

Γεωμηχανική/ Geo-Engineering

Όλο και περισσότερες επιστημονικές μελέτες έρχονται να επιβεβαιώσουν, ότι η οφειλόμενη στις ανθρώπινες δραστηριότητες μεταβολή του κλίματος της Γης έχει ήδη ξεκινήσει και δεν φαίνεται να είναι αναστρέψιμη. Η κατάσταση ανησυχεί τους ειδικούς και ακόμη και η μικρή μερίδα των επιστημόνων, που προτιμούν να ερμηνεύουν την κλιματική μεταβολή ως ένα περιοδικό φυσιολογικό φαινόμενο, φαίνεται πλέον να συμφωνεί ότι πρέπει να ληφθούν μέτρα για την αντιμετώπισή της.

Τι είναι η γεωμηχανική;

Μέσα σε αυτό το κλίμα, ακόμη και ιδέες οι οποίες ως τώρα εθεωρούντο «γραφικές» ή «επικίνδυνες» (όπως η σκίαση του πλανήτη με κάτοπτρα στο Διάστημα ή ο βομβαρδισμός της ατμόσφαιρας με σωματίδια τα οποία θα αντανακλούν το φως του ηλίου) έχουν αρχίσει να εξετάζονται υπό νέο πρίσμα. Οι περισσότερες από αυτές υπάγονται σ' έναν τομέα ο οποίος τα τελευταία χρόνια έχει γίνει γνωστός ως «γεωμηχανική» (geo-engineering). Αποτελούν μεγάλης κλίμακας τεχνικές παρεμβάσεις οι οποίες έχουν ως στόχο να επιτρέψουν τον τεχνητό έλεγχο της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Ως τώρα αντιμετωπίζονταν με μεγάλη καχυποψία, όχι μόνο γιατί κάποιες από αυτές αγγίζουν τα όρια ταινιών επιστημονικής φαντασίας, αλλά και επειδή (το κυριότερο) κανείς δεν είναι σε θέση να σταθμίσει τους κινδύνους τους. Η γεωμηχανική (geo-engineering) παρεμβαίνει συνολικά στον πλανήτη και τέτοιου είδους παρεμβάσεις δεν μπορεί να είναι χωρίς συνέπειες και μάλιστα επώδυνες, επισημαίνουν οι περισσότεροι ειδικοί. Επίσης προσάπτουν στη «νέα επιστήμη» ότι προσπαθεί απλώς να καλύψει τεχνητά το πρόβλημα απαλείφοντας το σύμπτωμα, αλλά δεν θεραπεύει την αιτία. Ένα άλλο, όχι επιστημονικό αλλά ουσιαστικό επιχείρημα εναντίον της, το οποίο προτείνεται από όλους σχεδόν τους κλιματολόγους, είναι αυτό του «ψυχολογικού» παράγοντα: από τη στιγμή που θα έχουμε μια έστω και τεχνητή λύση, επισημαίνουν, οι περισσότεροι άνθρωποι θα θεωρήσουν ότι δεν χρειάζεται να λαμβάνονται μέτρα καταπολέμησης του φαινομένου του θερμοκηπίου και της ρύπανσης του περιβάλλοντος και οι ήδη πενιχρές προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση θα ατονήσουν.

Παρ' όλα αυτά, υπό το βάρος των τελευταίων εξελίξεων, οι αντιρρήσεις φαίνεται να κάμπτονται και η τάση των «πραγματιστών απαισιόδοξων» οι οποίοι υποστηρίζουν ότι πρέπει να εξετάσουμε και τις γεωμηχανικές λύσεις

ώστε να είμαστε προετοιμασμένοι να αντιμετωπίσουμε μια ενδεχόμενη καταστροφή, φαίνεται να κερδίζει έδαφος.

Επισημαίνουμε ότι η γεωμηχανική (geo-engineering) βρίσκεται ακόμη στα πρώτα της βήματα και ότι, αν θέλουμε να την εξετάσουμε ως λύση, θα πρέπει να φροντίσουμε τη διευθέτηση πολλών ζητημάτων προτού προχωρήσουμε στην υλοποίηση κάποιας από τις προτάσεις της. Οι προτάσεις αυτές μπορούν να χωριστούν κατ' αρχήν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

(1) αυτές που επιχειρούν να ελέγξουν τη θερμοκρασία της Γης μειώνοντας την ηλιακή ακτινοβολία

(2) αυτές που στρέφονται προς τον καθαρισμό του διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα.

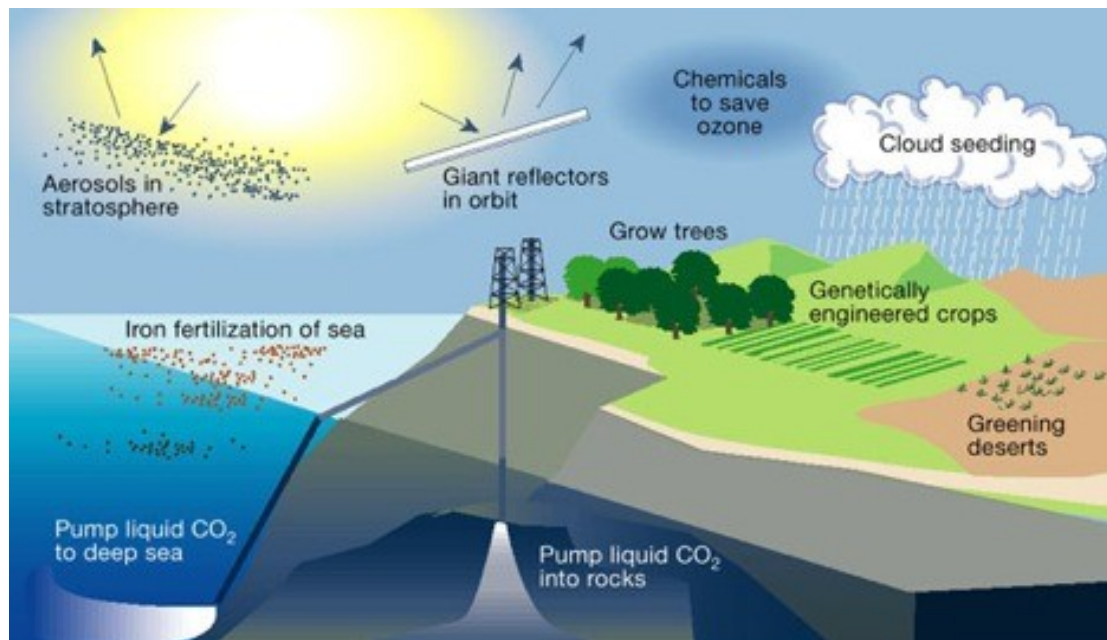
Η πρώτη κατηγορία (η οποία είναι και η πιο πλούσια σε ιδέες) μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις επί μέρους «στρατηγικές». Η πρώτη και πιο εντυπωσιακή, αλλά λιγότερο πρακτική, συνίσταται στην προσπάθεια σκίασης του πλανήτη με τη βοήθεια αντικειμένων τοποθετημένων στο Διάστημα. Η δεύτερη επιχειρεί να μειώσει την ηλιακή ακτινοβολία με σωματίδια στη στρατόσφαιρα και η τρίτη με παρεμβάσεις σε χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας και τα σύννεφα. Η τέταρτη, τέλος, εξετάζει την αύξηση της ανακλαστικότητας του εδάφους προτείνοντας να βάψουμε άσπρες τις στέγες των σπιτιών και τους δρόμους, να βάλουμε λευκά αντικείμενα να επιπλέουν στους ωκεανούς και άλλες ανάλογες πρακτικές.

Καμία από όλες αυτές τις στρατηγικές δεν στρέφεται εναντίον των αιτίων, δηλαδή της ρύπανσης και του φαινομένου του θερμοκηπίου. Όλες στοχεύουν στο να «ψυχράνουν» με κάποιον τρόπο τον πλανήτη χωρίς να επιδιώκουν να αντιμετωπίσουν τη ρίζα του προβλήματος, τους παράγοντες, δηλαδή, που οδηγούν στην υπερθέρμανση.

Προς το παρόν καμία χώρα δεν χρηματοδοτεί έρευνες στον τομέα της γεωμηχανικής, οι περισσότερες έρευνες προέρχονται από μεμονωμένους ερευνητές οι οποίοι ασχολούνται μ' αυτές με δική τους πρωτοβουλία. Κανείς δεν μπορεί να αποκλείσει ωστόσο ότι στο μέλλον κάποιες κυβερνήσεις δεν θα εξετάσουν σοβαρά τέτοιου είδους σχέδια. Ήδη το αμερικανικό υπουργείο Ενέργειας φέρεται να έχει δείξει ενδιαφέρον για την πρόταση εισαγωγής σωματιδίων θείου στη στρατόσφαιρα - μία από τις πλέον οικονομικές και ίσως η μοναδική εύκολα υλοποιήσιμη από όσες

έχουν παρουσιαστεί ως τώρα. Τα ζητήματα που τίθενται είναι πολλά: από ηθικά και δεοντολογικά, όπως το αν έχουμε το δικαίωμα να προκαλούμε τόσο σημαντικές μεταβολές στον πλανήτη και το ποιός αποφασίζει τελικά για την υλοποίηση ενός τέτοιου σχεδίου, ως το ποιός θα ελέγχει τα συστήματα αυτά σε περίπτωση που τεθούν σε εφαρμογή.

Αυτή τη στιγμή πάντως είναι γεγονός ότι διεθνές νομικό πλαίσιο το οποίο να ρυθμίζει τις προσπάθειες άσκησης επιρροής στο κλίμα δεν υφίσταται, οπότε κάθε κράτος (ή ακόμη και κάποιος ιδιώτης) μπορεί θεωρητικά να πράξει κατά το δοκούν. Αυτός είναι ίσως και ο μεγαλύτερος κίνδυνος (και οι ειδικοί δεν παύουν να το επαναλαμβάνουν): κανείς δεν είναι ακόμη σε θέση να γνωρίζει τι συνέπειες μπορεί να έχουν τόσο δραστικές και μεγάλης κλίμακας παρεμβάσεις στην ισορροπία της Γης.



Εικόνα 1: Σχηματική παράσταση ορισμένων παρεμβάσεων στο κλίμα
(πηγή: www.zengardner.com)

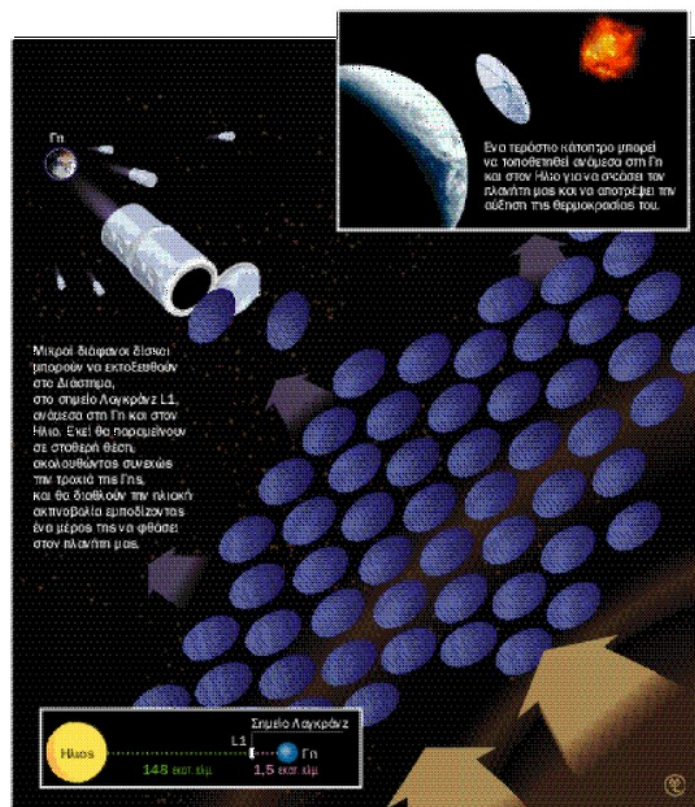
Παρεμβάσεις στο κλίμα

α. Γιγαντιαίες «ομπρέλες» για το ηλιακό φως

Η ιδέα του ελέγχου της θερμοκρασίας της Γης με την προστασία της από την ηλιακή ακτινοβολία προτάθηκε για πρώτη φορά από τον πατέρα της βόμβας υδρογόνου Εντουαρντ Τέλερ, ο οποίος σκέφτηκε να διασκορπίσει στην ατμόσφαιρα μικροσκοπικά θραύσματα από μέταλλο που θα

αντανακλούσαν συγκεκριμένα μήκη κύματος του ηλιακού φωτός. Η πρώτη αυτή πρόταση (εξαιρετικά δύσκολη στην εφαρμογή της και υπέρογκα δαπανηρή) αντιμετωπίστηκε τουλάχιστον με καχυποψία, ο Τέλερ όμως επανήλθε αργότερα μαζί με τον Λόουελ Γουντ, συνεργάτη του στο Εθνικό Εργαστήριο της Καλιφόρνιας.

Βελτιώνοντας την προηγούμενη ιδέα του, υποστήριξαν ότι η σκίαση του πλανήτη θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη βοήθεια ενός εκατομμυρίου σφαιριδίων από αλουμίνιο γεμισμένων με υδρογόνο, τα οποία θα μπορούσαν να κατασκευαστούν και να αποσταλούν στη στρατόσφαιρα με ένα λογικό συνολικό κόστος (1 δισ. δολάρια). Σε μια πρώτη εξέταση με προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή η πρότασή τους έδειξε ότι είναι σε θέση να διατηρήσει τη θερμοκρασία της Γης σταθερή ακόμη και με διπλάσιο διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, χωρίς ιδιαίτερα επικίνδυνες επιπτώσεις για το κλίμα, τουλάχιστον σε πρώτη φάση. Οι ερευνητές που διεξήγαγαν τη σχετική έρευνα τόνισαν ωστόσο ότι τα μοντέλα που διαθέτει αυτή τη στιγμή η επιστήμη δεν είναι σε θέση να εξετάσουν με αξιοπιστία εγχειρήματα ανάλογου μεγέθους και πολυπλοκότητας.



Εικόνα 2: Γιγαντιαίες «ομπρέλες» για το ηλιακό φως (πηγή: www.tovima.gr)

Ο Λόουελ Γουντ έχει καταθέσει μία ακόμη εκδοχή: την τοποθέτηση ανάμεσα στη Γη και στον Ήλιο ενός γιγαντιαίου κατόπτρου, σαν δίχτυ από αλουμίνιο, έκτασης εκατοντάδων χιλιάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων και βάρους 3.000 τόνων, το οποίο θα εκτρέπει την ηλιακή ακτινοβολία αποτρέποντας την αύξηση της θερμοκρασίας της Γης ακόμη και σε περίπτωση διπλασιασμού του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Μια τέτοια κατασκευή απαιτεί, όπως τόνισαν δηκτικά ορισμένοι, ένα εργοστάσιο στη Σελήνη, ενώ το κόστος της ανέρχεται σε εκατοντάδες δισεκατομμύρια δολάρια. Ο αμερικανός φυσικός θεωρεί ότι η λύση του είναι ιδιαίτερα ασφαλής και χωρίς συνέπειες για το κλίμα και το περιβάλλον του πλανήτη, τονίζει όμως ότι θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κυριολεκτικά σαν «δίχτυ ασφαλείας» μόνο σε περίπτωση που όλα τα άλλα μέτρα για την αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης «αποτύχουν μέσα στις αμέσως επόμενες δεκαετίες».

Η πρόταση ωστόσο που φαίνεται να προσελκύει αυτή τη στιγμή το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και την υποστήριξη της NASA είναι αυτή του επιφανούς αστρονόμου και ειδικού της Οπτικής Ρότζερ Εϊντζελ. Η ιδέα του καθηγητή του Πανεπιστημίου της Αριζόνας, δεν βασίζεται στην ανάκλαση αλλά στη διάθλαση. Στηρίζεται στην τοποθέτηση τρισεκατομμυρίων διάφανων μικροσκοπικών δίσκων στο σημείο Λαγκράντζ (L1) ανάμεσα στη Γη και στον Ήλιο, σε απόσταση 1,5 εκατ. χλμ. από τον πλανήτη μας.

Σε αυτό το σημείο οι δίσκοι, αν η πορεία τους δεν διαταραχθεί από κάποιον εξωτερικό παράγοντα, θα παραμένουν σταθεροί ακολουθώντας την τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο. Ακριβώς για να αποφευχθούν οι εξωτερικές διαταραχές, όπως η ανάκλαση του ηλιακού φωτός η οποία θα μπορούσε να τους εκτρέψει από την ιδανική τροχιά, οι δίσκοι θα είναι διάφανοι ώστε να διαθλούν τις ακτίνες του Ηλίου αλλάζοντας ελαφρά την πορεία τους και μη επιτρέποντας σε κάποιες από αυτές να φθάσουν ως τη Γη.

Για να είναι αποτελεσματικό (προστατεύοντας τον πλανήτη από την υπερθέρμανση ακόμη και σε περίπτωση διπλασιασμού του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα) το σχέδιο του Ρότζερ Εϊντζελ απαιτεί τη χρήση 20 ηλεκτρομαγνητικών εκτοξευτήρων, οι οποίοι θα εκτοξεύουν 800.000 δίσκους ο καθένας ανά πέντε λεπτά επί δέκα χρόνια. Το κόστος είναι παραπάνω από αστρονομικό: μερικά τρισεκατομμύρια δολάρια για τα επόμενα 25 χρόνια. Όπως επισημαίνουν ωστόσο ορισμένοι, αυτό ωχριά μπροστά στο κόστος από την υπερθέρμανση του πλανήτη, το οποίο η

έκθεση Στερν που παρουσιάστηκε πρόσφατα στη Βρετανία εκτιμά στα 5,55 τρις. ευρώ ή 7 τρις. δολάρια. Ο ειδικός υπογραμμίζει πάντως ότι η πρότασή του πρέπει να εξετάζεται ως έσχατη - και όχι ως εύκολη - λύση.

β. Θείο στη στρατόσφαιρα

Η έκθεση του Πολ Κρούτσεν, ερευνητή του Ινστιτούτου Μαξ Πλανκ και βραβευμένου με το Νομπέλ Χημείας για τις μελέτες του σχετικά με τη μείωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα, δημοσιεύθηκε στην επιθεώρηση «Climate Change» και θεωρείται σταθμός για τη γεωμηχανική επειδή έδωσε νέο βάρος στην καινούργια αυτή «επιστήμη». Ο Κρούτσεν προτείνει την «ψύχρανση» του πλανήτη με τη βοήθεια σωματιδίων θείου τα οποία θα εισαχθούν στη στρατόσφαιρα για να διώξουν το ηλιακό φως. Η πρότασή του είναι η πλέον αποτελεσματική, η πιο εύκολα υλοποιήσιμη και η πιο οικονομική από όσες έχουν παρουσιαστεί ως τώρα.

Η ιδέα της εισαγωγής θείου στην ατμόσφαιρα ως μέσου ελέγχου της θερμοκρασίας του πλανήτη δεν είναι καινούργια. Προτάθηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1970 από τον ρώσο επιστήμονα Μιχαήλ Μπουντίκο και επανήλθε στο προσκήνιο μετά τις μεγάλες εκρήξεις των ηφαιστείων Ελ Τσιτσόν (1982) και Πινατούμπο (1991), οι οποίες είχαν επηρεάσει τη θερμοκρασία της Γης εξαιτίας της εκβολής θείου στην ατμόσφαιρα. Ο καθηγητής Κρούτσεν προτείνει την τεχνητή δημιουργία ενός ανάλογου φαινομένου. Βάσει του σχεδίου του, ένα εκατομμύριο τόνοι θείου ή θειούχου υδρογόνου σε υγρή μορφή μπορεί να αποσταλούν στη στρατόσφαιρα με μετεωρολογικά αερόστατα και να απελευθερωθούν ώστε να αντιδράσουν χημικά με το οξυγόνο δημιουργώντας διοξείδιο του θείου. Αυτό με τη σειρά του θα αντιδράσει με το νερό δημιουργώντας θειούχα σταγονίδια, τα οποία θα ανακλούν ή θα διαθλούν το ηλιακό φως μειώνοντας την ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στο έδαφος.

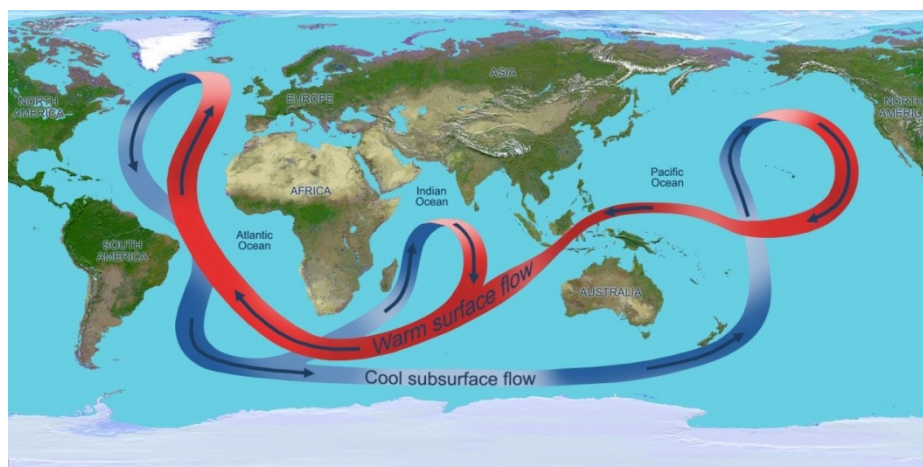
Όπως και οι άλλες μέθοδοι, η τεχνική αυτή δεν μειώνει την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα στους ωκεανούς και στο περιβάλλον αλλά, όπως έχει αποδειχθεί με πειράματα, στη σωστή ποσότητα είναι σε θέση να διατηρήσει σταθερή τη θερμοκρασία της Γης ακόμη και σε περίπτωση διπλασιασμού του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Ο Τομ Γουίγκλεϊ του Αμερικανικού Εθνικού Κέντρου Ατμοσφαιρικών Ερευνών έδειξε μάλιστα ότι, αν συνδυαστεί με μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του

θερμοκηπίου, μπορεί να αποδώσει τα καλύτερα αποτελέσματα από κάθε άλλη μέθοδο που έχει προταθεί ως τώρα. Το κόστος της είναι λογικό (25 δισ. δολάρια) και οι τεχνικές δυσκολίες της κρίνονται αντιμετωπίσιμες. Ερευνητές ωστόσο επισημαίνουν ότι ακόμη δεν υπάρχει τρόπος να ελέγξουμε τις ευρύτερες επιπτώσεις που θα μπορούσε να έχει στο περιβάλλον και στο κλίμα του πλανήτη - και κυρίως στο όζον, ενώ ο ίδιος ο καθηγητής Κρούτσεν αρνείται προς το παρόν την υλοποίησή της έστω και σε δοκιμαστικό στάδιο, θεωρώντας ότι θα πρέπει να εξεταστεί μόνο σε περίπτωση πραγματικής και έκτακτης ανάγκης.

γ. Τεχνητοί πάγοι για να σωθεί το Ρεύμα του Κόλπου

Ένας από τους μεγάλους φόβους των επιστημόνων είναι ότι η κλιματική μεταβολή μπορεί να εξασθενήσει το Ρεύμα του Κόλπου, έναν από τους σημαντικούς ρυθμιστές του κλίματος του πλανήτη, βυθίζοντας την Ευρώπη σε πολικό ψύχος. Πολλοί μάλιστα από όσους έχουν εκπονήσει σχέδια γεωμηχανικής αναφέρουν ως μία από τις περιπτώσεις ανάγκης εφαρμογής τους το ενδεχόμενο της ξαφνικής διακοπής της κυκλοφορίας των ρευμάτων των ωκεανών.

Για την αντιμετώπιση μιας τέτοιας εφιαλτικής προοπτικής ο Πίτερ Φλιν, χημικός μηχανικός στο Πανεπιστήμιο της Αλμπέρτα του Καναδά, και ο συνεργάτης του Σονγκτζιάν Ζου προτείνουν την ενίσχυση των πάγων της Αρκτικής στα ανοιχτά της Γροιλανδίας και της Ισλανδίας, εκεί από όπου ξεκινά ένα ψυχρό υπόγειο ρεύμα το οποίο κατεβαίνει από τον Ατλαντικό Ωκεανό προς τα νότια για να ενισχύσει τον σχηματισμό του θερμού ρεύματος στον Κόλπο του Μεξικού.



Εικόνα 3: Το ρεύμα του Κόλπου (πηγή: www.nasa.gov/)

Οι δύο ερευνητές μελέτησαν διάφορες μεθόδους για να επιτύχουν κάτι τέτοιο και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η καλύτερη είναι η εξής: 8.000 μαούνες θα διαπλέουν το φθινόπωρο τον Βόρειο Παγωμένο Ωκεανό και θα επιταχύνουν τον σχηματισμό πάγου αντλώντας νερό από τον ωκεανό και ψεκάζοντάς το στον αέρα. Μόλις σχηματιστεί ένα πρώτο λεπτό στρώμα πάγου θα συνεχίζουν τον ψεκάσμό επάνω σε αυτό, παγιδεύοντας αλάτι στο εσωτερικό του και κάνοντάς το να αποκτήσει πάχος επτά μέτρων. Την άνοιξη τα σκάφη θα εξακολουθούν να ρίχνουν νερό επάνω στις τεχνητές νησίδες πάγου ώστε να τις κάνουν να λιώνουν και να απελευθερώνουν ψυχρό νερό το οποίο θα ενισχύει το υπόγειο ρεύμα.

Το κόστος της μεθόδου αυτής υπολογίζεται στα 50 εκατ. δολάρια, τα αποτελέσματά της είναι ωστόσο ακόμη αβέβαια. Κατ' αρχήν, όπως τονίζουν οι ίδιοι οι ερευνητές, πρέπει να εξασφαλιστεί ότι το αλάτι θα παγιδεύεται στο εσωτερικό του πάγου κατά τον σχηματισμό του, διαφορετικά το λιώσιμο των τεχνητών παγονησίδων θα προκαλεί αραίωση στο νερό του ωκεανού. Επίσης, όπως και με τα περισσότερα σχέδια της γεωμηχανικής, δεν μπορεί να προσδιοριστεί ακόμη ποιές θα είναι οι πλήρεις, μακροπρόθεσμες και βραχυπρόθεσμες, συνέπειες μιας τόσο μεγάλης κλίμακας ενέργειας όχι μόνο στον σύνθετο σχηματισμό των ωκεάνιων ρευμάτων, αλλά και στο περιβάλλον και στο κλίμα του πλανήτη.

δ. Λευκότερα σύννεφα

Η πρόταση του Τζον Λέιθαμ, φυσικού του Αμερικανικού Εθνικού Κέντρου Ερευνών είναι από τις πλέον «συμπαθείς» στους κλιματολόγους διότι, τουλάχιστον σε πρώτη φάση, φαίνεται να είναι από αυτές που ενέχουν τους λιγότερους κινδύνους. Ο αμερικανός ερευνητής υποστηρίζει ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να αντιμετωπιστεί σε σημαντικό βαθμό αν αυξήσουμε την ανακλαστικότητα της Γης, κάνοντας τα σύννεφα πιο λευκά ώστε να αντανακλούν μεγαλύτερο μέρος του ηλιακού φωτός.

Η ιδέα του Τζον Λέιθαμ είναι μια παραλλαγή της σποράς των νεφών για τον σχηματισμό βροχής. Η βροχή προκαλείται από σταγονίδια νερού τα οποία σχηματίζονται στο εσωτερικό των νεφών από τη συγκέντρωση υδρατμών γύρω από τους λεγόμενους «πυρήνες συμπύκνωσης». Στη σπορά των νεφών για την πρόκληση βροχής πολλαπλασιάζονται οι πυρήνες συμπύκνωσης τόσο ώστε να σχηματιστούν περισσότερα σταγονίδια, τα οποία μόλις φθάσουν σε ένα ικανό μέγεθος πέφτουν στο έδαφος. Αν οι πυρήνες

πολλαπλασιαστούν περισσότερο από όσο είναι απαραίτητο, τότε σχηματίζονται ακόμη περισσότερα σταγονίδια τα οποία όμως δεν μπορούν να αυξηθούν σε μέγεθος τόσο ώστε να πέσουν: το σύννεφο γίνεται πιο πυκνό και πιο λευκό χωρίς να προκαλείται βροχή.

Στόχος του Λείθαμ είναι οι θαλάσσιοι στρωματοσωρείτες, δηλαδή τα χαμηλά υπόλευκα και γκριζα νέφη τα οποία καθημερινά καλύπτουν περίπου το ένα τρίτο των ωκεανών. Αν τα σταγονίδια σε αυτά τα σύννεφα αυξηθούν κατά 10%, η ανακλαστικότητά τους θα ενισχυθεί τόσο ώστε να διατηρήσει τη θερμοκρασία του πλανήτη στα ίδια επίπεδα ακόμη και αν το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα διπλασιαστεί.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί (όπως υποστηρίζει σε συνεργασία με τον Στίβεν Σόλτερ του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου, ο οποίος αναπτύσσει την τεχνική πλευρά της πρότασης) με τη βοήθεια πλοίων εξοπλισμένων με ανεμογεννήτριες που θα ψεκάζουν το θαλασσινό νερό προς τα σύννεφα έτσι ώστε το αλάτι να ενεργεί ως πυρήνας συμπύκνωσης αυξάνοντας τα σταγονίδια στο εσωτερικό τους.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει ακόμη αρκετές τεχνικές δυσκολίες, είναι όμως «ήπια» για το περιβάλλον και έχει χαμηλό κόστος. Το «δυνατό» σημείο της είναι το γεγονός ότι είναι ελέγξιμη.

ε. Φίλτρα για το διοξείδιο του άνθρακα

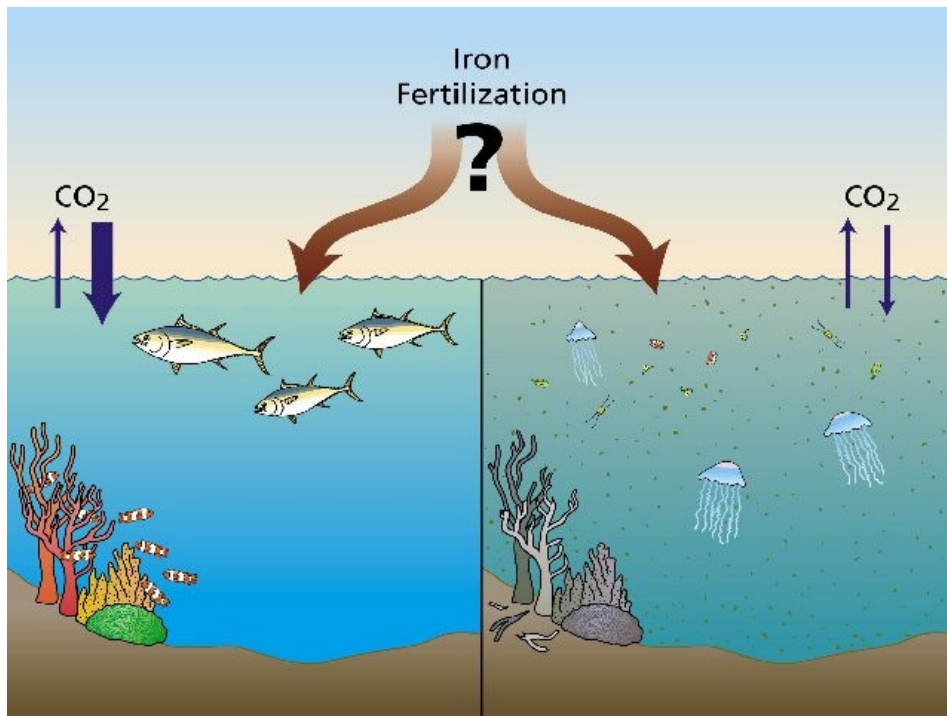
Το σχέδιο του Κλάους Λάκνερ του Πανεπιστημίου Κολούμπια της Νέας Υόρκης θα μπορούσε να χαρακτηριστεί «δονκιχωτικό». Στηρίζεται στην κατασκευή ανεμόμυλων οι οποίοι θα φιλτράρουν τον αέρα αφαιρώντας του το διοξείδιο του άνθρακα. Στην ουσία πρόκειται για μικρές μονάδες καθαρισμού της ατμόσφαιρας οι οποίες θα λειτουργούν ως εξής: ένας έλικας θα διοχετεύει τον αέρα προς το εσωτερικό της μονάδας στέλνοντάς τον να περάσει μέσα από ένα χημικό (υδροξείδιο του ασβεστίου ή υδροξείδιο του νατρίου) το οποίο θα διασπά το διοξείδιο του άνθρακα και στη συνέχεια θα το επαναφέρει στην ατμόσφαιρα. Το αφαιρεθέν διοξείδιο του άνθρακα θα παραμένει στο εσωτερικό της μονάδας και θα απομακρύνεται ως απόβλητο με την κατάλληλη επεξεργασία. Κάθε πόλη ή κάθε γειτονιά θα μπορεί να έχει τον δικό της ανεμόμυλο ώστε να φιλτράρει το διοξείδιο του άνθρακα που παράγει διατηρώντας την τοπική αλλά και τη συνολική ατμόσφαιρα του πλανήτη καθαρή.

Η ιδέα ακούγεται ιδανική, παρουσιάζει όμως σημαντικά προβλήματα. Κατ' αρχήν πολλοί επιστήμονες εκφράζουν αμφιβολίες ως προς το κατά πόσον ο αποχωρισμός του διοξειδίου του άνθρακα από τον αέρα μπορεί να επιτευχθεί χωρίς την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας. Γενικώς το κόστος μιας τέτοιας επιχείρησης θεωρείται υπέρογκο, ενώ για να καταστεί δυνατόν να φιλτραριστούν οι τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες θα χρειαστεί να καλυφθούν με ανεμόμυλους εκτάσεις τουλάχιστον πενταπλάσιες σε μέγεθος από την Ελλάδα.

στ. Σιδηρούχο «λίπασμα» στους ωκεανούς θα παγιδεύει το διοξείδιο του άνθρακα

Είναι η μόνη από τις προτεινόμενες μεθόδους γεωμηχανικής που έχει δοκιμαστεί πειραματικά, συναντά όμως και αυτή ποικίλες αντιρρήσεις. Εδώ και μερικά χρόνια ομάδες ερευνητών από πολλά κράτη έχουν αρχίσει να πραγματοποιούν μελέτες σκορπίζοντας στην επιφάνεια του ωκεανού σίδηρο ο οποίος λειτουργεί σαν «λίπασμα» ενισχύοντας την ανάπτυξη του πλαγκτόν. Οι μελέτες γίνονται στον Νότιο Ωκεανό, ο οποίος λόγω βιοχημικών ιδιαιτεροτήτων παρουσιάζει μεγάλη έλλειψη σιδήρου.

Η ιδέα είχε ξεκινήσει πριν από περισσότερο από μία δεκαετία από τον ωκεανολόγο Τζον Μάρτιν, ο οποίος είχε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι ο Νότιος Ωκεανός δεν διαθέτει πολύ πλαγκτόν - και επομένως δεν χειρίζεται ικανοποιητικά το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρά του - επειδή είναι «αναιμικός». Το πλαγκτόν απορροφά μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα από τον αέρα και οι υποστηρικτές της συγκεκριμένης προσέγγισης πιστεύουν ότι η ενίσχυση της ανάπτυξης του στον Νότιο Ωκεανό θα καθαρίσει σημαντικά την ατμόσφαιρα, καθώς με τον θάνατο των θαλάσσιων μικροοργανισμών το «επικίνδυνο» για τη θερμοκρασία του πλανήτη αέριο θα παρασυρθεί στον βυθό της θάλασσας και θα παγιδευτεί εκεί για εκατοντάδες χρόνια.



Εικόνα 4: Σιδηρούχο «λίπασμα» στους ωκεανούς (πηγή: www.sciencedaily.com)

Η μέθοδος έχει χαμηλό κόστος και είναι εύκολη στην εφαρμογή της. Ωστόσο οι επιστήμονες δεν γνωρίζουν ακόμη με βεβαιότητα αν λειτουργεί ακριβώς όπως προβλέπουν τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις. Κατ' αρχάς δεν είναι βέβαιο ότι όλο το διοξείδιο του άνθρακα θα οδηγηθεί στον βυθό. Αυτό συμβαίνει όταν καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς που ζουν σε μεγαλύτερο βάθος, το πλαγκτόν όμως της επιφανείας αποθηκεύει το διοξείδιο του άνθρακα τον χειμώνα αλλά το απελευθερώνει ξανά την άνοιξη επιστρέφοντάς το στον αέρα. Ερευνητές οι οποίοι έχουν ασχοληθεί με τη μελέτη της συγκεκριμένης πρότασης, υπογραμμίζουν ότι για τον λόγο αυτόν δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε πόσο ακριβώς διοξείδιο του άνθρακα θα απορροφηθεί.

Επίσης κανένας δεν μπορεί να προβλέψει (ούτε οι ίδιοι οι υπέρμαχοι της πρότασης) αν αυτή η παρέμβαση θα έχει ευρύτερες συνέπειες στη διατροφική αλυσίδα και στην ισορροπία των άλλων ωκεανών με ανυπολόγιστες συνέπειες για το οικοσύστημα. Αν, για παράδειγμα, τα θαλάσσια ρεύματα παρασύρουν πλούσια σε θρεπτικά συστατικά νερά προς τα βόρεια, σε περιοχές όπου ζουν ψάρια και άλλοι οργανισμοί που τρέφονται με αυτά, οι ωκεανοί αντί για πλουσιότεροι μπορεί να γίνουν άγονοι.

Βιβλιογραφία

nasa. (n.d.). Ανάκτηση 11 5, 2012, από www.nasa.gov:

<http://www.nasa.gov/topics/earth/features/atlantic20100325.html>

sciencedaily. (n.d.). Ανάκτηση 11 5, 2012, από <http://www.sciencedaily.com>:

<http://www.sciencedaily.com/releases/2009/01/090128183744.htm>

tovima. (n.d.). Ανάκτηση 11 5, 2012, από www.tovima.gr:

<http://www.tovima.gr/science/article/?aid=178723>

zengardner. (n.d.). Ανάκτηση 11 4, 2012, από www.zengardner.com:

<http://www.zengardner.com/retired-usda-biologist-on-chemtrails-and-geoengineering/>