

**Ο** πρώτος στον κόσμο πιλοτικός σταθμός ηλεκτρικής ενέργειας που καίει ορυκτά καύσιμα (λιγνίτη), χωρίς να εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα, εγκαινιάστηκε πρόσφατα στη Γερμανία, με την ελπίδα ότι η τεχνολογία θα βοηθήσει στο επίκαιρο θέμα του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η τεράστια εγκατάσταση (100 φορές μεγαλύτερη από τη συμβατική) έξω από την κωμόπολη Spremberg (Σπρέμπεργκ) της πρώην Ανατολικής Γερμανίας είναι ο πρώτος θερμοηλεκτρικός σταθμός με δυνατότητα δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (τεχνολογία CCS, Carbon Capture and Storage), αποτελώντας μέρος ενός φιλόδοξου μεγαλύτερου προγράμματος πιλοτικών σταθμών από την ΕΕ.

ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ «CCS»  
ΣΤΟ SPREMBERG  
ΤΗΣ ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ:

Αν, μάλιστα, συνυπολογίσει κανείς και το ιστορικό της μικρής πόλης, της «βρώμικης Πόλης» («the stinky town») όπως έγινε γνωστή για την έντονη δυσσομία της, θα μπορεί ευκολότερα να κάνει παραλληλισμούς αλλά και να εξάγει σημαντικά συμπεράσματα. Στο Σπρέμπεργκ παραγόταν, με την καύση του λιγνίτη, το 11% του ηλεκτρισμού της Ανατολικής Γερμανίας, ενώ το πλούσιο σε λιγνίτη υπέδαφός της ήταν εγγύηση για την ανεξάρτηση από τις σοβιετικές ενεργειακές προμήθειες. Γι' αυτό και το τοπίο της περιοχής καλύπτεται σε μεγάλο βαθμό από εξοφλημένους ή εν ενεργεία εξορμητικούς χώρους, με «κρηκίτες» που διακόπτουν τη φυσική συνέχεια της μορφολογίας του. Κάθε συνταξιοδότης υπάλληλος των εργοστασίων του Σπρέμπεργκ σήμερα, υπερηφανεύεται ότι ξέρει να εντοπίζει

στα δελτία Τύπου.

Η Διεθνής Υπηρεσία Ενέργειας (IEA) εκτιμά ότι η τεχνολογία CCS θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει σχεδόν το ένα τρίτο των μειώσεων του CO<sub>2</sub> που απαιτούνται μέχρι το 2050. Σήμερα το μεγαλύτερο εμπόδιο στην εκτεταμένη χρήση της τεχνολογίας είναι το κόστος και ειδικά εκείνο της δέσμευσης/διαχωρισμού του CO<sub>2</sub>, που ανέρχεται στο 70-80% του συνολικού. Στον τομέα αυτό επικεντρώνεται κυρίως η έρευνα, με γενναία χρηματοδότηση από την ΕΕ, και με το θέμα αυτό είχαμε ασχοληθεί και παλαιότερα από το ίδιο βήμα (ΤΕΕ 2430, 5.3.07).

Σχετικά με τις εναλλακτικές μεθόδους αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> υπάρχουν διάφορες επιλογές. Καταρχάς το CO<sub>2</sub> μπορεί μετά από επεξεργασία να επαναχρησιμοποιηθεί (π.χ. ως πρόσθετο σε αναψυκτικά ή στα θερμοκήπια). Επειδή, όμως, η βιομηχανική χρήση του είναι περιορισμένη, το μεγαλύτερο μέρος του εξεγόμενου CO<sub>2</sub> πρέπει να αποθηκευτεί. Το CO<sub>2</sub> μπορεί να αποθηκευτεί σε γεωλογικούς σχηματισμούς όπως οι εξαντλημένοι ταμειυτήρες πετρελαίου και φυσικού αερίου, βαθείς αλμυροί υδροφορείς κάτω από ωκεανούς και σε βάθη αρκετών χιλιάδων μέτρων (>3.000 μ.) και μη εξορυχθέντα στρώματα γαιανθράκων. Το CO<sub>2</sub> μπορεί, επίσης, να συσφραχθεί υπό μορφή ορυκτών (ορυκτολογική αποθήκευση).

Τη μεγαλύτερη σημασία από τις πιο πάνω μεθόδους, έχει η Γεωλογική Αποθήκευση, η οποία είναι η πιο αποδοτική διότι οι γεωλογικοί σχηματισμοί προσφέρουν μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα. Σύμφωνα με στοιχεία του ΟΗΕ (Διακυβερνητικό Σώμα για την Κλιματική Αλλαγή, IPCC, Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage), μια κονδρική και με απλουστευτικές παραδοχές εκτίμηση του παγκόσμιου δυναμικού αποθήκευσης (σε Gt CO<sub>2</sub>) είναι: Σε βαθείς αλμυρούς υδροφορείς από 1.000 έως 10.000, σε εξαντληθέντες ταμειυτήρες υδρογονανθράκων από 675 έως 900 και σε κοπάσματα, στρώματα και λεκάνες «άνθρακα» από 15 έως 200, καλύπτοντας συνολικά από 1.690 έως 11.100 Gt CO<sub>2</sub>. Ειδικότερα, οι βαθείς αλμυροί υδροφορείς είναι ψαμμιτικοί σχηματισμοί, που περιέχουν αλμυρό νερό. Αυτοί οι σχηματισμοί, σε περίπτωση που είναι κατάλληλοι, προσφέρουν καλή προοπτική

## Νέα αρχή για τα ενεργειακά ορυκτά;

του **ΠΕΤΡΟΥ ΤΖΕΦΕΡΗ\***

Το σύστημα δεσμεύει το CO<sub>2</sub> (περίπου 10t CO<sub>2</sub>/h κάθε ώρα), καθώς και τα λοιπά αέρια, τα οποία παράγονται από την καύση του λιγνίτη, και τα συμπιέζει μέχρι να υγροποιηθούν. Το συμπιεσμένο αέριο μεταφέρεται με βυτιοφόρα στη βόρεια Γερμανία, όπου διοχετεύεται με εισπίεση μέσα σε μια εξαντλημένη πηγή φυσικού αερίου (υπεδαφικός ταμειυτήρας) για μόνιμη αποθήκευση. Ακολουθεί συνεχής παρακολούθηση (monitoring) του αποθηκευμένου υλικού.

Σήμερα, με τη ζήτηση ενέργειας να αυξάνεται κατακόρυφα, την εμπορία ρύπων να «παρακολουθεί» χωρίς να δρομολογεί λύση για το ουσιαστικό πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών και την πεποίθηση ότι τα ενεργειακά ορυκτά θα συνεχίσουν να συνδράμουν την ηλεκτροπαραγωγή για αρκετά χρόνια ακόμη συναρτώντας με την παρουσία τους τα δύο τρίτα της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας, ο νέος σταθμός αποκτά ιδιαίτερη σημειολογική αξία. Που αφορά όχι μόνο την τυχόν επέκτασή του συγκεκριμένου πιλοτικού προγράμματος και σε άλλες περιοχές και χώρες, αλλά γενικότερα την εικόνα της μελλοντικής εκμετάλλευσης των ενεργειακών ορυκτών (γαιάνθρακα, λιγνίτη, λιθάνθρακα κλπ.) που ενοχοποιήθηκαν «με ποιινή θανάτου» ως μία από τις βασικές αιτίες υπερθέρμανσης του πλανήτη.

με τη μυρωδιά προς τα πού φυσάει ο άνεμος... Μόνο που με τα νέα δεδομένα, ελπίζουμε ότι αυτό δεν θα χρειαστεί. Στη δεκαετία του 1990 μετά από την επάνωση της Γερμανίας, το παλιό εργοστάσιο ηλεκτρισμού κατεδαφίστηκε και στη θέση του κατασκευάστηκε, από τη σουηδική «Vattenfall», ένα πιο σύγχρονο. Η ίδια εταιρεία ηλεκτροπαραγωγής κατασκεύασε και την υπόψη μονάδα CCS, η οποία σηματοδοτεί μια νέα εποχή για τους λιγνιτικούς σταθμούς και τις πόλεις τους.

Τα επιμέρους προβλήματα του σταθμού σηματοδοτούν και τα αντίστοιχα προβλήματα αλλά και περιθώρια βελτίωσης της νέας τεχνολογίας CCS: Το εργοστάσιο είναι μικρής ισχύος (30 MW), είναι ογκώδες και πολύπλοκο και, όπως αναμενόταν, άλλωστε, κόστισε πάρα πολλά (70 εκατ. ευρώ), με προεξάρχον το κόστος σύλληψης και διαχωρισμού του CO<sub>2</sub> από τα καυσάερα. Επιπλέον, καίει το λιγνίτη με καθαρό οξυγόνο (oxyfuel), αντί με ατμοσφαιρικό αέρα, έτσι ώστε να περιοριστούν τα υπόλοιπα (πλην του CO<sub>2</sub>) καυσάερα και κυρίως το άζωτο, σε σχέση με τις συμβατικές εγκαταστάσεις. Σύμφωνα με τους τεχνικούς της «Vattenfall», δεν αναμένεται να υπάρξουν προβλήματα σε σχέση με την ασφάλεια στην υπόγεια αποθήκευση του CO<sub>2</sub>, ενώ για τους τόπους γεωλογικής αποθήκευσης δε γίνεται ιδιαίτερη μνεία

\* Δρ. μηχανικός ΕΜΠ,  
<http://elladitsamas.blogspot.com/>

για αποθήκευση μεγάλου όγκου, διότι συνήθως στις περισσότερες χώρες βρίσκονται κοντά σε βιομηχανικές πηγές CO<sub>2</sub> και έχουν πολύ μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα. Η έκχυση CO<sub>2</sub> σ' αυτούς τους σχηματισμούς είναι παρόμοια με την έκχυση σε πεδιά πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Σημειώνεται ότι οι παγκόσμιες εκπομπές εκτιμώνται, περίπου, σε 25 Gt CO<sub>2</sub>/έτος. Συνεπώς, μπορεί να συμπεράνει κανείς ότι η δυνατότητα γεωλογικής αποθήκευσης, με βάση την προηγούμενη χονδρική εκτίμηση, είναι εκατοντάδες φορές μεγαλύτερη από τις ετήσιες συνολικές εκπομπές και μάλιστα, μετά από νεότερες μετρήσεις, η παγκόσμια αποθηκευτική ικανότητα αναμένεται να αυξηθεί.

Σε ολόκληρο τον κόσμο πραγματοποιούνται ερευνητικές εργασίες, καθώς και προγράμματα CCS σε ημιβιομηχανική κλίμακα. Αρκετά projects έχουν ήδη «αποθηκεύσει» εκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> ανά τον κόσμο, ορισμένα για αρκετά χρόνια, και μάλιστα χωρίς διαπιστωμένη διαρροή μέχρι σήμερα. Για παράδειγμα, το πρόγραμμα στο Weyburn του Καναδά, όπου πάνω από 5 εκατ. tCO<sub>2</sub> εισήχθησαν με εισπίεση σε εξαντλημένο κοίτασμα πετρελαίου και επίσης στο Sleipner, κοντά στις νορβηγικές ακτές, όπου πάνω από 10 εκατ. tCO<sub>2</sub> έχουν εκχυθεί με επιτυχία σε υποθαλάσσιο υδροφορέα κάτω από τη Βόρεια Θάλασσα, αποδεικνύοντας ότι το CO<sub>2</sub> μπορεί να αποθηκευτεί ικανοποιητικά σε μεγάλες ποσότητες.

Με τα σημερινά δεδομένα, η βελτίωση της τεχνολογίας, αλλά και του κόστους, είναι θεαματική. Τα ερευνητικά προγράμματα της επόμενης δεκαετίας, σε διεθνές επίπεδο, θα είναι κρίσιμα, ενώ οι εκτιμήσεις μεγάλων εταιρειών ηλεκτροπαραγωγής αναφέρουν ότι, σε 10 χρόνια, το κόστος της δέσμευσης και της γεωλογικής αποθήκευσης (το οποίο σήμερα κυμαίνεται μεταξύ 50 και 100 ευρώ) αναμένεται να συμπιεστεί περί τα 20 ευρώ ανά τόνο CO<sub>2</sub>.

Στη χώρα μας υλοποιήθηκαν από το ΙΓΜΕ (2000-2004) δύο ερευνητικά έργα από το 5ο ΠΠ της ΕΕ (GESTCO και NASCENT) ενώ βρίσκεται σε εξέλιξη, στο πλαίσιο του 6ου ΠΠ, το «GeoCapacity», με στόχο την ολοκλήρωση της εκτίμησης του εθνικού δυναμικού γεωλογικής αποθήκευσης. Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΙΓΜΕ (Δ/ση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων, Γ. Χατζηγιάννης), από το έργο GESTCO διαπιστώθηκε ότι στον ελλαδικό χώρο υπάρχει ικανοποιητικό δυναμικό αποθήκευσης στο υπέδαφος, που συνιστά αναγκαία προϋπό-

θεση για την εφαρμογή CCS. Η εκτίμηση του δυναμικού αποθήκευσης CO<sub>2</sub> στα γνωστά κοιτάσματα υδρογονανθράκων (Πρίνος, Ν. Καβάλας, Επανομή, Κατάκωλο, κλπ.) του ελλαδικού χώρου είναι της τάξης των 26 εκατ. t CO<sub>2</sub>. Για το κοιτάσμα Πρίνου εκτιμάται ειδικότερα ότι μπορεί να δεχθεί το CO<sub>2</sub> που προέρχεται από το σταθμό ΑΗΣ Κομοτηνής με ετήσιες εκπομπές 734 ktons CO<sub>2</sub>, για 25 έτη. Σχετικά με τους βαθείς υδροφορείς που μελετήθηκαν (λεκάνη Πρίνου στο Β. Αιγαίο, Δυτ. Θεσσαλονίκη και Μεσσηνική αύλακα) το εκτιμώμενο δυναμικό αποθήκευσης ανέρχεται σε 2.200 εκατ. t CO<sub>2</sub>, με καλή ποιότητα αποθήκευσης για το Αιγαίο και τη Θεσσαλονίκη και χαμηλή για τη Μεσσηνική αύλακα. Τέλος, η αξιολόγηση του δυναμικού των κοιτασμάτων «άνθρακα» της χώρας έδειξε ότι έχουν πολύ χαμηλό δυναμικό λόγω μικρού βάθους ανάπτυξης, τεκτονικής δομής και μικρού δυναμικού μεθανίου. Επίσης, τα εξοφληθέντα ορυχεία και μεταλλεία της χώρας έχουν κι αυτά σχεδόν μηδαμινό δυναμικό (το μεγαλύτερο είναι το λιγνιτωρυχείο Αλιβερίου, αλλά με ανεπαρκείς κενούς χώρους).

Με την ωρίμανση της τεχνολογίας CCS ως ασφαλούς, βιώσιμης και εμπορικής τεχνολογίας και την επίλυση των σχετικών θεμάτων κανονιστικού πλαισίου, θα είναι πλέον δυνατή η μείωση εκπομπών από την αξιοποίηση των γκωρίων λιγνιτών. Έτσι θα πάψουν οι λιγνίτες από «σωτήριες λέμβους» να θεωρούνται πλέον ως «αποδιοπομπαίοι τράγοι» του ενεργειακού μας συστήματος. Διαφορετικά θα υποχρεωθούμε είτε να ενταχθούμε στην έρευνα όταν θα είναι ήδη αργά, είτε να απεμπολήσουμε συντομότερα του αναμενόμενου την «ειδοποιό» διαφορά του λιγνίτη. Απαιτείται, βέβαια, η δραστηριοποίηση των υπεύθυνων ερευνητικών και παραγωγικών φορέων, η ένταξη στα ερευνητικά προγράμματα της ΕΕ και η χρηματοδότηση της εφαρμοσμένης έρευνας από την πολιτεία ως τομέας υψηλής προτεραιότητας. Η εγκατάσταση πιλοτικής μονάδας CCS πρέπει να εξεταστεί σοβαρά από την πολιτεία και τις εταιρείες ηλεκτροπαραγωγής. Είναι κρίμα και σχήμα οξύμωρο να απελευθερώνονται χιλιάδες τόνοι CO<sub>2</sub> ημερησίως από τις μονάδες του λιγνιτικού κέντρου Δυτ. Μακεδονίας και στην ευρύτερη περιοχή (Μεσοχώρι Φλώρινας) να γίνονται από ιδιωτική εταιρεία γεωτρήσεις εξόρυξης φυσικού κοιτάσματος CO<sub>2</sub> (περίπου 15 χιλ. τόνοι ετησίως) με σκοπό να διοχετευτεί, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, στη βιομηχανία τροφίμων ή στο εμπόριο...

