίτη, Βοηθό Γεν. Διευθυντή της ΔΕΗ, να κάνει την πεντάλεπτη τοποθέτησή του.

Αθ. Κραβαρίτης: Θα είναι κ. Πρόεδρε μια τοποθέτηση πάρα πολύ πρακτική. Θα θίξω κάποια θέματα που κατά τη γνώμη μου έχουν πολύ μεγάλη χρέωση στην εκτέλεση ενός ενεργειακού έργου. Δυστυχώς υπάρχουν κάποιες διαδικασίες, οι οποίες όταν εφαρμόζονται, βλέπουμε πάρα πολλά έργα - ιδιωτικά ή δημόσια - ενεργειακά να αποτυγχάνουν. Θα σταθώ σε κάποια σημεία μόνο που ίσως είναι κοινοτυπίες, αλλά δυστυχώς στην Ελληνική πραγματικότητα δεν ισχύουν.

Έρευνα αγοράς σχεδόν ποτέ δεν υπάρχει. Αυτό είναι προφανές ότι πρέπει να γίνεται και για να σταθώ στα πιο κρίσιμα σημεία στην κάθε μια φάση, είναι στην χωροθέτηση ενός ενεργειακού έργου που άμεσα συναρτάται με τις τοπικές κοινωνίες. Χωροθέτηση σημαίνει

σωστή επιλογή και αποδοχή από τους τοπικούς φορείς και κοινωνίες. Είναι το πιο δύσκολο σημείο του έργου και ίσως το πιο χρονοβόρο. Η πρώτη χωροθέτηση βέβαια δίνεται από την πολιτεία, αλλά ζητάει και τη γνώμη των τοπικών κοινωνιών, οι οποίες πρέπει να έχουν άποψη και να την εκφράζουν μέσα σε λογικά χρονικά διαστήματα. Αν υποθεθεί ότι αυτό το πετύχει κανείς, βέβαια ισχύει για όλα τα ενεργειακά έργα.

Το δεύτερο μεγάλο "αγκάθι" είναι έγκριση περιβαλλοντικών όρων. Απαιτεί πολλές σοβαρές μελέτες σεναρίων διαχύσεως ρύπων κτλ. οι οποίες πρέπει να γίνονται και πρέπει για αυτά να έχουν άποψη οι τοπικές κοινωνίες. Πρέπει να διαθέτουν όμως και το κατάλληλο επιστημονικό προσωπικό και αυτό το λέγω επειδή βρισκόμαστε σε ένα επιστημονικό Ίδρυμα.

Δυστυχώς εκεί υπάρχει μια κατάσταση πλήρως "αλαλούμ" στην Ελληνική πολιτεία επειδή πολλές φορές δεν έχουν άποψη, καταφεύγουν σε μη δόκιμες μεθόδους για τα σχόλια και την αποδοχή ή όχι κάποιων περιβαλλοντικών μελετών. Θα έλεγα ότι το ευκολότερο, αν γίνουν όλα αυτά και υπάρχει μια μελέτη σκοπιμότητας, από την Ευρωπαϊκή Ένωση θα πάρεις από χρηματικά προγράμματα, αλλά και στην Ελλάδα. Βλέπετε στο χρηματιστήριο τι μεγάλη ρευστότητα υπάρχει, που μας δείχνει ότι υπάρχουν λεφτά στην αγορά, αρκεί να υπάρχουν κάποιες εξασφαλίσεις. Όλες οι άλλες διαδικασίες είναι ευκολότερες, και αν πάμε στην τελευταία που μας ενδιαφέρει άμεσα, είναι η ποιότητα, στην οποία αναφερθήκατε πριν και η σωστή επίβλεψη η οποία κάνει τα έργα να είναι βιώσιμα, αποδοτικά.

Αλλά και εκεί χρειάζεται έρευνα, ακόμα και στο πεδίο της επίβλεψης και της ποιότητας των προδιαγραφών και της κάλυψης των όρων. Όταν πρόκειται για ηλιακά έργα, τα οποία είναι και έργα πολύπλοκα, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Από την πρακτική λοιπόν σκοπιά, ήθελα να πω ότι είναι απαραίτητη η έρευνα αγοράς, για να μη πούμε όλες τις λέξεις κλειδιά: χωροθέτηση σωστή, σκοπιμότητα, χρηματοδότηση το ευκολότερο, και καλή ποιότητα και επίβλεψη. Ευχαριστώ.

Ν. Βλάχος: Ευχαριστούμε πάρα πολύ. Θα ήθελα να σας πω ότι ο φίλτατος τέως πρύτανης του ΕΜΠ, ο κ. Μαρκάτος, μου είχε πει πριν από περίπου έναν μήνα ότι αν τυχόν συμβεί κάτι ευχάριστο, το οποίο θα σας πω αμέσως, δε θα μπορέσει να έλθει. Απέκτησε λοιπόν δύο δίδυμα πρόσφατα – την περασμένη εβδομάδα – και από αυτό το βήμα θέλω να τον συγχαρώ. Του εύχομαι μακροζωία για να μπορέσει να απολαύσει τους καρπούς της ζωής του με τα παιδιά του. Επομένως, δε θα είναι σήμερα εδώ μαζί μας.

Παρακαλώ τον καθηγητή του Αριστοτελείου, τον κ. Πάττα, να ανέβει στο βήμα και να κάνει την τοποθέτησή του.

Κ. Πάττας: Δεν είχαμε συνεννοηθεί προηγουμένως τα μέλη του Στρογγυλού Τραπεζιού και επομένως ήταν αυτονόητο ότι ο τελευταίος ή οι τελευταίοι θα έχουν καλυφθεί από τους προηγούμενους. Έτσι μου δίνεται η ευκαιρία να "γκρινιάσω" λίγο, παρά το γεγονός ότι είμαι αισιόδοξος άνθρωπος.

Κοιτάξτε - εδώ ακούστηκαν απόψεις, οι οποίες δε με καλύπτουν και οφείλω να το πω. Δεν μπορεί να περιμένουμε στις ανοιχτές κοινωνίες, μόνο οι κοινωνίες να εκπαιδεύουν τους ταγούς. Θα πρέπει και οι ταγοί να εκπαιδεύουν τις κοινωνίες. Δηλαδή σε χώρες όπου για παράδειγμα μπορεί να συμβεί αυτό, άμεσης δημοκρατίας, όπως είναι η Ελβετία, θα ήταν δυνατόν να συμβαίνει αυτό. Θα μπορούσε η πολιτική ευθύνη να περάσει πράγματι στους πολιτικούς ταγούς δηλαδή.

Υπάρχει η υπόθεση του Κυότο, μια παγκόσμια υπόθεση. Οι ταγοί αποφάσισαν, βέβαια με όλη την εμπειρία που υπάρχει και την πίεση της κοινής γνώμης των χωρών τους ότι πρέπει να γίνει αυτό. Ακούμε ότι οι Ηνωμένες Πολιτείες πιθανόν θα δυστροπήσουν, αλλά συνήθως αυτό γίνεται. Δυστροπών για κάμποσο καιρό, μέχρι να τακτοποιήσουν τα εσωτερικά τους και στη συνέχεια μπαίνουν και αυτές στο διεθνή ανταγωνισμό με τους ίδιους τρόπους, με τους οποίους μπαίνουν και οι άλλοι. Η Ευρωπαϊκή Ένωση φροντίζει τα του οίκου της κάπως πιο πειθαρχημένα, και εγώ θεωρώ βέβαιο ότι αυτό το οποίο έχει υποσχεθεί στον εαυτό της θα το πετύχει.

Θα το πετύχει με δράσεις, οι οποίες θα έχουν και εθνικό χαρακτήρα. Δεν μπορεί δηλαδή εδώ το δίλημμα να είναι "Δεν μπορώ να μειώσω την κατανάλωση, επομένως πηγαίνω στην πυρηνική ενέργεια διότι οι ανανεώσιμες πηγές ή οι άλλες πηγές δεν επιτυγχάνουν τους στόχους που θέτουν". Δεν μπορεί να ικανοποιηθεί ένα τέτοιο δίλημμα, να τεθεί ένα τέτοιο δίλημμα. Φαντάζομαι ότι εκείνοι που μπορεί να έχουν έγκυρη γνώμη θα πρέπει να πείσουν τις κοινωνίες τους ότι πρέπει να μειωθούν οι καταναλώσεις. Εκεί θα πρέπει να βάλουμε - δηλαδή να εκπαιδεύσουμε - να βάλουμε τον μοχλό.

Έτσι, μου φάνηκε ότι άκουγα "στο σπίτι του κρεμασμένου για σχοινί", διότι εδώ είναι το Συνέδριο του Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής και βέβαια δεν μας προκαλεί μεγάλη ευχαρίστηση να ακούμε ότι από τις πιο υποσχόμενες δυνατότητες, εξελίξεις, είναι να ξανασκεφτούμε να χρησιμοποιήσουμε την πυρηνική ενέργεια. Υπάρχουν ορισμένες χώρες, σ' αυτές συγκαταλέγεται και η χώρα μας, που έχουν πάρει απόφαση, τουλάχιστον αυτήν τη στιγμή είναι σε ισχύ, να μην μπούμε σε αυτή τη διαδικασία. Δεν μας μένει λοιπόν τίποτα άλλο παρά να κάνουμε ότι είναι δυνατόν με ρεαλισμό και δύναμη προς την κατεύθυνση, η οποία δείχνει και έδειξε το Συνέδριο τόσο ωραία σήμερα. Ευχαριστώ πολύ.

Ν. Βλάχος: Η Οργανωτική Επιτροπή, κ. Πάττα, σκέφτεται να βάλει τα συμπεράσματα του Συνεδρίου - αφού τα μελετήσει και τα καταγράψει - στο Διαδίκτυο και να ανοίξει μία Ιστοσελίδα-διάλογο, στην οποία θα μπορέσετε να προσκομίσετε οποιοδήποτε υλικό. Να μας το στείλετε για να το περάσουμε στο Διαδίκτυο, ώστε να γίνει κτήμα όλων μας.

Τώρα είναι ένα σημείο νομίζω πολύ σημαντικό. Αν ξεκινήσουμε διάλογο αυτή τη στιγμή, νομίζω ότι θα επεκταθούμε πολύ.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΤΟΜΟΥ Γ΄

<i>Αχ. Αδαμαντιάδης</i>	<i>15</i>	<i>Γ. Μπεργελές</i>	<i>79</i>
<i>Γ. Γιαδικιάρογλου</i>	<i>33</i>	<i>Ε. Τσότσας</i>	<i>91</i>
<i>Κ. Διαμαντάρας</i>	<i>45</i>	<i>Μ. Φυντίκας</i>	<i>105</i>
<i>Α. Καράμπελας</i>	<i>59</i>	<i>Α. Χάρης</i>	<i>145</i>
<i>Α. Κοκκινάκη - Δανιήλ</i>	<i>137</i>	<i>Ν. Χρυσομαλλίδου</i>	<i>121</i>