

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΡΙΟΥΤΥ ΜΑΥΑΥΛΑ

# «Η Γεωμηχανική στις Κλιματικές Μεταβολές»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θεσσαλονίκη, 2013

**ΜΡΙΟΥΤΥ ΜΑΥΑΥΛΑ**

# **«Η Γεωμηχανική στις Κλιματικές Μεταβολές»**

**Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας  
Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας**

Επιβλέπων Καθηγητής

**Καθηγητής Θεόδωρος Σ. Καρακώστας**

© Μριυtu Μαγaula, Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

## Η ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

## 1. Το Πρωτόκολλο του Κιότο

Το Πρωτόκολλο του Κιότο προέκυψε από τη Σύμβαση-Πλαίσιο για τις Κλιματικές Αλλαγές, που είχε υπογραφεί στη Διάσκεψη του Ρίο, τον Ιούνιο του 1992, από το σύνολο σχεδόν των κρατών του κόσμου. Στόχος της Σύμβασης είναι «η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες».

Λίγα χρόνια μετά, και συγκεκριμένα το 1997, καθορίστηκε στα πλαίσια της Σύμβασης αυτής το Πρωτόκολλο του Κιότο, που αποτελεί ένα σημαντικό νομικό εργαλείο για τον έλεγχο των εκπομπών. Κεντρικός άξονας του Πρωτοκόλλου, είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές των έξι σημαντικότερων αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, μονοξείδιο του αζώτου, υδροφθοράνθρακες, φθοράνθρακες και εξαφθοριούχο θείο) κατά την περίοδο 2008-2012, σε ποσοστό 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Το Πρωτόκολλο προβλέπει τον εξής καταμερισμό ευθυνών ανά χώρα:

**Πίνακας 1.** Ποσοστά μείωσης ή αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου όπως προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο για την κάθε χώρα.

Ευρωπαϊκή Ένωση (των 15), Βουλγαρία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%
ΗΠΑ	-7%
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0%
Νορβηγία	+1%
Αυστραλία	+8%
Ισλανδία	+10%

(πηγή: <http://www.greenpeace.org/greece/news/25727/89052>)

Αν και ο συνολικός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η μείωση των εκπομπών κατά 8%, ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων ανάμεσα στα κράτη μέλη παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις. Οι επιμέρους στόχοι παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 2.** Ποσοστά μείωσης ή αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου όπως προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο για την κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Λουξεμβούργο	-28%	Γαλλία, Φινλανδία	0%
Γερμανία, Δανία	-21,5%	Σουηδία	+5%
Αυστρία	-13%	Ιρλανδία	+14%
Βρετανία	-12,5%	Ισπανία	+15%
Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%	Ελλάδα	+25%
Βέλγιο	-7%	Πορτογαλία	+28%
Ιταλία	-6,5%		
Ουγγαρία, Πολωνία, Ολλανδία	-6%		

(πηγή: <http://www.greenpeace.org/greece/news/25727/89052>)

Όπως φαίνεται, στην Ελλάδα έχει επιτραπεί να αυξήσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 25% μέχρι το 2010 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Όμως, σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μέχρι το 2000 οι εκπομπές της χώρας μας είχαν ήδη αυξηθεί κατά 23,4%, ενώ σύμφωνα με τις προβλέψεις, η αύξηση των εκπομπών κατά το 2010 θα ανέρχεται στο +35,8%. Η μη τήρηση των στόχων θα έχει οδυνηρές συνέπειες για τη χώρα μας, αφού σε μία τέτοια περίπτωση προβλέπονται αυστηρά πρόστιμα. Γι' αυτό και είναι επιτακτική η ανάγκη να προωθηθούν μέτρα που θα συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην ταχεία

ανάπτυξη των καθαρών πηγών ενέργειας και εν τέλει στη μείωση των επικίνδυνων αερίων που αποσταθεροποιούν την ατμόσφαιρα της γης και πυροδοτούν τις κλιματικές αλλαγές.

Για να γίνει το Πρωτόκολλο διεθνής δεσμευτικός νόμος, πρέπει να επικυρωθεί από ένα ορισμένο αριθμό χωρών. Παρά τη δεδηλωμένη πρόθεση των ΗΠΑ να μη συμμετέχουν στη διεθνή αυτή συμφωνία, πολλές χώρες έχουν ήδη επικυρώσει το Πρωτόκολλο αυτό. Συγκεκριμένα, μέχρι τις 17 Φεβρουαρίου του 2003, είχαν υπογράψει συνολικά 188 χώρες. Η Ελλάδα, μαζί με την υπόλοιπη Ευρωπαϊκή Ένωση το επικύρωσε το Μάιο του 2002. Η επικύρωσή του και από τη Ρωσία το 2004 επέτρεψε να τεθεί σε ισχύ σε παγκόσμιο επίπεδο από τις 16 Φεβρουαρίου 2005 και να καταστεί δεσμευτικό για τα κράτη που το υπέγραψαν.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι ΗΠΑ, παρόλο που είναι η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών CO<sub>2</sub><sup>1</sup>, δεν υπέγραψαν το Πρωτόκολλο του Κιότο. Κύρια επιχειρήματά ενάντια στο Πρωτόκολλο αποτελούν αφενός ότι η υιοθέτησή του θα πλήξει την αμερικάνικη οικονομία, αφετέρου το ότι θα πρέπει και για τα αναπτυσσόμενα κράτη να προβλέπονται δεσμευτικοί στόχοι μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι χωρίς την αμερικανική συμμετοχή, το πρωτόκολλο αυτό αλλά και το κάθε πρωτόκολλο είναι καταδικασμένο σε αποτυχία. Από την άλλη, παρά την αμερικανική αποχή, οι υπόλοιπες χώρες με επικεφαλής τις χώρες της Ε.Ε., προσπαθούν να ανταποκριθούν όσο μπορούν στους στόχους του Κιότο.

## **2. Ευέλικτοι μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου**

Μία χώρα μπορεί να πετύχει τους στόχους που της ορίζει το Πρωτόκολλο είτε μειώνοντας τις εκπομπές της, είτε, εναλλακτικά, χρησιμοποιώντας κάποιους από τους λεγόμενους «ευέλικτους μηχανισμούς» που διαθέτει το Πρωτόκολλο. Συνοπτικά, οι μηχανισμοί αυτοί είναι οι εξής:

- i. Διαπραγμάτευση δικαιωμάτων εκπομπών μεταξύ των συμβαλλόμενων χωρών ή αλλιώς «εμπόριο ρύπανσης»: μία βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα που έχει μειώσει

---

<sup>1</sup> Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι μόνο στις ΗΠΑ, οι εκπομπές του CO<sub>2</sub> αυξήθηκαν κατά 10.7% από το 1990 ως το 1997, καθώς και το ότι οι ΗΠΑ ευθύνονται για το 35% των παγκόσμιων εκπομπών CO<sub>2</sub>.

τις εκπομπές της πέραν των αρχικών στόχων που προβλέπει το Πρωτόκολλο, μπορεί να “πουλήσει” αυτή την επιπλέον μείωση σε άλλη χώρα που αντιμετωπίζει δυσκολίες στο να πετύχει το στόχο της.

- ii. Δημιουργία ενός «Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης»: ο τελικός στόχος αυτού του μηχανισμού είναι οι αναπτυσσόμενες χώρες να αναπτύξουν καθαρές τεχνολογίες για να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ο «Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης» παρέχει κίνητρα έτσι ώστε οι βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες να χρηματοδοτήσουν προγράμματα για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις αναπτυσσόμενες χώρες. Έτσι, μια βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα, αντί να μειώσει τις δικές της εκπομπές, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών σε κάποια φτωχότερη χώρα όπου η μείωση αυτή είναι ευκολότερη και φθηνότερη.
- iii. Εφαρμογή προγραμμάτων από κοινού: παρεμφερές εργαλείο με το «Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης». Σε αντίθεση όμως μ’ αυτόν αφορά όχι τις αναπτυσσόμενες χώρες γενικά, αλλά μόνο εκείνες που έχουν δεσμευτεί σε μειώσεις μέσω του Πρωτοκόλλου του Κιότο (όπως οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης).

### **3. Εναλλακτικές Προτάσεις για την Αλλαγή του Κλίματος - Γεωμηχανική**

Το 2001 προσκλήθηκαν στο Λευκό Οίκο επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων για να συμμετάσχουν σε μια συζήτηση σχετικά με εναλλακτικές λύσεις σε μια ενδεχόμενη απότομη ή έντονη κλιματική αλλαγή. Παρόλο που η αμερικανική κυβέρνηση επέμενε σε δημόσιες δηλώσεις της ότι δεν υπάρχουν σοβαρές αποδείξεις για τη θέρμανση του πλανήτη, έψαχνε «μυστικά» για εναλλακτικούς τρόπους αποφυγής της θέρμανσης αυτής.

Οι περισσότερες από τις αναπτυγμένες χώρες του κόσμου είχαν ήδη συμφωνήσει να αντιμετωπίσουν την παγκόσμια θέρμανση, με τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), που θεωρείται το περισσότερο υπεύθυνο από τα λεγόμενα «αέρια του θερμοκηπίου». Η συμφωνία αυτή αποτέλεσε το Πρωτόκολλο του Κιότο. Όμως, το 2001, ο πρόεδρος των ΗΠΑ George W. Bush απέσυρε την υποστήριξη της χώρας του για το εν λόγω πρωτόκολλο, ζητώντας από τους συμβούλους του να διερευνήσουν εναλλακτικές λύσεις.

Ο Keith, φυσικός και οικονομολόγος του Πανεπιστημίου του Κάλγκαρι, διεξήγαγε, για περισσότερο από μία δεκαετία, έρευνα σχετικά με διάφορες στρατηγικές για τον περιορισμό της παγκόσμιας θέρμανσης. Αυτός και άλλοι επιστήμονες που κλήθηκαν στο Λευκό Οίκο, πολλοί από τους οποίους είχαν ξοδέψει την καριέρα τους σχεδιάζοντας πυρηνικά όπλα, κατέληξαν σε κάποιες λύσεις σχετικά με τη γεωμηχανική (ή πλανητική μηχανική- geoengineering) του κλίματος της γης. Υποστήριξαν ότι αφού ήδη ο άνθρωπος μεταβάλλει ακούσια το κλίμα του πλανήτη, μπορεί να ενεργήσει κατά τέτοιο τρόπο ώστε εκούσια πλέον να αντισταθμίσει αυτήν την αλλαγή.

Πιο συγκεκριμένα, η γεωμηχανική ορίζεται ως η «σκοπίμη μεγάλης κλίμακας επέμβαση στο περιβάλλον. Ο όρος χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει τη χειραγώγηση του κλίματος του πλανήτη προκειμένου να αντιμετωπισθούν οι ανεπιθύμητες κλιματικές αλλαγές που προκαλούνται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα σχέδια 'γεωμηχανικής' αποβλέπουν στην εξισορρόπηση των αποτελεσμάτων της χρήσης ορυκτών καυσίμων χωρίς μείωση της κατανάλωσής τους» ([www.attac-hellas.org/seminars/geoengineering/programme.htm](http://www.attac-hellas.org/seminars/geoengineering/programme.htm)).

Σήμερα, ένας ολοένα αυξανόμενος αριθμός επιστημόνων, μεταξύ των οποίων κλιματολόγοι, ωκεανολόγοι και φυσικοί, λαμβάνουν σοβαρά υπόψη την εκούσια αλλαγή του κλίματος του πλανήτη μας, μέσω διάφορων στρατηγικών γεωμηχανικής.

Το CO<sub>2</sub> δεν ήταν πάντοτε επικίνδυνο για το κλίμα του πλανήτη μας. Κατά τα προηγούμενα 400.000 χρόνια, η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα κυμαινόταν μεταξύ των 180 και 280ppm (δηλαδή μόρια CO<sub>2</sub> ανά εκατομμύριο μόρια αέρα). Όμως, κατά το 1800, όταν ο άνθρωπος άρχισε να χρησιμοποιεί τα ορυκτά καύσιμα, η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα άρχισε να αυξάνει με ανησυχητικούς ρυθμούς- από τα 280ppm στα σημερινά επίπεδα των 380ppm, σε ένα διάστημα μόλις 100 ετών. Οι ειδικοί προβλέπουν ότι η συγκέντρωση αυτή μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 500ppm έως το 2050 και πιθανώς σε διπλάσια επίπεδα μέχρι το τέλος του αιώνα που διανύουμε. Όσο αυξάνει η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> ο πλανήτης θα γίνεται θερμότερος. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι εναλλακτικές λύσεις γεωμηχανικής που προτείνονται για τη μετρίαση της θέρμανσης του πλανήτη:



## 1. Αποθήκευση του CO<sub>2</sub> στο υπέδαφος

*Εφαρμοσιμότητα:: 10*

*Κόστος:: \$\$*

*Επικινδυνότητα:: 4*

Στο νοτιοανατολικό άκρο του Saskatchewan, ακριβώς έξω από την πόλη Weyburn (the 'Opportunity City'), υπάρχει ένας ατσάλινος πετρελαιαγωγός, που φτάνει στα 1.220 m κάτω από το έδαφος. Μέσα σε αυτή την υπόγεια σπηλιά, οι μηχανικοί του πετρελαίου εισάγουν με αντλίες 5.000 τόνους υγρού συμπιεσμένου CO<sub>2</sub> την ημέρα. Ο στόχος της επιχείρησης αυτής είναι διπλός: πρώτον, η χρήση του CO<sub>2</sub> για την άντληση πετρελαίου από τις υπόγειες αποβάθρες στο έδαφος, και δεύτερον, η 'παγίδευση' του CO<sub>2</sub> στο υπέδαφος.

*Χρονοδιάγραμμα:* Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές προτάσεις, αυτή βρίσκεται ήδη σε εφαρμογή.

*Πλεονεκτήματα:* Μέχρι το 2033 εκτιμάται ότι θα έχουν αποθηκευτεί στο έδαφος περίπου 25 εκατομμύρια τόνοι CO<sub>2</sub> μέσω της επιχείρησης που λαμβάνει χώρα στο Weyburn. Σύμφωνα με το σχεδιαστή της επιχείρησης αυτής, Mike Monea, η εν λόγω ποσότητα αντιστοιχεί σε CO<sub>2</sub> που εκπέμπουν 6,8 εκατομμύρια αυτοκίνητα σε ένα χρόνο. Αν κανείς αναλογιστεί ότι αυτή η τεράστια ποσότητα CO<sub>2</sub> αποθηκεύεται μόνο από ένα μικρό σχετικά πιλοτικό πρόγραμμα, η λύση αυτή φαντάζει ιδιαίτερα ελπιδοφόρα. Από τις ανθρώπινες δραστηριότητες απελευθερώνονται 28 γιγατόνοι CO<sub>2</sub> κάθε χρόνο στην ατμόσφαιρα. Οι γεωλόγοι εκτιμούν ότι οι υπόγειες αποβάθρες και οι αλατούχοι υδροφόροι ορίζοντες μπορούν να αποθηκεύσουν μια ποσότητα της τάξης των 200.000 γιγατόνων.

*Μειονεκτήματα:* Πριν το CO<sub>2</sub> εισαχθεί στο έδαφος, συμπιέζεται και βρίσκεται σε μια κρίσιμη κατάσταση, είναι πολύ πυκνό και παχύρρευστο, και συμπεριφέρεται περισσότερο σαν υγρό, παρά σαν αέριο. Σε αυτή τη μορφή θα πρέπει να παγιδευτεί στο υπέδαφος για χιλιάδες χρόνια, ή ακόμη καλύτερα για αόριστο χρονικό διάστημα. Υπάρχει όμως κίνδυνος στην περίπτωση που κάποιος υδροφόρος ορίζοντας αποσυμπιεστεί ακούσια κατά την προσπάθεια άντλησης πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Υπάρχει επίσης περίπτωση το CO<sub>2</sub> να διαφύγει με πολύ αργούς ρυθμούς μέσω φυσικών ρωγμών που ενδεχομένως να υπάρχουν στα πετρώματα και να αναδυθεί σε υπόγεια ή

κελάρια. Σύμφωνα με τον Keith, αν κάποιος περπατούσε σε ένα υπόγειο γεμάτο με CO<sub>2</sub>, δε θα το μύριζε, ούτε θα το έβλεπε, αλλά αυτό θα τον οδηγούσε στο θάνατο.

## 2. Φιλτράρισμα του CO<sub>2</sub> από τον αέρα

*Εφαρμοσιμότητα:: 4*

*Κόστος:: \$\$\$*

*Επικινδυνότητα:: 4*

Ο πρωτοπόρος της ιδέας αυτής, Klaus Lackner, αμφισβητήθηκε έντονα όταν την παρουσίασε για πρώτη φορά το 1999. Πρότεινε την κατασκευή γιγάντιων φίλτρων που θα λειτουργούσαν όπως η μυγοπαγίδα (flypaper- κολλώδες χαρτί, όπου παγιδεύονται οι μύγες), παγιδεύοντας τα μόρια του CO<sub>2</sub>, καθώς αυτά μεταφέρονται από τον άνεμο. Στα φίλτρα αυτά θα υπάρχει υδροξείδιο του νατρίου ή του ασβεστίου, χημικές ουσίες που δεσμεύουν το CO<sub>2</sub>. Μέσω μιας δευτερεύουσας διαδικασίας, το CO<sub>2</sub> θα αποδεσμεύεται από τις χημικές αυτές ουσίες, οι οποίες θα ανακυκλώνονται μέσω του φίλτρου και θα ξαναχρησιμοποιούνται, ενώ το CO<sub>2</sub> θα αποτίθεται.

*Χρονοδιάγραμμα:* Ο Lackner μαζί με άλλους επιστήμονες προσπαθεί να κατασκευάσει τέτοιου είδους φίλτρα (wind-scrubbers) για την εφαρμογή αυτής της τεχνικής και εκτιμά ότι για την ολοκλήρωση του συστήματος απαιτούνται τουλάχιστον δυο χρόνια ακόμη.

*Πλεονεκτήματα:* Τα φίλτρα θα μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε κρίνεται απαραίτητο, οπότε δε χρειάζεται να μεταφέρονται. Ο Lackner υπολογίζει ότι ένα φίλτρο που θα 'αφαιρεί' 25 τόνους CO<sub>2</sub> το χρόνο από τον αέρα, ποσότητα αντίστοιχη αυτής που προσθέτει ένας μέσος αμερικάνος στην ατμόσφαιρα το χρόνο, θα είχε το μέγεθος μιας μεγάλης τηλεόρασης πλάσμα. Ένα φίλτρο 61 μέτρων ύψους και 50 μέτρων πλάτους θα αποδεσμεύει από την ατμόσφαιρα 90.000 τόνους CO<sub>2</sub> το χρόνο.

*Μειονεκτήματα:* Πολλοί επιστήμονες εκφράζουν τις αμφιβολίες τους σχετικά με το πόσο εύκολο θα είναι να διαχωριστεί το CO<sub>2</sub> από τα άλλα χημικά στοιχεία που θα χρησιμοποιούνται για τη δέσμευσή του. Υποστηρίζουν ότι η διαδικασία αυτή απαιτεί ενέργεια από ορυκτά καύσιμα. Κάτι τέτοιο θα ήταν οικονομικά ασύμφορο. Ένα άλλο θέμα που προκύπτει είναι ότι για να αφαιρεθεί από την ατμόσφαιρα όλη η ποσότητα CO<sub>2</sub> που προστίθεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες χρειάζονται τεράστιες τέτοιες συσκευές φιλτραρίσματος.

### 3. «Γονιμοποίηση» των ωκεανών

*Εφαρμοσιμότητα: 10*

*Κόστος: :\$*

*Επικινδυνότητα: 9*

Ένας ωκεανολόγος ο John Martin, περίπου πριν από μια δεκαετία, δήλωσε τα εξής: 'Δώστε μου μισό τάνκερ γεμάτο με σίδηρο, και εγώ θα σας δώσω μια παγετώδη περίοδο'. Αναφερόταν στο γεγονός ότι ο Νότιος Ωκεανός (μια ζώνη ψυχρών και θυελλωδών νερών που διαχωρίζει την Ανταρκτική από τον υπόλοιπο κόσμο), είναι γεμάτος από ορυκτά και θρεπτικές ουσίες, αλλά περιέργως στερείται θαλάσσιας ζωής. Ο Martin κατέληξε πως αυτό το κομμάτι του ωκεανού είναι «αναιμικό», ότι περιέχει δηλαδή ελάχιστη ποσότητα σιδήρου, ο οποίος είναι ένα από τα απαραίτητα συστατικά για την ανάπτυξη του πλαγκτού. Υποστήριξε, λοιπόν, ότι προσθέτοντας σίδηρο, το πλαγκτόν θα αναπτύσσονταν πολύ και κατά συνέπεια θα κατανάλωνε μεγάλες ποσότητες CO<sub>2</sub>, μετριάζοντας έτσι τη θέρμανση του πλανήτη.

*Χρονοδιάγραμμα:* Ένα πρώτο πείραμα με θετικά αποτελέσματα έχει ήδη πραγματοποιηθεί από τον ωκεανολόγο Kenneth Coale. Το αν θα συνεχιστεί η τακτική αυτή βρίσκεται σήμερα υπό συζήτηση.

*Πλεονεκτήματα:* Η «γονιμοποίηση» των ωκεανών με σίδηρο είναι μια απλή και φθηνή μέθοδος. Ο Coale εκτιμά πως 450 γραμμάρια σιδήρου θα οδηγούσαν στην ανάπτυξη πλαγκτού που θα δέσμευε 45 περίπου τόνους CO<sub>2</sub>. Σύμφωνα με τα παραπάνω, ακόμη κι αν μια τέτοια επιχείρηση ήταν κατά 1% αποτελεσματική, θα απορροφούνταν μισός τόνος CO<sub>2</sub>, ποσότητα καθόλου αμελητέα.

*Μειονεκτήματα:* Οι επιστήμονες εκφράζουν τις ανησυχίες τους, υποστηρίζοντας ότι η γνώση σχετικά με το περιβάλλον των ωκεανών σε μεγάλα βάθη είναι ελλιπής. Για το λόγο αυτό θα ήταν επικίνδυνο να πραγματοποιούνται τέτοιου είδους πειράματα. Θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εκτενής έρευνα σχετικά με τις αλυσιδωτές αντιδράσεις που θα μπορούσαν να προκληθούν στα υπόλοιπα τμήματα του ωκεανού και στη θαλάσσια ζωή. Τα βαθιά ωκεάνια ρεύματα μεταφέρουν το πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά νερό προς το βορρά, σε περιοχές όπου τα ψάρια εξαρτώνται από την ύπαρξη, και πιθανότατα από την αναλογία, των διάφορων συστατικών. Ο Coale επισημαίνει: 'Η «γονιμοποίηση» του

Νότιου Ωκεανού με στόχο τη «φροντίδα» της ατμόσφαιρας, θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα τη νέκρωση των ωκεανών'.

#### 4. Μετατροπή του CO<sub>2</sub> σε στερεά μορφή

*Εφαρμοσιμότητα: 7*

*Κόστος: :\$\$*

*Επικινδυνότητα: 3*

Το Grand Canyon αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες αποβάθρες CO<sub>2</sub> στη γη. Πολλά εκατομμύρια χρόνια πριν, η περιοχή καλυπτόταν από θαλασσινό νερό. Το νερό αυτό ήταν πλούσιο σε CO<sub>2</sub>, το οποίο αντιδρούσε σε πολύ αργούς ρυθμούς με άλλα χημικά στοιχεία δημιουργώντας ασβεστολιθικά πετρώματα, πρόκειται για τις ζώνες ροζ χρώματος που διακρίνονται σήμερα στα τείχη του φαραγγιού.

Η φυσική διαδικασία μετατροπής του CO<sub>2</sub> σε πέτρα είναι εξαιρετικά αργή, όμως οι επιστήμονες μελετούν τρόπους για την επιτάχυνσή της. Μια πρόταση είναι η χρήση ολιβίνη ή σερπεντίνη, που είναι δύο ευρέως διαθέσιμα και φτηνά ορυκτά, ως πρώτη ύλη (feedstock) για την επιτάχυνση της χημικής αντίδρασης μετατροπής του CO<sub>2</sub> σε ανθρακικό μαγνήσιο, μιας ένωσης παρόμοιας με τον ασβεστόλιθο. Η αντίδραση αυτή ονομάζεται ορυκτή ενανθράκωση (mineral carbonation) και για την έναρξή της το CO<sub>2</sub> θα πρέπει να είναι συμπιεσμένο, θερμασμένο και αναμειγμένο με κάποιον καταλύτη, όπως το διανθρακικό νάτριο (baking soda).

*Πλεονεκτήματα:* Η ορυκτή ενανθράκωση είναι απλώς η επιταχυμένη έκδοση μιας φυσικής διαδικασίας. Τα ασβεστολιθικά στρώματα του Grand Canyon έχουν πάχος 150 μέτρων και υπάρχουν εδώ και εκατομμύρια χρόνια χωρίς να προκαλούν κανένα πρόβλημα.

*Μειονεκτήματα:* Μια διαδικασία μετατροπής εκατομμυρίων τόνων CO<sub>2</sub> σε στερεά μορφή, θα απαιτούσε τεράστιες ποσότητες από ολιβίνη ή σερπεντίνη. Σε γενικές γραμμές το κόστος θα ήταν τεράστιο. Επίσης, η πρώτη ύλη και το CO<sub>2</sub> πρέπει να θερμαίνονται σε ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες, γεγονός που απαιτεί μεγάλη δαπάνη ενέργειας.

## 5. Ενίσχυση των νεφών για την ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας

*Εφαρμοσιμότητα: 6*

*Κόστος: :\$\$*

*Επικινδυνότητα: 7*

Όλες οι προηγούμενες προτάσεις αφορούσαν στην «παγίδευση» του CO<sub>2</sub>. Αντίθετα, η πρόταση αυτή, επικεντρώνεται στη μετρίαση της θέρμανσης του πλανήτη μέσω της ανάκλασης μέρους της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.

Καθημερινά, τα θαλάσσια νέφη stratocumulus, σκεπάζουν το 1/3 περίπου των ωκεανών του πλανήτη, κυρίως στα τροπικά γεωγραφικά πλάτη. Τα νέφη αυτά σχηματίζονται καθώς οι υδρατμοί προσκολλώνται σε μόρια σκόνης ή άλλων σωματιδίων, σχηματίζοντας έτσι νεφοσταγόνες. Η σπορά των νεφών με μικροσκοπικά μερίδια αλατιού θα ενίσχυε το σχηματισμό των νεφοσταγόνων, αυξάνοντας έτσι την ανακλαστικότητα των νεφών. Σύμφωνα με τον John Latham, η ενίσχυση της ανακλαστικότητας των νεφών αυτών κατά 3%, θα μπορούσε να «χαλιναγωγήσει» την παγκόσμια θέρμανση.

Ένα μέσο για την επίτευξη του στόχου αυτού είναι η χρήση ταχύπλων, μη επανδρωμένων, βαρκών που θα διασχίζουν τους ωκεανούς στα τροπικά γεωγραφικά πλάτη και με τις προπέλες τους θα ενισχύουν την εξάτμιση του θαλασσινού νερού, εμπλουτίζοντας έτσι τον αέρα με μερίδια αλατιού. Ακόμη δεν είναι γνωστό το πόσες τέτοιες βάρκες θα ήταν απαραίτητες για την επίτευξη του στόχου, σύμφωνα με τον Salter πιθανώς απαιτείται ένας αριθμός μεταξύ 5.000 και 30.000.

*Χρονοδιάγραμμα:* Η ιδέα αυτή πρωτοπαρουσιάστηκε σε μια εργασία το 1990 από τον Latham. Τότε δεν έγινε αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα, σήμερα όμως επανεξετάζεται.

*Πλεονεκτήματα:* Το θετικό στην πρόταση αυτή είναι ότι μπορεί εύκολα να «ακυρωθεί». Με άλλα λόγια, εάν εφαρμοστεί και υπάρξει κάποια αρνητική συνέπεια, μπορεί να σταματήσει η εφαρμογή της και τότε όλες οι συνέπειες θα έχουν απαλειφθεί μέσα σε λίγες μέρες.

*Μειονεκτήματα:* Μια αρνητική συνέπεια που θα μπορούσε να προκύψει είναι το ότι λόγω της αύξησης των μικρών νεφοσταγόνων στα θαλάσσια αυτά νέφη, είναι πιθανό να μειωθεί η ικανότητα δημιουργίας βροχής από αυτά. Αυτό δεν είναι επιθυμητό, ειδικά σε περιοχές με μικρά ποσά βροχόπτωσης.

## 6. Εκτροπή της ηλιακής ακτινοβολίας με κάτοπτρα.

*Εφαρμοσιμότητα: 1*

*Κόστος: :\$\$\$\$*

*Επικινδυνότητα: 5*

Μια από τις πιο φιλόδοξες προτάσεις είναι αυτή της τοποθέτησης ενός τεράστιου διαστημικού κατόπτρου ανάμεσα στη γη και τον ήλιο με στόχο την εκτροπή της ηλιακής ακτινοβολίας. Το κάτοπτρο αυτό δε θα παρεμποδίζει τη μετάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας, απλά θα τη «φιλτράρει» ούτως ώστε ένα μέρος της εισερχόμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας να μη φτάνει στην επιφάνεια της γης.

*Χρονοδιάγραμμα:* Ο φυσικός Lowell Wood, που μελετά την ιδέα αυτή για περισσότερο από μία δεκαετία, επισημαίνει ότι η λύση αυτή θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως «λύση ανάγκης» σε περίπτωση που όλες οι υπόλοιπες αποτύχουν.

*Πλεονεκτήματα:* Από τη στιγμή που θα τοποθετηθεί ένα τέτοιο κάτοπτρο δε θα κοστίζει πλέον τίποτα για να λειτουργήσει. Από τη γη θα φαίνεται σαν ένα μικροσκοπικό μελανό σημείο στον ήλιο. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, η φωτοσύνθεση των φυτών δε θα επηρεαστεί από την ελάχιστη αυτή μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας.

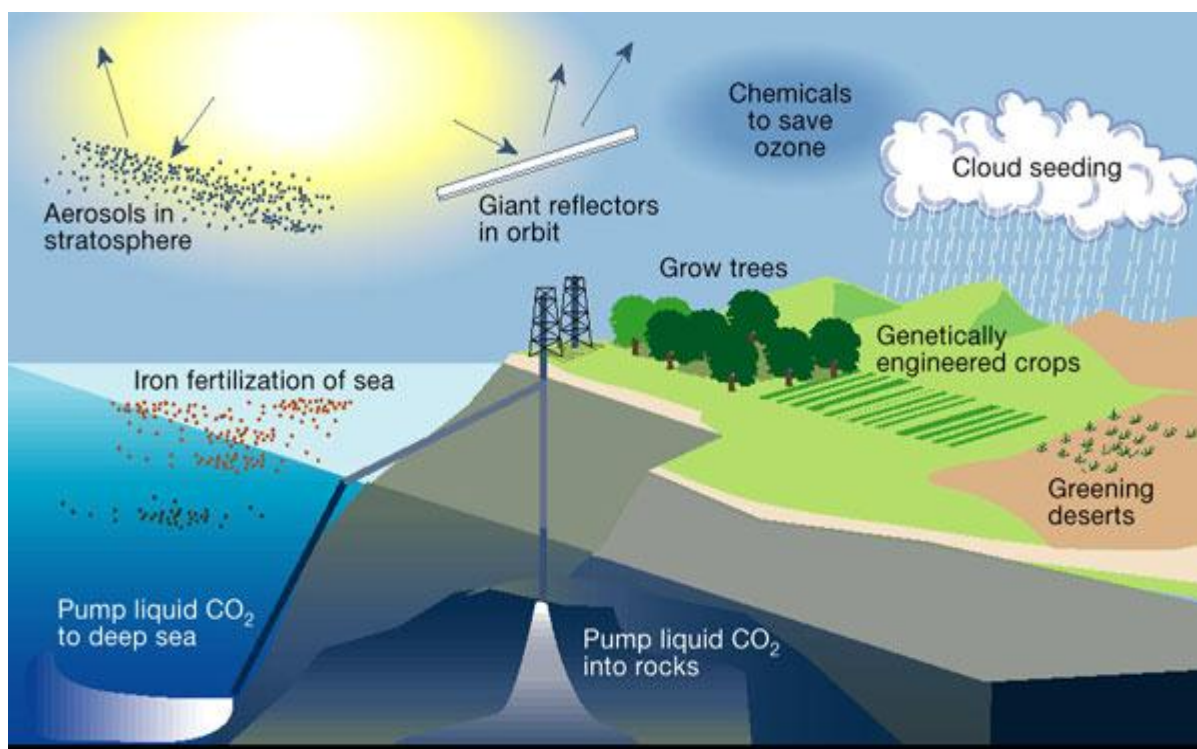
*Μειονεκτήματα:* Ο Wood έχει υπολογίσει ότι για την εκτροπή του 1% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, ποσοστό που είναι αρκετό για τη σταθεροποίηση του παγκόσμιου κλίματος, απαιτείται ένα κάτοπτρο που θα καλύπτει μια επιφάνεια της τάξεως του 1,5 εκατομμυρίου τετραγωνικών χιλιομέτρων (ή 600.000 τετραγωνικών μιλίων), ή περισσότερα μικρά κάτοπτρα που θα καλύπτουν την ίδια επιφάνεια. Το να τεθεί, λοιπόν, σε τροχιά ένα τόσο μεγάλο αντικείμενο είναι ιδιαίτερα δύσκολο, για να μην αναφερθεί το τεράστιο κόστος.

## 4. Γεωμηχανική και IPCC<sup>2</sup>

Το IPCC, ως η κατ' εξοχήν αρμόδια επιστημονική κοινότητα σε θέματα που σχετίζονται με τις Κλιματικές Αλλαγές, δε θα μπορούσε να παραβλέψει τις «προτάσεις» της γεωμηχανικής.

---

<sup>2</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change.



**Σχήμα 1.** Σχηματική παρουσίαση των εναλλακτικών προτάσεων της γεωμηχανικής.  
(πηγή: <http://www.ipcc.ch>)

Η έννοια της γεωμηχανικής, αν και ξεκίνησε από την ιδέα της αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> σε υπόγειες αποβάθρες, σήμερα περιλαμβάνει και πρακτικές όπως η «διαχείριση της βιόσφαιρας». Επίσης, περιλαμβάνει την πιθανότητα της διαχείρισης του ενεργειακού ισοζυγίου του πλανήτη. Η αύξηση της ανακλαστικότητας του πλανήτη, για παράδειγμα, ανήκει σε αυτήν την κατηγορία. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί, εκτός από τους καθρέφτες που αναφέρθηκαν παραπάνω, και με άλλους τρόπους, όπως είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών αιωρημάτων, αλλά και η χρήση ανακλαστικών μπαλονιών (reflective balloons). Τα μπαλόνια αυτά θα είναι φτιαγμένα από άργιλο και θα περιέχουν υδρογόνο, ενώ θα αφήνονται στη στρατόσφαιρα, όπου θα αιωρούνται και θα ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία.

Η πιο γνωστή πρόταση γεωμηχανικής υπήρξε εκείνη που διατύπωσε το 1997 ο Edward Teller, με τίτλο «Η Παγκόσμια Υπερθέρμανση και η Εποχή των Παγετώνων: Η Προοπτική Επιρροής της Πλανητικής Αλλαγής με Βάση τη Φυσική», η οποία στη συνέχεια δημοσιεύθηκε σε πιο εκλαϊκευμένη μορφή ως «Ο Πλανήτης χρειάζεται Ηλιακή Ασπίδα» στο Wall Street Journal. Ο Teller πρότεινε μεγάλης κλίμακας τοποθέτηση

αντανεκλαστικών σωματιδίων στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, κάτι που, όπως ισχυρίστηκε, θα ήταν εφικτό με κόστος μικρότερο του ενός δισεκατομμυρίου δολαρίων το χρόνο, δηλαδή ανάμεσα σε 0,1 και 1% του ποσού, που σύμφωνα με την εκτίμησή του, θα χρειαζόταν για να μειωθεί η χρήση των ορυκτών καυσίμων στις ΗΠΑ στα επίπεδα του 1990, όπως ζητούσε η Συνθήκη του Κιότο.

Μία, όμως, από τις εναλλακτικές προτάσεις της γεωμηχανικής, έχει μελετηθεί εις βάθος από τους επιστήμονες του IPCC και όπως φαίνεται υποστηρίζεται από αυτούς. Πρόκειται για την υπόγεια αποθήκευση του CO<sub>2</sub>. Η αποθήκευση του CO<sub>2</sub>, συνίσταται στην παγίδευση του CO<sub>2</sub> που προέρχεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί στην καύση βιομάζας, αλλά και σε διάφορες βιομηχανικές διαδικασίες, όπως είναι η παραγωγή υδρογόνου, αμμωνίας, σιδήρου, ατσαλιού και τσιμέντου. Η παγίδευση του CO<sub>2</sub> περιλαμβάνει και τη διαδικασία διαχωρισμού του από άλλα αέρια. Στη συνέχεια το CO<sub>2</sub> θα πρέπει να μεταφερθεί στο αποθηκευτικό μέσο, όπου θα πρέπει να μπορεί να αποθηκευτεί για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα. Για να έχει ουσιαστικό αποτέλεσμα η επιχείρηση αυτή, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σε μεγάλη κλίμακα.

Οι πιθανές τεχνικές αποθήκευσης CO<sub>2</sub> είναι:

- *γεωλογική αποθήκευση* (σχήμα 2) σε ορυχεία πετρελαίου ή φυσικού αερίου, σε λιθανθρακοφόρα κοιτάσματα που δεν έχουν υποστεί εξόρυξη και σε υπόγειες αλατούχες πηγές (deep saline formations),
- *αποθήκευση σε ωκεανούς*, είτε με άμεση εισαγωγή, είτε σε βαθιά στρώματα στον πυθμένα (σχήμα 3), και
- *βιομηχανική σταθεροποίηση* του CO<sub>2</sub> σε ανόργανα ανθρακικά άλατα.

Σύμφωνα, λοιπόν, με το IPCC, η αποθήκευση του CO<sub>2</sub> αποτελεί μια εφικτή πρόταση για τη μείωση των συγκεντρώσεων του στην ατμόσφαιρα. Μετά από εκτενείς μελέτες τα συμπεράσματα από τις τεχνικές αναφορές του IPCC μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Η γεωλογική αποθήκευση, αξιολογήθηκε ως ικανή να «παγιδεύσει» εκπομπές CO<sub>2</sub> 100 ετών, δηλαδή 2000 γιγατόνους CO<sub>2</sub>.



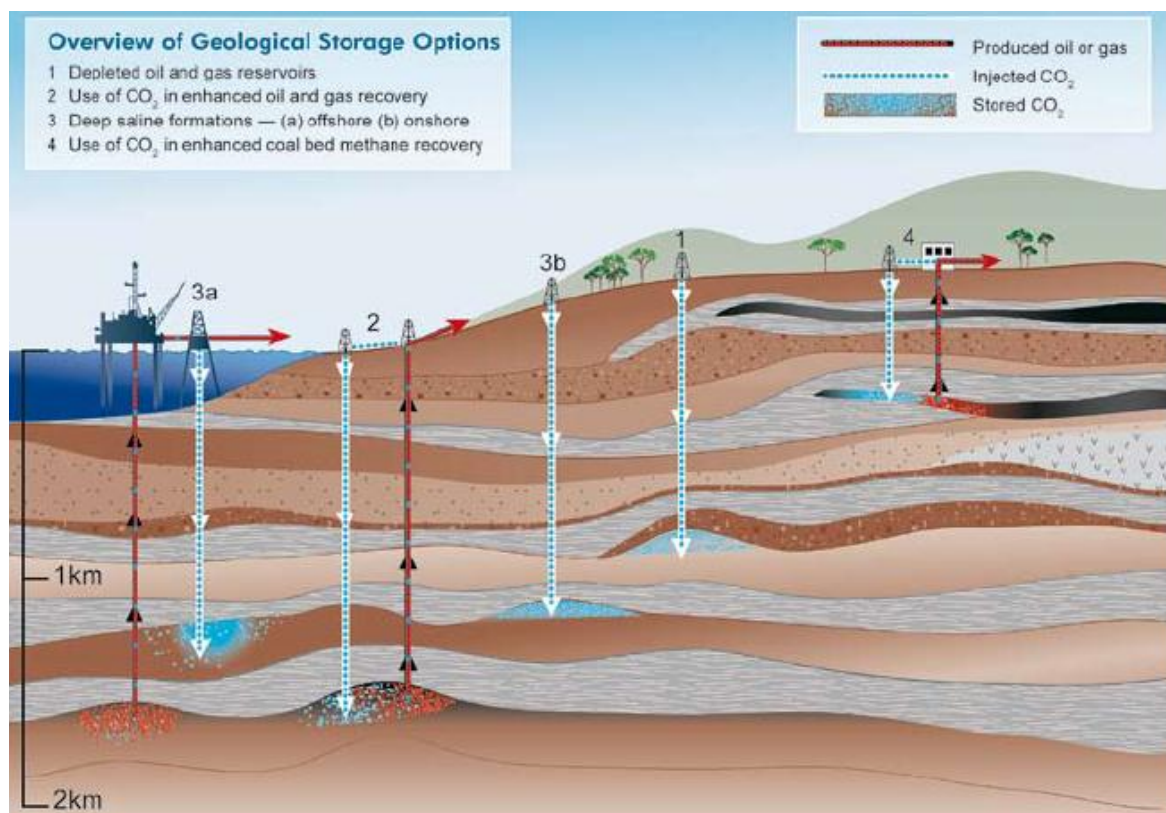
- Η δυνητικότητα αποθήκευσης σε ορυχεία πετρελαίου και φυσικού αερίου, καθώς και σε υπόγειες αλατούχες πηγές είναι πολύ μεγάλη, ενώ σε λιθανθρακοφόρα κοιτάσματα μικρότερη.
- Η τεχνολογία για την εισαγωγή και αποθήκευση του CO<sub>2</sub> στα παραπάνω αποθηκευτικά μέσα είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη και διαθέσιμη.
- Οι μέθοδοι για την αξιολόγηση μιας τέτοιας καταβόθρας είναι, επίσης ανεπτυγμένες και θα αναπτυχθούν περαιτέρω.
- Η παρακολούθηση της υπόγειας κίνησης του CO<sub>2</sub> ήδη διεξάγεται αποτελεσματικά σε διάφορες περιοχές.
- Εν συγκρίσει με άλλες προτάσεις της γεωμηχανικής η γεωλογική αποθήκευση του CO<sub>2</sub> είναι απλή, ασφαλής και με μικρή επικινδυνότητα.
- Το CO<sub>2</sub> μπορεί να αποθηκευτεί για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Τα πρώτα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν (όπως στο Weyburn του Καναδά και στο Sleipnerin στη Βόρεια Θάλασσα) ήταν επιτυχημένα και δεν υπήρξε κάποιο πρόβλημα ασφάλειας, όπως η διαρροή του CO<sub>2</sub>.
- Οι πιθανοί κίνδυνοι είναι γνωστοί και μπορούν να αποφευχθούν, ή τουλάχιστον να ελαχιστοποιηθούν, μέσω μιας επιχείρησης που θα είναι σωστά σχεδιασμένη, χωροθετημένη και υπό συνεχή παρακολούθηση.
- Η πιθανότητα διαρροής είναι της τάξης του 1% για μια περίοδο 1000 ετών.
- Το κόστος της αποθήκευσης σε ορυχεία πετρελαίου, φυσικού αερίου και σε υπόγειες αλατούχες πηγές είναι πολύ μικρό.
- Η περαιτέρω έρευνα και μελέτη των τεχνικών θα βελτιώσει την τεχνολογία αυτή και θα μειώσει τις πιθανότητες λαθών.
- Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι δεν υπάρχουν ανυπέρβλητα εμπόδια όσον αφορά στην εφαρμογή της γεωλογικής αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> ως τακτική απέναντι στη θέρμανση του πλανήτη.

Έτσι, οι στόχοι που θέτονται για τη δεκαετία 2005- 2015 είναι οι εξής:

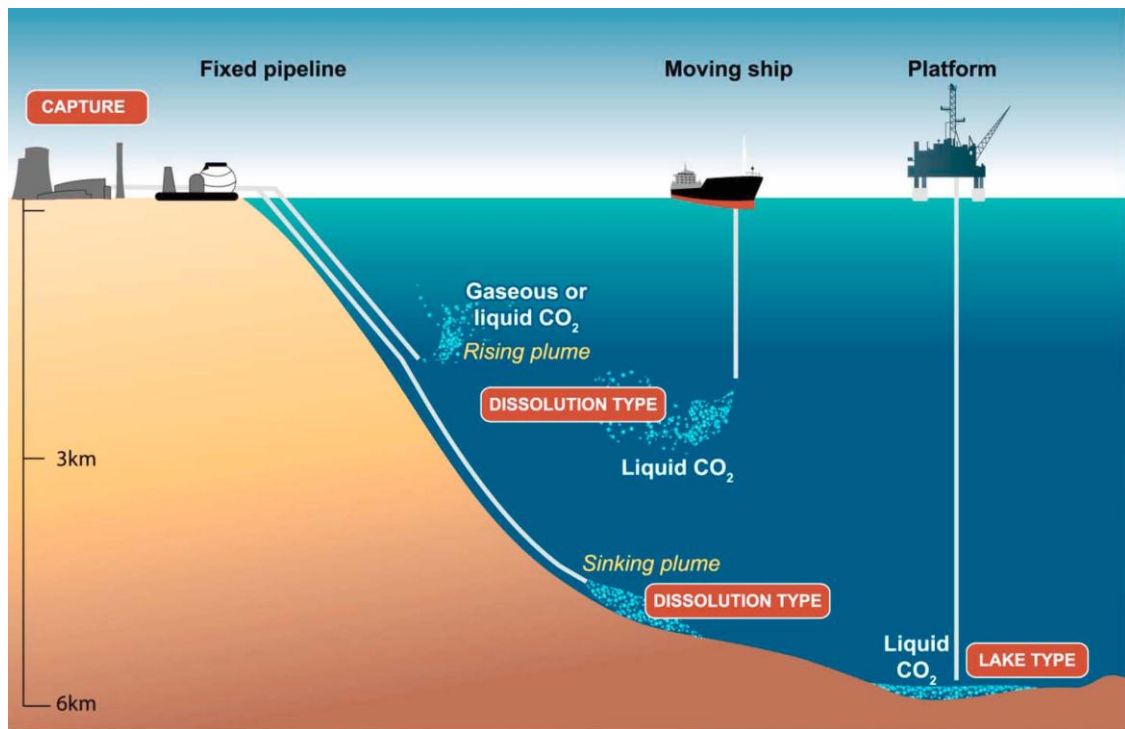
- Η ανάπτυξη εμπορικά και οικονομικά βιώσιμων μηχανημάτων για την παγίδευση και αποθήκευση του CO<sub>2</sub>.
- Διεξαγωγή περισσότερων πειραματικών επιχειρήσεων.

- Πλήρης αξιολόγηση της δυνητικότητας αποθήκευσης των αποβαθρών.
- Αποτελεσματική συμφωνία μεταξύ των διαφόρων κρατών για την εφαρμογή τέτοιων επιχειρήσεων.
- Ενθάρρυνση των εταιριών για την αναδοχή τέτοιων έργων μέσω επιχορηγήσεων/επιδότησεων.

Τέλος, όπως επισημαίνει το IPCC, η μείωση των συγκεντρώσεων του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, μπορεί να επιτευχθεί και μέσω της ενδυνάμωσης των φυσικών, βιολογικών καταβολών. Τυπικά παραδείγματα τέτοιων καταβολών είναι τα δάση και το έδαφος. Η ενίσχυση αυτών των καταβολών, μέσω γεωργικών και δασικών πρακτικών θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά την ικανότητα αποθήκευσής τους. Μια τέτοια επιχείρηση, όμως, δυσχεραίνεται λόγω των διαφόρων χρήσεων γης, αλλά και άλλων κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραγόντων.



**Σχήμα 2.** Πιθανές τεχνικές γεωλογικής αποθήκευσης του CO<sub>2</sub>. (Πηγή: <http://www.ipcc.ch>)



**Σχήμα 3.** Αποθήκευση CO<sub>2</sub> σε ωκεανούς. (Πηγή: [www.crl.co.nz/events/Petercook.asp](http://www.crl.co.nz/events/Petercook.asp))

## 5. Κριτική απέναντι στη Γεωμηχανική

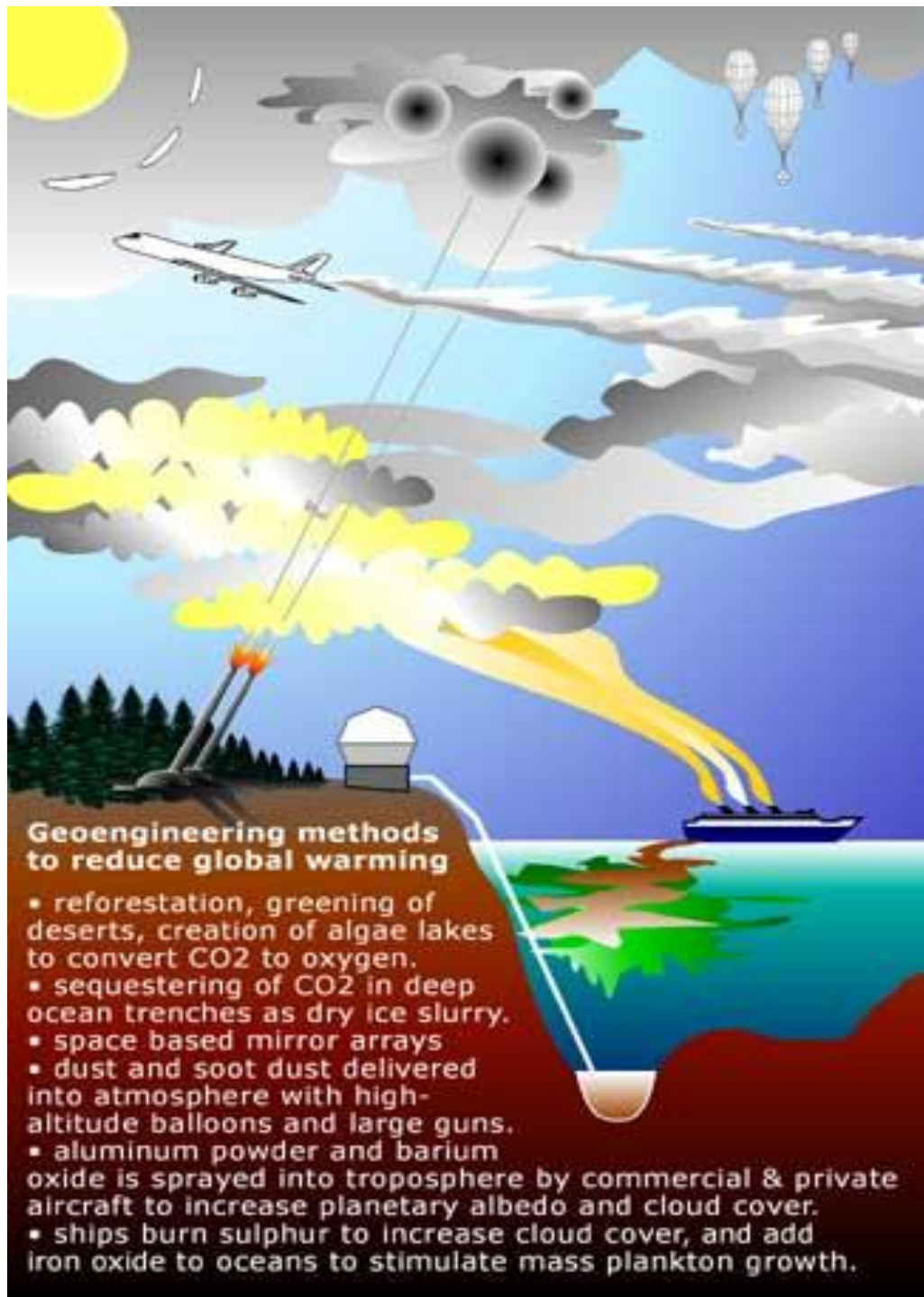
Μία από τις αγαπημένες θέσεις της γεωμηχανικής είναι ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη αποτελεί πρόβλημα τεχνικής και όχι ηθικής φύσης, κι έτσι δεν θα πρέπει να αφηθεί στις οικολογικές, μη κυβερνητικές οργανώσεις αντι-αναπτυξιακού προσανατολισμού. Οι οικολογικές οργανώσεις υποτίθεται ότι έχουν την ευθύνη για την απόφαση του Κιότο, δηλαδή της επιβολής μείωσης στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου στην επόμενη δεκαετία, μία απόφαση απαράδεκτη από οικονομική άποψη, σύμφωνα με τους 'γεωμηχανικούς', αφού θα κόστιζε περίπου 250 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως, χωρίς να ληφθούν υπόψη οι απώλειες σε προϊόντα και υπηρεσίες που η παραγωγή τους θα τερματιζόταν ή θα ανατρεπόταν.

Έτσι η πρόταση της γεωμηχανικής, δηλαδή η συνειδητή αλλοίωση της χημείας και των συνθηκών της ατμόσφαιρας, διατυπώθηκε ως εναλλακτική λύση στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και οξειδίου του αζώτου.

Η γεωμηχανική συμπεριλαμβάνει θαλάσσιες και επίγειες συνιστώσες. Ορισμένα από τα μέτρα που προτείνει, δε δείχνουν να έχουν τίποτα το μεμπτό, αντιθέτως μοιάζουν ωφέλιμα, όπως για παράδειγμα η φύτευση δένδρων σε μεγάλη κλίμακα. Άλλα, όπως το σχέδιο που αφορά στη «γονιμοποίηση» των ωκεανών μέσω της ρίψης σιδήρου για την ανάπτυξη του πλαγκτού που απορροφά το CO<sub>2</sub>, μπορούν να δημιουργήσουν μεγάλα προβλήματα. Άλλα, πάλι, όπως η πρόταση της «ηλιακής ασπίδας», που βασίζεται στη διασπορά εκατομμυρίων τόνων μεταλλικών σωματιδίων στην ατμόσφαιρα με σκοπό την ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας πίσω στο διάστημα, έχουν προκαλέσει πολλές αντιδράσεις. Δεν είναι λίγοι αυτοί που υποστηρίζουν ότι η κυβέρνηση των ΗΠΑ έχει προβεί στην εφαρμογή αυτού του μέτρου. Υπάρχει ένα πλήθος αναφορών από αυτόπτες μάρτυρες σε όλο τον κόσμο, που πιστοποιεί ότι, παρά την επίσημη διάψευση, αυτό το μέτρο δεν αποτελεί μόνο πρόταση αλλά ήδη εφαρμόζεται.

Οι πολέμιοι των εναλλακτικών προτάσεων της γεωμηχανικής υποστηρίζουν πως αυτές περιθάλπτουν τα επιφανειακά συμπτώματα και όχι τις πραγματικές αιτίες. Δε ρίχνουν «με ένα σμπάρο δύο τρυγόνια» όπως θα έκανε ένα αξιοπρεπές πρόγραμμα καταπολέμησης της αποψίλωσης των δασών ή μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Επίσης, αμφισβητούν την οικονομική βιωσιμότητα των προτάσεων αυτών και επισημαίνουν ότι υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα όσον αφορά στο αν τα σχέδια αυτά θα λειτουργήσουν έτσι όπως είναι αναμενόμενο. Η αλλοίωση φυσικών διαδικασιών θα μπορούσε να έχει τρομακτικές συνέπειες, τις οποίες ούτε που μπορούμε να φανταστούμε.

Τέλος, αυτό που προτείνουν διάφορες περιβαλλοντικές οργανώσεις είναι ότι εφόσον μια σημαντική μερίδα της επιστημονικής κοινότητας (για παράδειγμα το IPCC) έχει πειστεί για την αναγκαιότητα λήψης ανάλογων μέτρων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, τότε τα μέτρα αυτά θα πρέπει να κοινοποιηθούν και φυσικά να νομιμοποιηθούν. Μόνο έτσι, υποστηρίζουν, γίνεται δυνατή η διάκριση ανάμεσα στο μη στρατιωτικό έλεγχο του κλίματος και στις πρακτικές της χρήσης του κλίματος ως όπλο.



**Σχήμα 4.** Μέθοδοι γεωμηχανικής.  
(Πηγή: [http://www.lightwatcher.com/chemtrails/smoking\\_gun.html](http://www.lightwatcher.com/chemtrails/smoking_gun.html))

Ηλεκτρονικές πηγές:

- <http://www.ipcc.ch>
- [www.greenpeace.gr](http://www.greenpeace.gr)
- [www.attac-hellas.org/seminars/geoengineering/programme.htm](http://www.attac-hellas.org/seminars/geoengineering/programme.htm)
- <http://www.reason.com/news/show/30433.html>
- [http://www.lightwatcher.com/chemtrails/smoking\\_gun.html](http://www.lightwatcher.com/chemtrails/smoking_gun.html)
- [www.crl.co.nz/events/Petercook.asp](http://www.crl.co.nz/events/Petercook.asp)