

**ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ- ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ**

**ΔΑΒΙΩΤΗ Κ. ΔΗΜΗΤΡΑ**

**A.M. M/N5062**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΠΜΣ 10/10/2005**

## **Abstract**

Sir Nicholas Stern, who was once the Chief Economist and Senior Vice-President of the World Bank (2000 to 2003) has released a report, that UK Prime Minister Tony Blair has called the most important he has ever received . The Stern Report itself says that climate change “is the greatest and widest-ranging market failure ever seen.” It suggests that inaction on climate change will result in a depressed economy worse the Great Depression of the 1930s. And that the financial cost will be higher than the Depression combined with the two world wars. And in human terms the resulting drought and flooding will displace 200 million people from their homes creating the largest human migration in history - all of them refugees. With up to 40% of world’s known species set for extinction. To avert this tragedy the report says we need to spend 1 per cent of global GDP, roughly what is spent worldwide on advertising, and half what the World Bank estimates would be the cost of a full-blown flu pandemic.

## **Περίληψη**

Ο Sir Nicholas Stern, ο οποίος διετέλεσε στέλεχος της Παγκόσμιας Τράπεζας από το 2000 ως το 2003 δημοσίευσε μία έκθεση που ο Πρωθυπουργός του Ηνωμένου Βασιλείου Tony Blair απεκάλεσε την πιο σημαντική που έχει ποτέ λάβει. Η Έκθεση Stern αναφέρει ότι η κλιματική αλλαγή είναι η μεγαλύτερη αποτυχία της αγοράς που υπάρχει. Υποδηλώνει ότι η αδράνεια απέναντι στην κλιματική αλλαγή θα έχει ως αποτέλεσμα ύφεση της οικονομίας χειρότερη και από αυτή που υπήρχε κατά τη μεγάλη οικονομική ύφεση της δεκαετίας του 1930. Υπολογίζει ότι το οικονομικό κόστος θα είναι μεγαλύτερο από αυτό της ύφεσης του '30 και των δύο Παγκοσμίων Πολέμων μαζί. Όσον

αφορά τον ανθρώπινο παράγοντα η ξηρασία και οι πλημμύρες που θα ακολουθήσουν θα επιφέρουν τη μετακίνηση από τις εστίες τους 200 εκατομμύρια ανθρώπους δημιουργώντας το μεγαλύτερο μεταναστευτικό κύμα στην ιστορία. Το 40% των ειδών παγκοσμίως θα εξαφανιστεί. Η Έκθεση αναφέρει αυτή η τραγωδία μπορεί να αποτραπεί και γι αυτό χρειάζεται το 1% του παγκόσμιου ΑΕΠ, σχεδόν ότι ξοδεύεται σε όλον τον κόσμο για διαφημιστικούς λόγους και το μισό από αυτό που η Παγκόσμια Τράπεζα υπολογίζει ότι θα χρειαστεί για να αντιμετωπιστεί η εξάπλωση μίας πανδημίας γρίπης.

**Key words** : Έκθεση Stern, Stern Report, Stern Review.

## 1. Εισαγωγή

Ατμοσφαιρική ρύπανση καλείται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια, που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της δομής, της σύστασης και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι:

- Το Διοξείδιο του Θείου ( $\text{SO}_2$ )
- Το Μονοξείδιο του Άνθρακα ( $\text{CO}$ )
- Το Διοξείδιο του Αζώτου ( $\text{NO}_2$ )
- Το Όζον ( $\text{O}_3$ )
- Τα Αιωρούμενα Σωματίδια ( $\text{PM}_{10}$ )
- Το Βενζόλιο ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )
- Ο Μόλυβδος ( $\text{Pb}$ ) (<sup>1</sup>)

Στην οικονομική επιστήμη το περιβάλλον θεωρείται ως ένα σύνθετο περιουσιακό στοιχείο που προσφέρει διάφορες υπηρεσίες. Αν και πρόκειται για ένα πολύ ειδικό περιουσιακό στοιχείο, αφού μας παρέχει τα συστήματα επιβίωσης που εξασφαλίζουν την ίδια μας την ύπαρξη, δεν παύει ωστόσο να αποτελεί ένα περιουσιακό στοιχείο, όπως και με άλλα περιουσιακά στοιχεία, επιθυμούμε να εμποδίσουμε μια αδικαιολόγητη απαξίωση του, έτσι ώστε να συνεχίζει να ικανοποιεί τόσο τις αισθητικές μας ανάγκες όσο και εκείνες της ίδιας μας της επιβίωσης (22).

Στις 19 Ιουλίου του 2005 ο Chancellor του Ηνωμένου Βασιλείου Gordon Brown ανέθεσε στον Sir Nicholas Stern την εκπόνηση μιας εκτενούς μελέτης για την οικονομική πλευρά των κλιματικών μεταβολών. Σκοπός της έκθεσης είναι η κατανόηση της φύσης αυτών των αλλαγών και του τρόπου αντιμετώπισης τους από το Ηνωμένο Βασίλειο και τον υπόλοιπο κόσμο (23). Συγκεκριμένα ζητήθηκε η εξέταση των εξής δεδομένων:

- Οι επιπτώσεις της ζήτησης ενέργειας και των εξελικτικών τάσεων των εκπομπών στην οικονομική ανάπτυξη των επερχόμενων δεκαετιών, συμπεριλαμβανομένης της σύνθεσης και της ενεργειακής έντασης της ανάπτυξης τις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες.

- Οι οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες των κλιματικών μεταβολών τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες, λαμβάνοντας υπόψη τους κινδύνους της αυξανόμενης αστάθειας του περιβάλλοντος και των κύριων μη αναστρέψιμων επιπτώσεων, όπως και τις κλιματικές αλληλεπιδράσεις με άλλους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Επίσης, οι πιθανές δράσεις που πρέπει να αναπτυχθούν σύμφωνα προς τις κλιματικές αλλαγές και το κόστος που συνεπάγεται από αυτές .
- Τα κόστη και τα πλεονεκτήματα των δράσεων για τη μείωση του παγκόσμιου φαινομένου του θερμοκηπίου από την χρήση ενέργειας και από άλλες πηγές. Συμπεριλαμβάνεται ο ρόλος των μεταβολών της χρήσης γης και των δασών, λαμβάνοντας υπόψη τις δυνητικές επιπτώσεις της τεχνολογικής προόδου στα μελλοντικά κόστη.
- Οι επιπτώσεις και η αποτελεσματικότητα των Εθνικών και των Διεθνών πολιτικών και διευθετήσεων στη μείωση των εκπομπών με τρόπο οικονομικά αποτελεσματικό (cost-effective way) αλλά και στην προαγωγή μίας δυναμικής, δίκαιης και βιώσιμης παγκόσμιας οικονομίας, συμπεριλαμβανομένων και των επιδράσεων και των επιπτώσεων κατανομής στις πρωτοβουλίες για επενδύσεις καθαρότερης τεχνολογίας.

Εκτός από τα προαναφερθέντα ζητήθηκαν με βάση τα δεδομένα που θα προκύψουν και τα εξής :

- υπολογισμός των οικονομικών που θα επιφέρει η μετακίνηση παγκοσμίως σε μία οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη προοπτική αλλά και την ιχνογράφιση των επιπτώσεων των χρονοδιαγραμμάτων των δράσεων και των επιλογών των πολιτικών και των ινστιτούτων.
- υπολογισμός των δυναμικών των διαφορετικών προσαρμοστικών προσεγγίσεων στις κλιματικές αλλαγές (24).

Η έκθεση αποτελείται από 700 σελίδες και παραδόθηκε στην Κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου στις 30 Οκτωβρίου του 2006.

## Περιεχόμενα

Abstract.....	ii
Περίληψη.....	ii
1. Εισαγωγή.....	iv
Περιεχόμενα.....	vi
Κατάλογος φωτογραφιών και πινάκων.....	vii
2. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ και ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ	
2.1 Τύποι Ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	1
2.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	6
2.3 Τα αέρια του θερμοκηπίου.....	13
2.4 Επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου.....	25
3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ του ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	
3.1.Εισαγωγή.....	26
3.2.Βασικοί ορισμοί.....	27
3.3. Άμεσες Τεχνικές Οικονομικής Αποτίμησης .....	30
3.4 Έμμεσες Τεχνικές Οικονομικής Αποτίμησης .....	32
3.5.Το περιβάλλον ως περιουσιακό στοιχείο.....	33
4. ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ του Sir NICHOLAS STERN.....	37
5. Η ΕΚΘΕΣΗ STERN	
5.1.Εισαγωγή.....	38
5.2 Επιμέρους σημεία της Έκθεσης.....	40
5.3. Οι αντιδράσεις του Διεθνούς τύπου.....	43
5.4 Οι αρνητικές αντιδράσεις της επιστημονικής κοινότητας.....	50
5.5 Οι θετικές αντιδράσεις της επιστημονικής κοινότητας.....	58
6. Συμπεράσματα.....	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62

## Κατάλογος φωτογραφιών και πινάκων

Εικόνα 2-1 : Το μεγαλύτερο μέρος της επιγραφής αυτής της ταφόπετρας, σκαλισμένης στα 1817 έχει διαβρωθεί από όξινα αποθέματα.....	4
Εικόνα 2-2 : Διέλευση ηλιακής ακτινοβολίας.....	7
Εικόνα 2-3: Στρατόσφαιρα.....	10
Πίνακας 2-1: Αέρια του φαινομένου του Θερμοκηπίου.....	13
Εικόνα 2-4 : Διάγραμμα απεικόνισης της συμμετοχής των ρύπων με ανθρωπογενή προέλευση στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου.....	15
Εικόνα 2.-5: Το όζον στην ατμόσφαιρα της Γης.....	17
Σχήμα 3.1. Βασικές σχέσεις οικονομίας και περιβάλλοντος.....	28
Εικόνα 4-1: Φωτογραφία του Sir NICHOLAS STERN.....	37

## 2. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ και ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

### 2.1 Τύποι Ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ο πρώτος τύπος ατμοσφαιρικής ρύπανσης που εμφανίστηκε είναι αυτός που χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις των χημικών ενώσεων του θείου (κυρίως διοξείδιο του θείου –  $\text{SO}_2$ ) και των σωματιδίων που σχηματίζονται από την καύση καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, όπως το κάρβουνο (*καπνομίχλη του Λονδίνου*). Σε αυτήν την περίπτωση η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελείται κυρίως από διοξείδιο του θείου –  $\text{SO}_2$  και αιωρούμενα σωματίδια που περιέχουν διάφορες θειούχες ενώσεις. Εμφανίζεται σε πόλεις που βρίσκονται σε ψυχρά κλίματα (Λονδίνο, Νέα Υόρκη, Σικάγο) με κυριότερες πηγές την παραγωγή της ηλεκτρικής αλλά και της θερμικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την θέρμανση των κτιρίων (2). Το κλασικό ή συμβατικό νέφος έγινε αντιληπτό στην Αθήνα από μετρήσεις του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών το 1969. Στη φάση εκείνη επικρατέστεροι ρύποι ήταν το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και ο καπνός προερχόμενοι κυρίως από τις κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα. Λόγω της παρόμοιας σύστασης του με το νέφος του Λονδίνου ονομάζεται και «*νέφος αιθαλομίχλης*» ή «*νέφος τύπου Λονδίνου*» (3).

Μετά την ευρεία χρήση της βενζίνης ως καύσιμο υλικό των μηχανών των αυτοκινήτων εμφανίστηκε από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα ένας νέος τύπος ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αν και τα καυσαέρια των αυτοκινήτων χαρακτηρίστηκαν ως πιθανοί ατμοσφαιρικοί ρύποι από το 1915, μόλις το 1945 εμφανίστηκε το πρώτο πρόβλημα ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε αστικές περιοχές του Λος Άντζελες, που οφειλόταν στις εκπομπές των αυτοκινήτων. Έτσι από το 1945 τα προϊόντα του πετρελαίου θεωρήθηκαν υπεύθυνα για ένα νέο τύπο ατμοσφαιρικής ρύπανσης, το *φωτοχημικό νέφος* (2) ή *νέφος τύπου Λος Άντζελες* (3), που εμφανίζεται τη θερινή περίοδο του έτους σε όλες τις μεγαλουπόλεις του κόσμου στις οποίες γίνεται μεγάλη χρήση των αυτοκινήτων. Το φωτοχημικό νέφος διαφέρει από τη μέχρι τότε γνωστή ατμοσφαιρική ρύπανση, που προκαλείται από της χημικές ενώσεις του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια τους χειμερινούς μήνες. Αποτελείται από χημικές ενώσεις που παράγονται από μια σειρά φωτοχημικών αντιδράσεων όταν άπλετο ηλιακό φως, σε συνδυασμό με υψηλές



θερμοκρασίες και χαμηλή υγρασία, ακτινοβολεί μια ατμόσφαιρα που περιέχει πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC<sub>s</sub>) και οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>) (2). Τα οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>) ανήκουν στους πρωτεύοντες (πρωτογενείς) αέριους ρύπους γιατί παράγονται άμεσα. Κύρια πηγή παραγωγής τους είναι τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα (3). Οι πρωτογενείς ρύποι και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC<sub>s</sub>) μετατρέπονται γρήγορα σε δευτερογενείς (δευτερεύοντες) [όζον – O<sub>3</sub>, οργανικές ενώσεις του αζώτου, οξυγονούχους υδρογονάνθρακες, φωτοχημικά αεροζόλ], που προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία ανθρώπων, φυτών και ζώων, ίσως και σοβαρότερες ακόμη από αυτές των πρωτογενών ρύπων (2). Η ονομασία τους δευτερογενείς (δευτερεύοντες) οφείλεται στο ότι είναι προϊόντα της φωτοχημικής αντίδρασης των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) στην ατμόσφαιρα (3).

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρουσιαστεί μια αύξηση του ενδιαφέροντος για τα φαινόμενα μεταφοράς μεγάλης κλίμακας και για τις παγκόσμιες επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Πρώτα στην Βόρεια Ευρώπη και έπειτα στη Νοτιοανατολική Αμερική ανακαλύφθηκε ότι οι μεγάλες εκπομπές των πρωτογενών ρύπων υπόκεινται σε χημικές μεταβολές στην ατμόσφαιρα. Αυτές οι μεταβολές οδηγούν σε αποστάσεις εκατοντάδων ή και χιλιάδων χιλιομέτρων από την πηγή (πάντα προς την κατεύθυνση του ανέμου) στο σχηματισμό χημικών ενώσεων, τους δευτερογενείς ρύπους, που είναι υπεύθυνοι για ορισμένα σοβαρά αποτελέσματα όπως η *όξινη εναπόθεση* ή πιο γνωστή ως *όξινη βροχή* (2). Φαινόμενο που οφείλεται στη ρύπανση της ατμόσφαιρας και κατά το οποίο ποσότητες κυρίως θειικού και νιτρικού οξέος φτάνουν στο έδαφος σε υγρή μορφή, μεταφερόμενες με τη βροχή, το χιόνι, την ομίχλη, το χαλάζι κ.λπ., με καταστρεπτικές επιπτώσεις στη χλωρίδα και την πανίδα, καθώς και σε κτίρια και μνημεία.

Ο όρος '**όξινη βροχή**', χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για να περιγράψει τη ρυπασμένη βροχή στο Μάντσεστερ της Βρετανίας στη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης τον 19ο αιώνα και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται παρά το ότι θεωρείται σωστότερος ο όρος '**όξινη κατακρήμνιση**'. Κύρια αιτία για το σχηματισμό της όξινης βροχής είναι το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), που εκλύεται από βιομηχανίες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, καθώς και τα οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), που περιέχονται κυρίως στα καυσαέρια των αυτοκινήτων. Οι ενώσεις αυτές αντιδρούν με το οξυγόνο και τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας και σχηματίζουν αντίστοιχα θειικό

(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) και νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>), τα οποία στη συνέχεια, διαλυμένα στο νερό της βροχής ή στα σταγονίδια της ομίχλης κ.λπ., προσβάλλουν το έδαφος, το νερό, τα φυτά, τα ζώα και τα κτίσματα. Το SO<sub>2</sub> και τα NO<sub>x</sub> μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις με τη βοήθεια των ανέμων και να δημιουργήσουν όξινη βροχή χιλιόμετρα μακριά από τον τόπο εκπομπής τους. Το νερό της βροχής φυσιολογικά έχει pH 6,5 έως 5,6. Το pH είναι το μέγεθος που δηλώνει αν ένα διάλυμα είναι ουδέτερο (pH=7), όξινο (pH μικρότερο του 7) ή αλκαλικό (pH μεγαλύτερο του 7). Το pH της όξινης βροχής κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 4,6 και 4, ενώ κατά καιρούς μετριούνται και πιο ακραίες τιμές του pH (έως και 2,4). Σύμφωνα με έρευνες των επιστημόνων κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1980, αποδείχτηκε ότι η ομίχλη, λόγω των πολλών μικρών σταγονιδίων από τα οποία αποτελείται, προσφέρει τελικά μεγαλύτερη επιφάνεια προσρόφησης στα SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub> και γι' αυτό περιέχει συνήθως πολλαπλάσιες ποσότητες θεικού και νιτρικού οξέος από ότι άλλες μορφές όξινης κατακρήμνισης.

Το πρόβλημα της όξινης βροχής άρχισε να γίνεται ιδιαίτερα έντονο από τη δεκαετία του 1970 και μετά. Ιδιαίτερα καταστρεπτική έχει θεωρηθεί η επίδρασή της στα φυτά και ειδικότερα στα δέντρα, που λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής τους εκτίθενται μακροχρόνια σε αυτήν. Τα φύλλα ή οι βελόνες των δέντρων κιτρινίζουν και πέφτουν, ο μεταβολισμός τους διαταράσσεται και το ριζικό σύστημα υφίσταται βλάβες, με αποτέλεσμα να προσλαμβάνονται μικρότερες ποσότητες θρεπτικών αλάτων και νερού. Επιπλέον, το ίδιο το έδαφος υποβαθμίζεται, γιατί τα οξέα που φτάνουν σ' αυτό σε μεγάλη ποσότητα καταστρέφουν τους ωφέλιμους μικροοργανισμούς, διαλύουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών αλάτων που κατόπιν απομακρύνονται με το νερό της βροχής και απελευθερώνουν τοξικά για τα φυτά βαρέα μέταλλα (κυρίως ιόντα αργιλίου και μαγγανίου). Ως συνέπεια όλων αυτών είναι, βέβαια, η εξασθένιση των δέντρων, που γίνονται ευάλωτα σε βακτήρια, ασθένειες κ.λπ. και τελικά πεθαίνουν. Σύμφωνα με έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το 1991 το 22% των δασών στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είχε προσβληθεί από την όξινη βροχή, ενώ αν υπολογιστούν και οι ανατολικοευρωπαϊκές χώρες, το ποσοστό αυξάνεται σε 38%. Οι χώρες όπου διαπιστώθηκαν οι σοβαρότερες επιπτώσεις είναι η Βρετανία, η Πολωνία και η Τσεχία. Εξίσου έντονο είναι το πρόβλημα και σε δάση των βορειοανατολικών Η.Π.Α. και του ανατολικού Καναδά.

Καταστρεπτικές είναι οι επιδράσεις της όξινης βροχής και στα επιφανειακά νερά, κυρίως λίμνες και μικρά ποτάμια, καθώς η αυξημένη συγκέντρωση οξέων καταστρέφει το πλαγκτόν, την υδάτινη χλωρίδα και τα αβγά αμφιβίων και ψαριών. Κατά καιρούς η όξινη βροχή έχει θεωρηθεί υπεύθυνη και για μαζικούς θανάτους ψαριών, όπως συνέβη σε σκανδιναβικές λίμνες στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και σε μικρά ποτάμια της Γερμανίας στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Επίσης, ιδιαίτερα αυξημένη ποσότητα όξινης βροχής δέχονται λίμνες και ποταμάκια κατά την άνοιξη με την τήξη των πάγων. Η όξινη βροχή καταστρέφει κτίρια, μνημεία και αγάλματα κατασκευασμένα από ορυκτό υλικό, που είναι συνήθως ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ), όπως ασβεστόλιθος, μάρμαρο κ.λπ. Το θειικό οξύ που περιέχεται στην όξινη βροχή ενώνεται με το ασβέστιο και δίνει γύψο ( $\text{CaSO}_4$ ), σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:

$$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

Έτσι, το ανθρακικό ασβέστιο μετατρέπεται σε γύψο, ο οποίος στη συνέχεια ενώνεται με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας ή το νερό της βροχής, φουσκώνει και σκάει, με τελικό αποτέλεσμα τη διάβρωση ή την αποσάθρωση του υλικού. Το θειικό οξύ επιδρά επίσης και στις εξωτερικές υαλογραφίες των κτιρίων, καθώς αποχρωματίζει και θαμπώνει το γυαλί. Καταστροφές μνημείων εξαιτίας της όξινης βροχής έχουν σημειωθεί σε πάρα πολλές χώρες και σε όλον τον κόσμο. Για την αντιμετώπιση της όξινης βροχής, καθίσταται αναγκαίος ο περιορισμός του διοξειδίου του θείου και των οξειδίων του αζώτου. Τα σημαντικότερα μέτρα προς την κατεύθυνση αυτή περιλαμβάνουν την αποθείωση των καυσαερίων των εργοστασίων και την εφαρμογή καταλύτη καυσαερίων στο αυτοκίνητο (4).



**Εικόνα 2-1** : Το μεγαλύτερο μέρος της επιγραφής αυτής της ταφόπετρας, σκαλισμένης στα 1817 έχει διαβρωθεί από όξινα αποθέματα

(Πηγή: [http://www.tmth.edu.gr/el/kiosks/environment/atmosphere/envi\\_he3.html](http://www.tmth.edu.gr/el/kiosks/environment/atmosphere/envi_he3.html)).

Μετεξέλιξη του «φωτοχημικού νέφους» είναι η τρίτη γενιά του, το «**υδρογονοσωματιδιακό νέφος**» που άρχισε να κάνει έντονη την παρουσία του στα τέλη της δεκαετίας του 1990, αν και μετρήσεις στα μέσα της ίδιας δεκαετίας είχαν διαπιστώσει την ύπαρξή του. Το νέφος αυτό περιέχει κυρίως αεροσωματίδια και διάφορες επικίνδυνες ενώσεις υδρογονανθράκων. Η πηγή προέλευσης των πρώτων είναι οι βιομηχανίες ως επί το πλείστον. Τα αεροσωματίδια παρουσιάζουν μεγάλη γκάμα μεγεθών, αλλά τα πιο επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία είναι εκείνα με διαστάσεις έως 10 μικρόμετρα και συμπεριλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, σκόνη, καπνιά, βαρέα μέταλλα και υδροσταγονίδια. Οι ενώσεις υδρογονανθράκων έλκουν την καταγωγή τους από τα τροχοφόρα (ανεξάρτητα καταλυτικών ή συμβατικών κινητήρων) και τη χημική βιομηχανία. Μεταξύ τους συγκαταλέγονται οι **πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες** (γνωστοί ως ΠΑΥ) και οι **πτητικές οργανικές ενώσεις** (ΠΟΕ), που έχουν πολλακίς ενοχοποιηθεί για καρκινογέννεση (3).

Δύο παγκόσμια φαινόμενα προκαλούν τεράστιο ενδιαφέρον :

1. το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που προκαλεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης, εξαιτίας της συγκέντρωσης διαφόρων θερμοκηπικών αερίων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και
2. η μείωση του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος από ορισμένες χημικές ενώσεις που εκπέμπονται από ανθρώπινες δραστηριότητες.

Άλλα προβλήματα σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση που προέκυψαν πρόσφατα, είναι η ρύπανση των εσωτερικών χώρων (π.χ. γραφεία, κατοικίες), τα πυρηνικά ατυχήματα (ειδικά μετά την καταστροφή στο Τσερνόμπιλ), οι μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες (π.χ. ακτινοβολία γάμα) και οι μελέτες επικινδυνότητας για την πρόληψη τυχαίων εκπομπών τοξικών ρύπων (2).

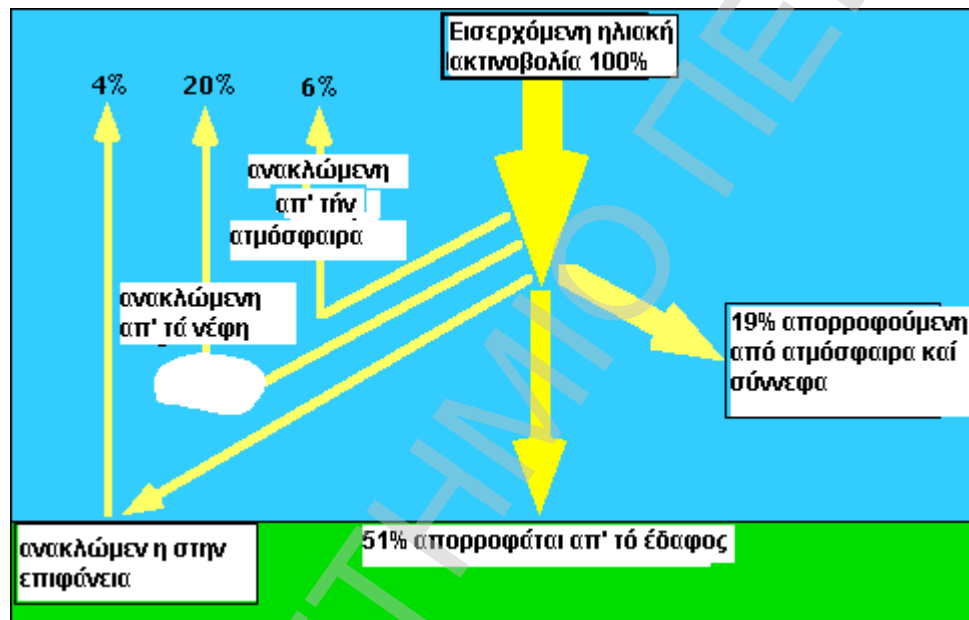
## 2.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Κύρια πηγή της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως είναι αυτονόητο, είναι ο ήλιος. Αυτός είναι ο πλησιέστερος προς τη γη απλανής αστέρας που ανήκει στο νεφέλωμα του γαλαξία μας.

Με τον όρο ηλιακή ακτινοβολία ή ηλιακή ενέργεια αναφερόμαστε στην ακτινοβολία που παίρνει η γη από τον ήλιο . Η ηλιακή ακτινοβολία είναι κατά το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρομαγνητικής φύσης (περίπου 99%) και κατά το υπόλοιπο

σωματιδιακής (κυρίως πρωτόνια και ηλεκτρόνια) που κινούνται με ταχύτητα που κυμαίνεται από 400 – 3000 Km το δευτερόλεπτο. Η ηλιακή ενέργεια είναι αιτία δημιουργίας των ατμοσφαιρικών κινήσεων και των διαφόρων διεργασιών στην ατμόσφαιρα και τα επιφανειακά στρώματα της γης.

Από την ηλιακή ενέργεια που δέχεται η γη, ένα μέρος της ανακλάται πίσω προς το διάστημα από τα σύννεφα και την επιφάνεια της γης, ενώ το υπόλοιπο μέρος απορροφάται από το σύστημα γη – ατμόσφαιρα.



Εικόνα 2-2 : Διέλευση ηλιακής ακτινοβολίας

Πηγή: <http://users.att.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/FainThermoKip.htm>

Το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης απευθείας με τις ηλιακές ακτίνες λέγεται **άμεση ηλιακή ακτινοβολία**. Ταυτόχρονα ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας διαχέεται από την ατμόσφαιρα και φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους ως **διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία** από όλα τα σημεία του ουρανού (5). Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές κατά τις ανέφελες ημέρες του θέρους και τις χαμηλότερες κατά τις συννεφιασμένες ημέρες του χειμώνα. Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι γενικά υψηλότερη κατά τις συννεφιασμένες ημέρες και χαμηλότερη τις ανέφελες. Το άθροισμα της άμεση και της διάχυτης ακτινοβολίας συνιστούν την **ολική ηλιακή ακτινοβολία** (6). Επίσης ένα μέρος από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται από το έδαφος και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα από όπου και

πάλι επιστρέφει στην επιφάνεια του εδάφους κλπ. Η ακτινοβολία αυτή ονομάζεται **ανακλώμενη**. Η επιφάνεια του εδάφους, σαν αποτέλεσμα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτήν, θερμαίνεται και εκπέμπει με τη σειρά της, προς την ατμόσφαιρα ακτινοβολία που ονομάζεται **γήινη ακτινοβολία**.

Τέλος, η ίδια η ατμόσφαιρα, θερμαινόμενη και αυτή, ακτινοβολεί προς όλες τις κατευθύνσεις . Η ακτινοβολία αυτή ονομάζεται **ατμοσφαιρική ακτινοβολία ή ακτινοβολία της ατμόσφαιρας**. Η ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διέλευση της μέσα στην ατμόσφαιρα ‘ εξασθενεί ’ από τη μια μεριά εξαιτίας της ‘ σκέδασης – διάχυσης ’ που οφείλεται στη μεταβολή της διεύθυνσης της ακτινοβολίας και από την άλλη μεριά εξαιτίας της ‘ απορρόφησης ’ που οφείλεται στη μεταβολή της ηλιακής ενέργειας, κυρίως, σε θερμότητα (5).

Αν ονομάσουμε  $\alpha$  τη *λευκάγεια ή ανακλαστική ικανότητα* (albedo), δηλαδή το ποσοστό της ακτινοβολίας που ανακλάται από το σύστημα γη – ατμόσφαιρα πίσω προς το διάστημα, τότε το σύστημα αυτό απορροφά από την ηλιακή ακτινοβολία ποσοστό ίσο με  $1 - \alpha$  .

Όμως η γη αποκόπτει, παρεμβαλλόμενη στην πορεία της ηλιακής ακτινοβολίας, ένα δίσκο εμβαδού  $\pi \cdot R_{\gamma}^2$  ( $R_{\gamma}$  = ακτίνα της γης) και συγχρόνως ακτινοβολεί ως μέλαν σώμα προς το διάστημα από όλην τη σφαιρική επιφάνεια της  $4 \pi \cdot R_{\gamma}^2$  . Με την υπόθεση ότι επικρατούν συνθήκες θερμικής ισορροπίας (δηλαδή σταθερή θερμοκρασία του πλανήτη), η ηλιακή ενέργεια που απορροφά το σύστημα γη – ατμόσφαιρα θα ισούται με την ενέργεια που εκπέμπει μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία, δηλαδή :

$$\pi \cdot R_{\gamma}^2 (1 - \alpha) \cdot I_0 = 4 \pi \cdot R_{\gamma}^2 \cdot \sigma \cdot T_e^4 \quad (\alpha)$$

όπου  $T_e$  είναι η λεγόμενος ενεργή θερμοκρασία της γης και  $\sigma$  είναι η σταθερά των Stefan - Boltzmann (5).

Ένα μέλαν σώμα δεν αντανakλά ακτινοβολία αλλά την απορροφά και την εκπέμπει κατά ένα απόλυτα συγκεκριμένο τρόπο που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του και μόνο (7). Σύμφωνα με το νόμο των Stefan – Boltzmann η ολική ισχύς που εκπέμπεται από την μονάδα επιφανείας μέλανος σώματος είναι ανάλογος της τέταρτης δύναμης της απόλυτης θερμοκρασίας του, δηλαδή :

$$E = \int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda = \sigma T^4 \quad (\beta)$$

με μονάδες της E σε  $W \cdot m^{-2}$ , όταν η T εκφράζεται σε  $^{\circ}K$  (βαθμοί Kelvin) και η σταθερά  $\sigma$  των Stefan – Boltzmann είναι ίση με

$$\sigma = (5.674 \pm 0.004) \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4 . (\gamma)$$

Οπότε από την σχέση (α) παίρνουμε την :

$$T_e = \left[ \frac{1-a}{s} \frac{I_o}{4} \right]^{\frac{1}{4}} (\delta)$$

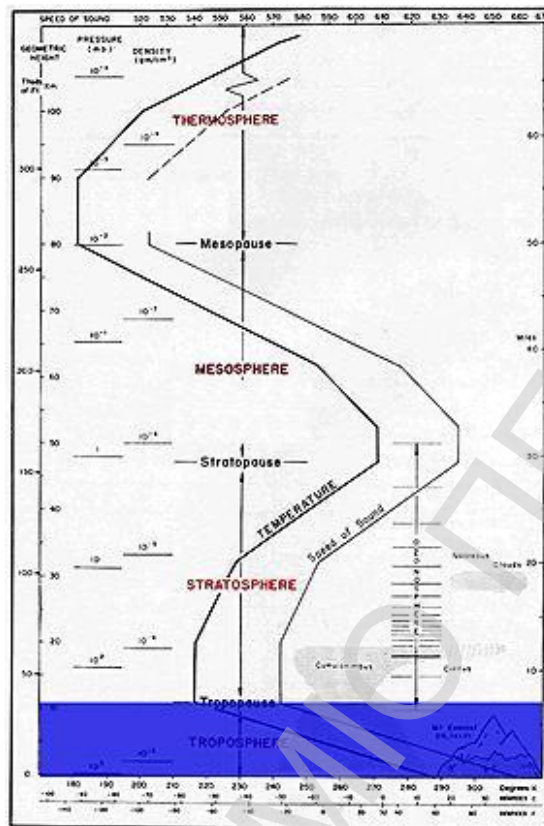
Από την τελευταία εξίσωση (δ) προκύπτει ότι η  $T_e$  εξαρτάται από την απόσταση της γης από τον ήλιο και από τη λευκαύγεια του πλανήτη. Από την σχέση (δ) για :

$$I_0 = 1353 W/m^2 \text{ και } a = 0.33 \text{ (μέση πλανητική τιμή albedo) έχουμε}$$

$$T = 250^{\circ}K .$$

Δηλαδή αν δεν λάβουμε υπόψη το αποτέλεσμα της ατμόσφαιρας, η θερμοκρασία της γης θα είναι περίπου ίση με  $-23^{\circ}C$ . Όμως από τις διάφορες μετρήσεις είναι γνωστό ότι η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της γης είναι περίπου ίση με  $15^{\circ}C$  και της τροπόσφαιρας περίπου ίση με  $-60^{\circ}C$  (5,6).

Η τροπόσφαιρα απλώνεται από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το ύψος των 17 Km περίπου. Αυτό το ύψος διαφέρει ανάλογα με την περιοχή της γης πάνω από την οποία βρίσκεται. Έτσι πάνω από το βόρειο πόλο η τροπόσφαιρα έχει ύψος 8 Km, ενώ πάνω από τον Ισημερινό 12 Km . Το χαρακτηριστικό της είναι ότι όσο ανεβαίνουμε ψηλότερα τόσο πέφτει η θερμοκρασία. Στην τροπόσφαιρα συμβαίνουν όλα τα μετεωρολογικά φαινόμενα (βροχές, άνεμοι, καταιγίδες). Αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα της ατμόσφαιρας: το 75% της συνολικής ατμοσφαιρικής μάζας βρίσκεται στην τροπόσφαιρα (8).



Εικόνα 2-3: Στρατόσφαιρα

Πηγή: [http://www.tmath.edu.gr/el/kiosks/environment/atmosphere/envi\\_hb1.html](http://www.tmath.edu.gr/el/kiosks/environment/atmosphere/envi_hb1.html)

Η διαφορά αυτή που παρατηρείται ανάμεσα στη θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας και της κατώτερης ατμόσφαιρας από την ενεργό θερμοκρασία της γης (- 22) οφείλεται, αφενός, στη μάζα της ατμόσφαιρας και αφετέρου στην ικανότητα των συστατικών της να απορροφούν, κυρίως, στην υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος εκπομπής του πλανήτη.

Πράγματι, οι υδρατμοί και το CO<sub>2</sub> απορροφούν ένα μεγάλο ποσοστό της γήινης ακτινοβολίας που επανεκπέμπεται τόσο προς τα πάνω όσο και προς τα κάτω. Έτσι η ακτινοβολία ‘παγιδεύεται’ στην ατμόσφαιρα και διαμορφώνει με τον τρόπο αυτό θερμοκρασίες υψηλότερες από εκείνες που θα ήταν δυνατό να σημειωθούν, αν δεν υπήρχε η ατμόσφαιρα. Αποτέλεσμα αυτής της παγίδευσης είναι η αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας της γης, που φτάνει περίπου στη μέση τιμή των 15<sup>0</sup> C.

Το φαινόμενο αυτό συχνά αναφέρεται ως *φαινόμενο θερμοκηπίου* ή *ατμοσφαιρική επίδραση θερμοκηπίου*. Η ονομασία αυτή συχνά οφείλεται στο γεγονός ότι οι ίδιες



περίπου διαδικασίες διατηρούν υψηλές θερμοκρασίες σε ένα θερμοκήπιο με γυάλινο κάλυμμα που έχει τη δυνατότητα, αφενός, να διαπερνά από αυτό η ηλιακή θερμοκρασία και αφετέρου, να απορροφά και να επανεκπέμπει τη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από το δάπεδο και τα φυτά του θερμοκηπίου. Φυσικά, οι υψηλές τιμές της θερμοκρασίας των θερμοκηπίων οφείλονται και στο γεγονός ότι το γυάλινο κάλυμμα τους παρεμποδίζει την προς τα κάτω κίνηση του θερμού αέρα και την εξαιτίας της απώλεια θερμότητας, που είναι σημαντικότερη και από την απορρόφηση ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από το γυαλί.

Στο σύστημα ατμόσφαιρα – γη, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι συμβαίνει κάτι ανάλογο με το φαινόμενο ενός θερμοκηπίου, στο οποίο λαμβάνεται ως δάπεδο του η επιφάνεια του εδάφους της γης με θερμοκρασία  $T_s$  και ως γυάλινο κάλυμμα (green house glass) ένα ατμοσφαιρικό στρώμα θερμοκρασίας  $T_p$ . Ανάμεσα σε αυτές τις δύο θερμοκρασίες πληρούται η σχέση:

$$T_s = T_p \sqrt[4]{2}$$

Για  $T_p = T_s = 250 \text{ }^\circ\text{K}$  (ενεργός θερμοκρασία της γης) η σχέση αυτή δίνει  $T_s = 297.5 \text{ K}$  δηλαδή η παρουσία της ατμόσφαιρας, με τα γνωστά της αποτελέσματα πάνω στην απορρόφηση της ακτινοβολίας, αυξάνει τη θερμοκρασία της γης από  $-23 \text{ }^\circ\text{C}$  σε  $24.4 \text{ }^\circ\text{C}$  (5).

Το 90% της κατακρατούμενης από την ατμόσφαιρα γήινης ακτινοβολίας οφείλεται στην ύπαρξη υδρατμών, διοξειδίου του άνθρακα, νεφών και ατμοσφαιρικού κονιαρτού (5) με ενεργότερο συστατικό τους υδρατμούς. Το υπόλοιπο 10% της κατακράτησης οφείλεται στο όζον, το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο επιτείνεται, αλλά δεν προκαλείται μόνο από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι παράγοντες που ενισχύουν το φαινόμενο είναι οι πυρκαγιές των δασών, τα καυσαέρια των οχημάτων και των βιομηχανιών καθώς και η αλόγιστη καύση πετρελαίου και άνθρακα στις βιομηχανικές χώρες που συσσωρεύουν κυρίως διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η συσσώρευση του ξεκίνησε από την εποχή της Βιομηχανικής Επανάστασης τον 18<sup>ο</sup> αιώνα (9).

Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται τα αέρια που συμμετέχουν ενεργά στο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου, οι συγκεντρώσεις τους στην ατμόσφαιρα σε μέρη ανά

εκατομμύριο(ppm) ή μέρη ανά δισεκατομμύριο(ppb) κατά το έτος 1750 και σήμερα, καθώς και η προέλευσή τους, φυσική ή ανθρωπογενής (9)

<b>Αέρια Θερμοκηπίου</b>	<b>Συγκέντρωση το 1750</b>	<b>Συγκέντρωση σήμερα</b>	<b>Ποσοστό μεταβολής</b>	<b>Προέλευση</b>
<b>Διοξείδιο του άνθρακα</b>	<b>280 ppm</b>	<b>360 ppm</b>	<b>29 %</b>	<b>Οργανική αποσύνθεση, Πυρκαγιές δασών, Ηφαίστεια, Καύσιμα Αποδασώσεις, κ.λ.π.</b>
<b>Μεθάνιο</b>	<b>0.70 ppm</b>	<b>1.70 ppm</b>	<b>143 %</b>	<b>Υγρότοποι, Οργανική αποσύνθεση, Τερμίτες, Φυσικό αέριο – πετρελαιοπηγές, Καύση βιομάζας, Ρυζοκαλλιέργειες, Κτήνη, Σκουπιδότοποι</b>
<b>Οξείδια αζώτου</b>	<b>280 ppb</b>	<b>310 ppb</b>	<b>11 %</b>	<b>Δάση, Λιβάδια, Ωκεανοί, Απορρίμματα, Καλλιέργειες, Λιπάσματα, Καύση Βιομάζας, Καύσιμα</b>
<b>Χλωροφθοράν θρακες (CFCs)</b>	<b>0</b>	<b>900 ppt</b>	<b>-</b>	<b>Ψυγεία, Ψεκασμοί, Αεριοθούμενα, Απορρυπαντικά</b>
<b>Όζον</b>	<b>Άγνωστο</b>	<b>Ποικίλει</b>	<b>-</b>	<b>Δράση ηλιακής ακτινοβολίας επί μορίων Οξυγόνου και τεχνητή παραγωγή δια μέσου της φωτοχημικής αιθαλομίχλης</b>

**Πίνακας 2-1:** Αέρια του φαινομένου του Θερμοκηπίου.

(Πηγή:<http://users.att.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/FainThermoKip.htm>).

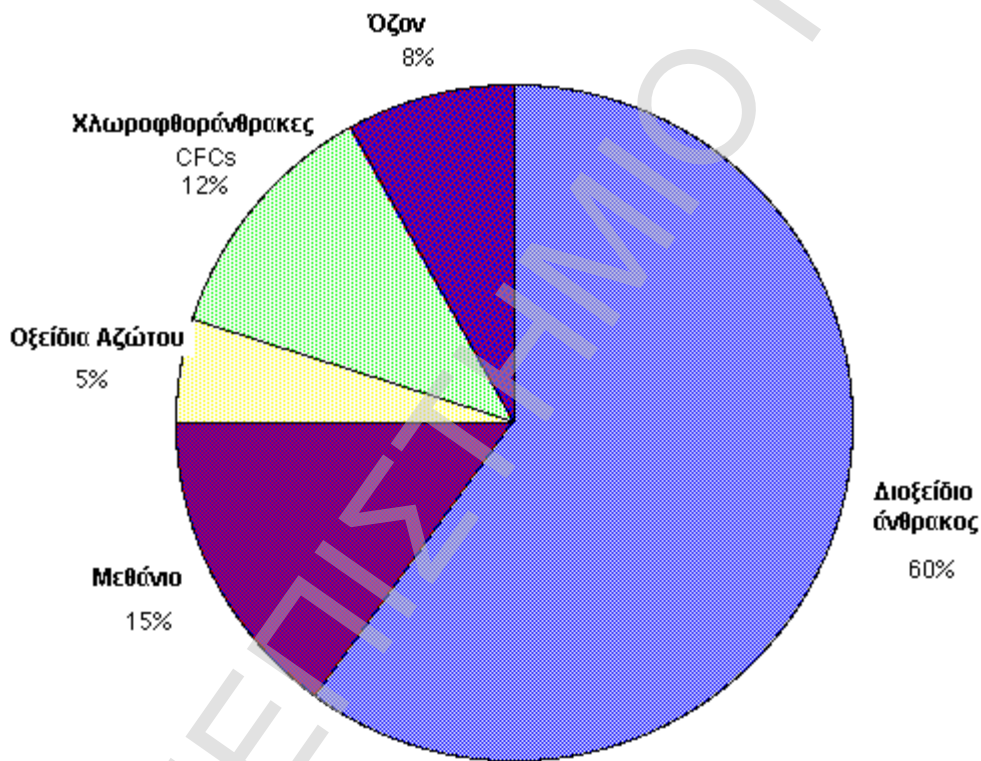
## 2.3 Τα αέρια του θερμοκηπίου

**2.3.1. Διοξείδιο του άνθρακα :** Οι κύριες οργανικές ενώσεις του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι το διοξείδιο και το μονοξείδιο του άνθρακα. Προκύπτουν από την τέλεια και την ατελή καύση, αντίστοιχα, των καυσίμων που αποτελούνται από οργανικές χημικές ενώσεις, την αποτέφρωση οργανικών υλικών και την αναπνοή των ζώων και των φυτών (2). Οι ανθρώπινες δραστηριότητες όχι μόνο εκπέμπουν υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, αλλά βλάπτουν και την ικανότητα της γης να απορροφά το CO<sub>2</sub> και να το ενσωματώνει στους φυσικούς κύκλους ροής ενέργειας και ύλης, με την καταστροφή των δασών και του φυτοπλαγκτού των ωκεανών. Το πλαγκτόν αποτελεί τον κύριο «απορροφητή» CO<sub>2</sub> του πλανήτη, καθώς πρόκειται για φυτικούς οργανισμούς που χρησιμοποιούν το CO<sub>2</sub> κατά τη φωτοσύνθεση

**2.3.2 Μονοξείδιο του Άνθρακα :** Με εξαίρεση το διοξείδιο του άνθρακα, το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ο πιο άφθονος ατμοσφαιρικός ρύπος στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Οι εκπομπές του από ανθρωπογενείς πηγές υπερβαίνουν τη συνολική μάζα όλων των άλλων ρύπων που εκπέμπονται από τις δραστηριότητες του ανθρώπου. Είναι ένα άχρωμο, άοσμο, μη ερεθιστικό, αλλά εξαιρετικά τοξικό αέριο που θεωρείται ασφυξιογόνο. Έχει σαν φυσική πηγή την οξείδωση του μεθανίου (CH<sub>4</sub>), από το υδροξύλιο (OH), που παράγει φορμαλδεύδη (HCHO). Η φορμαλδεύδη (HCHO) φωτολύεται προς HCO<sup>•</sup> που στη συνέχεια οξειδώνεται και δίνει και μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Παράγεται επίσης στους ωκεανούς από τη δράση των βακτηριδίων, τις πυρκαγιές των δασών, τα ηφαίστεια και από διεξόδους του φυσικού αερίου που υπάρχουν στο φλοιό της γης. Στις αστικές περιοχές το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) παράγεται σχεδόν αποκλειστικά από ανθρώπινες δραστηριότητες, με κυριότερες τις καύσεις στις μηχανές των αυτοκινήτων. Γι αυτόν το λόγο οι συγκεντρώσεις σχετίζονται πολύ με το κυκλοφοριακό φόρτο. Σε παγκόσμια κλίμακα οι εκπομπές του από τις φυσικές πηγές ξεπερνούν τις αντίστοιχες από τις ανθρωπογενείς. Έχει σχεδόν μηδενική συνεισφορά στο σχηματισμό του επιφανειακού όζοντος (O<sub>3</sub>) στις αστικές περιοχές και μικρή στην καθαρή τροπόσφαιρα. Δεν επηρεάζει σημαντικά το παγκόσμιο κλίμα, δεν είναι θερμοκηπικό αέριο, δεν επηρεάζει τις συγκεντρώσεις του στρατοσφαιρικού όζοντος και δεν συμβάλλει στην όξινη εναπόθεση. Επειδή όμως είναι ιδιαίτερα τοξικό θεωρείται σημαντικός ατμοσφαιρικός ρύπος .

Αν η κύρια πηγή του μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ήταν μόνο οι ατελείς καύσεις, τότε η συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση καυσίμων από τον άνθρωπο θα είχε σαν συνέπεια μια μονότονη αύξηση του στην ατμόσφαιρα, κάτι ανάλογο με το διοξείδιο του άνθρακα. Όμως από μετρήσεις σε παγκόσμια κλίμακα προκύπτει ότι η συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα απομακρυσμένων περιοχών είναι 60 – 70 ppb και 120 – 180 ppb (parts per billion) στο νότιο και το βόρειο ημισφαίριο αντίστοιχα και παραμένει περίπου σταθερή (2,10). Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν και άλλες διεργασίες παραγωγής και καταστροφής του στη φύση εκτός από την ατελή καύση (2).

#### ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ



Εικόνα 2-4 : Διάγραμμα απεικόνισης της συμμετοχής των ρύπων με ανθρωπογενή προέλευση στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Πηγή: <http://users.att.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/FainThermoKip.htm>

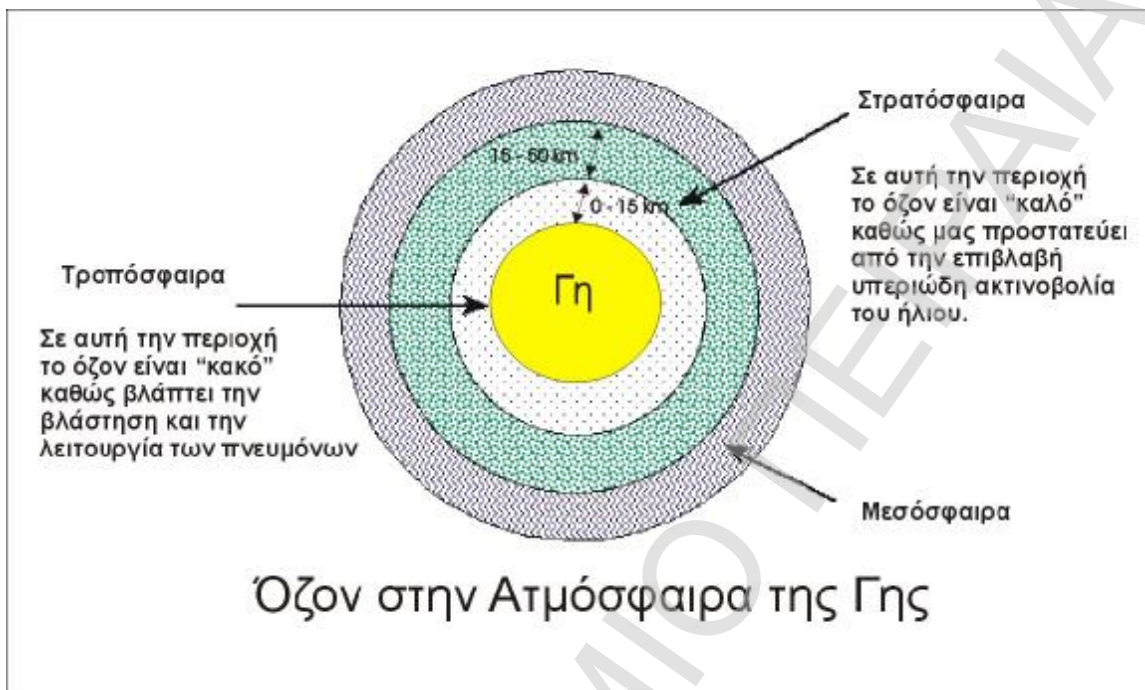
**2.3.3. Φωτοχημικό νέφος και όζον :** Το φωτοχημικό νέφος σχηματίζεται όταν συνυπάρχουν στην ατμόσφαιρα υδρογονάνθρακες ή γενικότερα πτητικές οργανικές χημικές ενώσεις, οξείδια του αζώτου, άπλετο ηλιακό φως, υψηλές θερμοκρασίες και

μικρή σχετική υγρασία (2,9). Αυτό συμβαίνει κυρίως στην ατμόσφαιρα των αστικών περιοχών, αφού ένα μεγάλο ποσοστό των υδρογονανθράκων και των οξειδίων του αζώτου έχει τις ίδιες πηγές, τα αυτοκίνητα. Η έκθεση μείγματος αέρα που περιέχει υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου σε έντονη ηλιακή ακτινοβολία οδηγεί αρχικά στην οξείδωση των υδρογονανθράκων, στη συνέχεια στην οξείδωση του μονοξειδίου του άνθρακα (NO) σε διοξείδιο (NO<sub>2</sub>) και τελικά στο σχηματισμό του όζοντος (O<sub>3</sub>).

Το όζον δεν εκπέμπεται άμεσα στην ατμόσφαιρα. Στην τροπόσφαιρα σχηματίζεται από τους φωτοχημικούς μετασχηματισμούς των πτητικών οργανικών χημικών ενώσεων και των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) παρουσία άπλετου ηλιακού φωτός (το τροποσφαιρικό όζον), ενώ στη στρατόσφαιρα από τη φωτόλυση του μοριακού οξυγόνου (O<sub>2</sub>), μέσω της έντονης και δραστικής υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) (2). Το κατώτερο στρώμα της στρατόσφαιρας βρίσκεται σε ύψος 8 ως 17 χλμ. και το ανώτερο σε ύψος 50 ως 55 χλμ. Μέχρι το ύψος των 35Km η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και κατόπι αρχίζει και αυξάνεται σημαντικά μέχρι το ύψος των 50km όπου φτάνει στους 0°C. Η αύξηση της θερμοκρασίας στη στρατόσφαιρα οφείλεται στο όζον. Είναι πολύ φτωχή σε υδρατμούς, γι αυτό και δεν παρατηρούνται σ' αυτήν σχηματισμοί νεφών, ούτε άλλα μετεωρολογικά φαινόμενα. Στο μέσο της ύψος σχηματίζονται υποτυπώδη νέφη με ζωνρή λάμψη και ιριδίζουσες αποχρώσεις πρόκειται για τα ιριδίζοντα νέφη, που τα αποτελούν συμπυκνωμένοι υδρατμοί. Παλιότερα τη στρατόσφαιρα τη θεωρούσαν ήρεμο χώρο, όπου τα αέρια, ανάλογα με το ειδικό τους βάρος, είχαν στρωματοειδή διάταξη.

Από νεότερες παρατηρήσεις που έγιναν με ραδιοβολίδες ή με ειδικούς μετεωρολογικούς πυραύλους, διαπιστώθηκε τελικά ότι στη στρατόσφαιρα και την τροπόσφαιρα ο αέρας θερμαίνεται ανόμοια, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο αντιστοιχεί. Οι διαφορετικές θερμοκρασίες δημιουργούν διαφορετικές πιέσεις, και οι συνθήκες αυτές με τη σειρά τους δημιουργούν ρεύματα που κυκλοφορούν με ταχύτητα εκατοντάδων χιλιομέτρων την ώρα, η κίνησή τους μπορεί να είναι οριζόντια, κατακόρυφη ή στροβιλοειδής. Η ατμόσφαιρα έχει τόσο λίγο όζον, που αν ήταν δυνατό να συγκεντρωθεί όλο σε ένα στρώμα, το πάχος του δε θα ξεπερνούσε τα 2 - 3 mm. Αυτή η μικρή ποσότητα όζοντος, όμως, έχει τεράστια σημασία για τη ζωή του πλανήτη μας, γιατί απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία. Αν εξαφανιστεί, για οποιοδήποτε λόγο, το στρώμα του όζοντος, θα καταστραφεί αμέσως και η ζωή στη Γη. Επίσης, το στρώμα του όζοντος

επιδρά στη διαμόρφωση των μεταβολών της θερμοκρασίας καθώς και των ταχυτήτων των ανέμων. (8,12).

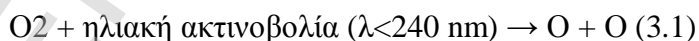


**Εικόνα 2.-5:** Το όζον στην ατμόσφαιρα της Γης.

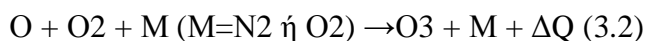
Πηγή: [http://lap.physics.auth.gr/pms/upload/Tropo\\_o3.doc](http://lap.physics.auth.gr/pms/upload/Tropo_o3.doc)

### 2.3.3.1. Στρατοσφαιρικό όζον.

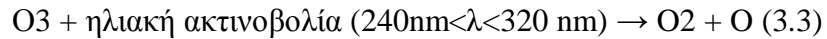
Το στρώμα του στρατοσφαιρικού όζοντος πιστεύεται ότι δημιουργήθηκε πριν από περίπου 3 δισεκατομμύρια χρόνια, μέσω διαδικασίας φωτοσύνθεσης, με βάση το οξυγόνο της ατμόσφαιρας το οποίο φωτολύεται από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία με μήκος κύματος  $\lambda < 240 \text{ nm}$  (το  $\text{O}_2$  απορροφά την ακτινοβολία με  $\lambda < 240 \text{ nm}$ ). Τούτο οδηγεί στη δημιουργία ατόμων οξυγόνου σύμφωνα με την αντίδραση:



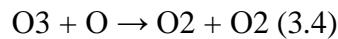
Η διαδικασία αυτή θα κατέστρεφε μακροχρόνια το οξυγόνο της ατμόσφαιρας, αλλά έχουμε διατήρηση του ισοζυγίου του οξυγόνου, διότι τούτο παραγόμενο στην επιφάνεια της γης από την βιόσφαιρα (χλωρίδα και πανίδα) διαχέεται, εντός δεκαετίας, κατακόρυφα προς τα επάνω. Ακολούθως, τα άτομα του οξυγόνου επανασυνδέονται με μόρια οξυγόνου και παράγουν μόρια όζοντος μέσω της εξώθερμης αντίδρασης:



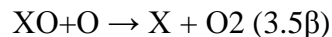
Τα μόρια του όζοντος ακολούθως απορροφούν την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία με  $\lambda < 320$  nm, και καταστρέφονται, οπότε έχουμε:



Επομένως, έχουμε διατήρηση (ισοζύγιο) στην παρουσία ατομικού οξυγόνου και όζοντος στην περιοχή από 20-80 χλμ. ύψος. Η εκπομπή ποσοτήτων θερμότητας (αντίδραση 3.2) λοιπόν είναι υπεύθυνη για την θέρμανση της στρατόσφαιρας, όπως προαναφέρθηκε. Επιπλέον, το ατομικό οξυγόνο που παράγεται από την αντίδραση (4.3) αντιδρά με το  $O_3$  οδηγώντας στην καταστροφή του:



Επιπλέον των αντιδράσεων (3.1 έως και 3.4) υπάρχουν και άλλοι μηχανισμοί που ευθύνονται για την καταλυτική καταστροφή του όζοντος στη στρατόσφαιρα, παίζουν επομένως σημαντικό ρόλο στο ισοζύγιο του στρατοσφαιρικού όζοντος, όπως ανακαλύφθηκε από τους μετέπειτα Νομπελίστες Crutzen, Molina και Rowand στις αρχές της δεκαετίας του '70. Τα αέρια αυτά, που παίζουν το ρόλο καταλύτη, είναι σε ατομική μορφή: χλώριο (Cl), βρώμιο (Br), φθόριο (F), και το ιώδιο (I), προερχόμενα από την φωτοδιάσπαση των αντιστοιχών οξειδίων  $BrO$ ,  $ClO$ ,  $FO$ , και  $IO$ , τα οποία με τη σειρά τους προέρχονται από τη φωτοδιάσπαση στη στρατόσφαιρα των αερίων CFC-11 ( $CCl_3F$ ), CFC-12 ( $CCl_2F_2$ ),  $HCl$ ,  $ClONO_2$ , Halons (Halon-1211, δηλ.  $CBrClF_2$ ), βρωμιούχο μεθύλιο ( $CH_3Br$ ), τετραχλωράνθρακας ( $CCl_4$ ), κλπ. Η αντίστοιχη αντίδραση με  $X = Cl, Br, F, \text{ ή } I$  είναι:



Από το 1982 παρατηρείται στη στρατόσφαιρα μείωση του όζοντος, αρχικά στο Ν. και Β. Πόλο και μετέπειτα και στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Σήμερα, η περιοχή του Ν. Πόλου που καλύπτεται από την τρύπα του όζοντος είναι της τάξης των 25.000.000  $km^2$ , δηλ. διπλάσια από την ήπειρο της Ανταρκτικής. Η μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος (γνωστή και σαν 'τρύπα του όζοντος') οφείλεται, όπως προείπαμε, στις καταλυτικές αντιδράσεις (3.5) κατά τις οποίες φωτοδιασπώνται χλωριούχες, βρωμιούχες και φθοριούχες ενώσεις (χρησιμοποιούμενες στη χημική βιομηχανία και στα κλιματιστικά

μηχανήματα) σε συνθήκες πολύ χαμηλών θερμοκρασιών (-80 έως -90°C) και με την παρουσία *πολικών στρατοσφαιρικών νεφών (Polar Stratospheric Clouds: PSCs)*, οδηγούν στην απότομη καταλυτική καταστροφή του όζοντος. Τα PSCs δημιουργούνται όταν η θερμοκρασία του αέρα στους Πόλους πέσει κάτω από -78 °C και είναι αυτά που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των αερίων που περιέχουν χλωριούχες και βρωμιούχες ενώσεις (πχ. η μετατροπή των ClONO<sub>2</sub> και HCl σε ClO γίνεται επάνω στην επιφάνεια των PSCs τα οποία εγκλωβίζουν υδρατμούς και ενώσεις του αζώτου, πχ. HNO<sub>3</sub>). Όταν οι παγοκρύσταλλοι των PSCs αυξάνουν σε βάρος, καταπίπτουν, αφήνοντας έτσι ελεύθερο το πεδίο στις δραστικές ενώσεις του χλωρίου (ClO), οι οποίες διαφορετικά θα ήταν ακίνδυνες για το O<sub>3</sub> (πχ. θα σχηματιζόταν το σταθερό μόριο ClONO<sub>2</sub>). Αξίζει, να σημειωθεί ότι ο χρόνος ζωής των αερίων που καταστρέφουν καταλυτικά το O<sub>3</sub> κυμαίνεται από μερικά χρόνια (HCFCs) σε 100 χρόνια (CFC-12), επομένως, το πρόβλημα της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος (εμφάνιση λοιπόν της «τρύπας του όζοντος») θα ταλανίζει την ανθρωπότητα για τουλάχιστον μερικές δεκάδες χρόνια ακόμα (13).

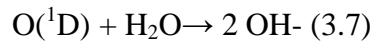
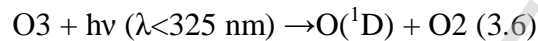
Το προστατευτικό στήριγμα του όζοντος συνεχίζει να αραιώνει πάνω από τα μέσα γεωγραφικά πλάτη (20-60 μοίρες) με ρυθμίσεις που κυμαίνονται από 4% ανά δεκαετία για το χειμώνα / άνοιξη μέχρι λιγότερο από 2% ανά δεκαετία το κατά το θέρος. Οι μακροχρόνιες αυτές τάσεις διεκόπησαν στη διάρκεια έντονης ηφαιστειακής δραστηριότητας κατά την οποία ενισχύθηκαν σημαντικά οι ρυθμοί αραιώσης. Λίγο μετά τις δύο μεγάλες ηφαιστειακές εκρήξεις (El Chichon & Mt Pinatubo) η αραιώση του στρώματος του όζοντος πολλαπλασιάστηκε για πολλούς μήνες μετά την έκρηξη.

Η απώλεια του όζοντος συνδέεται με σημαντική ψύξη της στρατόσφαιρας την τελευταία εικοσαετία. επίσης συνοδεύθηκε από σημαντική αύξηση της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο έδαφος. Η αύξηση της ερυθματογόνου δόσης έχει υπερβεί το 5% ανά δεκαετία πάνω από τα μέσα γεωγραφικά πλάτη, ενώ η αύξηση είναι μεγαλύτερη στις πιο επικίνδυνες ακτινοβολίες στο υπερϊώδες φάσμα του ηλίου. Με βάση τις ανθρωπογενείς εκπομπές που μειώνουν το όζον και τις εκτιμήσεις για τα προσεχή χρόνια, προκύπτει ότι η μέγιστη αραιώση του όζοντος αναμένεται να γίνει μέσα στην προσεχή δεκαετία, ενώ η πλήρης ανάκαμψή των δεν αναμένεται πριν από περίπου το 2060.(14)



### 2.3.3.2 Τροποσφαιρικό όζον

Το όζον της τροπόσφαιρας έχει δύο πηγές προέλευσης: την *φωτοχημική παραγωγή* στην τροπόσφαιρα και την στρατόσφαιρα. Το όζον επίσης παίζει σημαντικότατο ρόλο στη φωτοχημεία της τροπόσφαιρας, καθ'όσον είναι η βασική πηγή των OH<sup>-</sup> (μέσω της φωτοδιάσπασης του όζοντος σε O(<sup>1</sup>D)) και αντίδραση του O(<sup>1</sup>D) με τους υδρατμούς) τα οποία και καθορίζουν τη διάρκεια ζωής πολλών ρύπων (πχ. CO, CH<sub>4</sub>, HCs) στην ατμόσφαιρα:



Τα επίπεδα όζοντος το 1870 (πριν από τη βιομηχανική επανάσταση) ήταν της τάξης των 10 ppbv, ενώ το 1990 ήταν γύρω στα 50-60 ppbv. Ο παρατηρούμενος λοιπόν ρυθμός αύξησης του τροποσφαιρικού όζοντος είναι της τάξης του 1-2% το χρόνο. Τούτο σημαίνει την εμφάνιση πολυάριθμων προβλημάτων στην ανθρώπινη υγεία και την βιόσφαιρα, γενικότερα. (13)

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι μέχρι περίπου και τα τέλη της δεκαετίας του '70 η επιστημονική κοινότητα θεωρούσε ότι το όζον στην τροπόσφαιρα είναι ένα αδρανές αέριο που δεν αντιδρά με άλλα στοιχεία και ότι προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από την κατώτερη στρατόσφαιρα (από διεισδύσεις στρατοσφαιρικού όζοντος στην τροπόσφαιρα) και καταστρέφεται στο έδαφος. Ήταν στα τέλη της δεκαετίας του '70 και '80 που τέθηκαν οι βάσεις της θεωρίας της φωτοχημικής παραγωγής του τροποσφαιρικού όζοντος. Το έναυσμα δόθηκε από την προσπάθεια για την εξήγηση του φωτοχημικού νέφους του Λος Άντζελες στην δεκαετία του '60 από όπου διαπιστώθηκε ότι το φωτοχημικό νέφος (ή ρύπανση του όζοντος) δημιουργείται από μία πολύπλοκη σειρά χημικών αντιδράσεων που περιλαμβάνουν πτητικούς υδρογονάνθρακες και οξειδία του αζώτου από βιομηχανικές πηγές και αυτοκίνητα υπό την δράση του ηλιακού φωτός.

Καθώς η θερμοκρασία αυξάνει κατά την διάρκεια της ημέρας, η ηλιακή ενέργεια επιταχύνει αυτές τις χημικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας όζοντος που παράγεται. Αντίστροφα, όταν η θερμοκρασία μειώνεται οι χημικές αντιδράσεις επιβραδύνουν και το φωτοχημικό νέφος σπάνια δημιουργείται. Η παραγωγή του τροποσφαιρικού όζοντος είναι λοιπόν ένα φαινόμενο που ευνοείται κατά την διάρκεια της ημέρας και των θερμών μηνών του έτους (τέλη ανοίξεως και καλοκαίρι). Το

τροποσφαιρικό όζον έχει πολλαπλή σημασία για την ατμόσφαιρα της γης. Καταρχήν το τροποσφαιρικό όζον κατέχει κεντρικό ρόλο στην χημεία της τροπόσφαιρας καθώς αποτελεί την βασική πηγή του πιο σημαντικού οξειδωτικού μέσου στην τροπόσφαιρα, της ρίζας του **υδροξυλίου** (OH).

Με πιο απλά λόγια το υδροξύλιο αποτελεί το ισχυρότερο «**απορρυπαντικό**» της ατμόσφαιρας που την καθαρίζει από μια σειρά οργανικών και ανόργανων ενώσεων που εκπέμπονται από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές. Υπό την έλλειψη της ρίζας του υδροξυλίου όλες αυτές οι ενώσεις θα είχαν πολύ μεγάλο χρόνο ζωής και θα συσσωρεύονταν στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας δρώντας επικουρικά στο γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου που προκαλείται από ενώσεις όπως το CO<sub>2</sub>, το μεθάνιο και βέβαια οι υδρατμοί. Αυτό θα είχε σαν συνέπεια ότι μια σειρά από αέριες ενώσεις που δεν συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου θα συνέβαλλαν σε ακόμα μεγαλύτερες θερμοκρασίες στο πλανήτη μας.

Κατά δεύτερο λόγο το τροποσφαιρικό όζον που βρίσκεται στα υψηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας είναι από μόνο του ένα θερμοκηπικό αέριο που σημαίνει ότι δρα και αυτό επικουρικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πρέπει να επισημανθεί ότι η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος παγκοσμίως συνεισφέρει περίπου το 1/3 από την αύξηση του CO<sub>2</sub> στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου από το προβιομηχανικά χρόνια έως σήμερα. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το CO<sub>2</sub> είναι το βασικότερο αέριο που συνεισφέρει στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου σε σχέση με τα προβιομηχανικά χρόνια.

Η σημασία του τροποσφαιρικού όζοντος έγκειται όμως και στις συνέπειες που έχει τόσο στον άνθρωπο όσο και στο φυτικό βασίλειο και τα διάφορα υλικά. Ως αναφορά τις επιπτώσεις του όζοντος στον άνθρωπο η συνεχής έκθεση του ανθρώπου σε υψηλές τιμές όζοντος μπορεί να του προκαλέσει μόνιμη βλάβη στους πνεύμονες. Ακόμα και όταν το όζον είναι σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις η εισπνοή του μπορεί να προκαλέσει μια σειρά από προβλήματα υγείας όπως πόνους στο στήθος, βήχα, ερεθισμό του λαιμού, συμφόρηση, και να επιδεινώσει καρδιακά προβλήματα, βρογχίτιδα, εμφύσημα και άσθμα.

Το όζον είναι από μόνο του ένα οξειδωτικό μέσο και είναι φυτο-τοξικό στοιχείο που σημαίνει ότι όταν βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις γίνεται επικίνδυνο για τα

φυτά και δάση καθώς επηρεάζει την ικανότητα τους να παράγουν και να αποθηκεύουν τροφή κάνοντάς τα έτσι πιο ευάλωτα στις αρρώστιες, τα έντομα και τις άσχημες καιρικές συνθήκες. Το όζον ως οξειδωτικό μέσο επιδρά και σε διάφορα οργανικά υλικά, όπως οργανικά χρώματα που χρησιμοποιούνται στην ζωγραφική, στις εξωτερικές ζωγραφισμένες διακοσμήσεις κτιρίων, ή για βαφή υφασμάτων, το φυσικό καουτσούκ, τα συνθετικά ελαστικά υλικά από κυτταρίνη όπως το χαρτί, διάφορα εκθέματα των μουσείων φυσικής ιστορίας όπως φτερά, δέρμα ζώων, πάπυρο. Επομένως η ρύπανση του όζοντος συνδέεται άρρηκτα και με προβλήματα υποβιβασμού της πολιτισμικής μας κληρονομιάς (15)

#### 2.3.4. Μεθάνιο

Το μεθάνιο συμβάλλει στην εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου αλλά δεν έχει μελετηθεί εξίσου με το διοξείδιο του άνθρακα καθώς οι συγκεντρώσεις του στην ατμόσφαιρα είναι συγκριτικά μικρότερες από αυτές του διοξειδίου του άνθρακα. Κατά συνέπεια η επιστημονική έρευνα δεν ασχολήθηκε με το ζήτημα, εξηγεί ο δρ. Μπετς, ερευνητής του Κέντρου Ελέγχου Κλιματολογικής Μεταβολής Χάντλεϊ. Όμως η συγκέντρωση του αερίου στην ατμόσφαιρα τριπλασιάστηκε τα τελευταία 150 χρόνια κυρίως εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων όπως λόγω χάρη η εντατική καλλιέργεια ρυζιού ή ακόμα και η εκτροφή μεγάλων κοπαδιών ζώων που απελευθερώνουν με τις φυσικές τους λειτουργίες μεγάλες ποσότητες μεθανίου στην ατμόσφαιρα.

Προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι αυτές οι βιογενείς πηγές παράγουν το 66% των 600 εκατομμυρίων τόνων μεθανίου που απελευθερώνονται ετησίως. Ο Φρανκ Κέπλερ, του τομέα Πυρηνικής Φυσικής του Ινστιτούτου Μαξ Πλανκ, υπολογίζει ότι τα φυτά απελευθερώνουν από 60 έως 240 εκατομμύρια τόνους μεθανίου ετησίως. Οι μεγαλύτερες ποσότητες προέρχονται από τις περιοχές κοντά στους τροπικούς.

Η πρόσφατη έρευνα αποδεικνύει τη συμβολή που έχει το πράσινο στη μεταβολή του κλίματος και θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική επειδή τα συμπεράσματα εξήχθησαν με βάση το μεθάνιο που παράγεται υπό φυσιολογικές συνθήκες, με την παρουσία οξυγόνου, και όχι μέσω της βακτηριακής δραστηριότητας σε περιβάλλον χωρίς οξυγόνο. Όπως εξηγεί ο δρ. Γιαντβιντέρ Μαλχί, του πανεπιστημίου της Οξφόρδης, η διαπίστωση ότι τελικά και το φυτικό βασίλειο αποτελεί πηγή μεθανίου δεν είχε αξιολογηθεί στο

παρελθόν κυρίως επειδή οι ερευνητές δεν κατανοούσαν πλήρως τον τρόπο κυκλοφορίας του αερίου στην ατμόσφαιρα. Πολύ συχνά οι επιστήμονες έκαναν λάθος στους υπολογισμούς που αφορούσαν τις πηγές και τις συγκεντρώσεις του μεθανίου αλλά και αδυνατούσαν να καταγράψουν τις μετακινήσεις του όγκου του.

Αντίθετα από το διοξείδιο του άνθρακα το μεθάνιο είναι πολύ πιο ισχυρό και δυναμικό αέριο και παραμένει στην ατμόσφαιρα επί δεκαετίες. Όπως διαπίστωσε ο δρ. Κέπλερ τα φυτά απελευθερώνουν μεθάνιο ακόμα και σε φυσιολογικές συνθήκες, με την παρουσία οξυγόνου, και μάλιστα δέκα έως χίλιες φορές περισσότερο από ότι τα νεκρά φυτά κατά την αποσύνθεσή τους. Όταν μάλιστα βρίσκονται κάτω από τις ηλιακές ακτίνες η ποσότητα του αερίου που εκπέμπεται είναι αυξημένη (16).

**2.3.5 Χλωροφθοράνθρακες:** βασική αιτία για τη δραματική μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος. Η περίπτωση των χλωροφθορανθράκων (CFCs, Chlorofluorocarbons) αποτελεί κλασική περίπτωση χημικών ουσιών που εφευρέθηκαν πριν από αρκετές δεκαετίες, με εξαιρετικές ιδιότητες και εφαρμογές (ψυκτικά υγρά, υγρά καθαρισμού ηλεκτρονικών συσκευών και προωθητές αεροζόλ), αλλά για τις οποίες δεν είχε προβλεφθεί ότι θα κατέστρεφαν μακροχρόνια την πολύτιμη στοιβάδα του στρατοσφαιρικού όζοντος που προφυλάσσει τη ζωή στον πλανήτη μας από την βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία.

Η ψύξη τροφίμων σε ατομικά ψυγεία (που χρησιμοποιούν το αντιψυκτικό Freon) αποτέλεσε μία σημαντική καινοτομία στην μεταπολεμική περίοδο και βελτίωσε την υγιεινή τροφίμων. Επίσης, η ρύθμιση της θερμοκρασίας με κλιματιστικά μηχανήματα βελτίωσε την ποιότητα ζωής και εργασίας εκατομμυρίων ανθρώπων. Από το 1974, οι επιστήμονες Rowland και Molina προέβλεψαν τις αρνητικές συνέπειες των CFCs (λόγω του χλωρίου που περιέχουν και της αργής βιοδιάσπασης στο περιβάλλον) στο στρατοσφαιρικό όζον.

Οι προβλέψεις αυτές επιβεβαιώθηκαν αργότερα με την παρατήρηση των πρώτων δορυφορικών φωτογραφιών από την απώλεια τεράστιων ποσοτήτων όζοντος στην Ανταρκτική (Nimbus-7) και επίγειων παρατηρήσεων την περίοδο 1984-85. Το πρόβλημα ερευνήθηκε με συστηματικό τρόπο και τεκμηριώθηκε με εργαστηριακά πειράματα. Το 1985 (Βιέννη) οι χώρες του ΟΗΕ προχώρησαν σε σύμβαση για μέτρα περιορισμού των CFCs για την προστασία της στρατόσφαιρας “United Nations Convention for the

Protection of the Stratosphere” και το 1987 υπογράφηκε το πρωτόκολλο “Montreal Protocol” για αρχική μείωση κατά 50% των CFCs και αντικατάσταση τους μέχρι το 1999 με ουσίες που δεν επηρεάζουν το όζον. Η αντικατάσταση των CFCs δεν ήταν εύκολη υπόθεση λόγω των εξαιρετικών ιδιοτήτων των Freon, αλλά προτάθηκαν παρόμοιες ενώσεις χωρίς το χλώριο (υδροφθοράνθρακες, HFC) και με χαμηλή τοξικότητα μέχρι να βρεθούν οι ουσίες που θα είναι εντελώς αμέτοχες στην καταλυτική διάσπαση (17).

#### **2.3.6. Νιτρικά και φωσφορικά λιπάσματα και γεωργική παραγωγή:**

Το 1919 ο Γερμανός επιστήμονας Fritz Haber πήρε το Βραβείο Νόμπελ Χημείας για την καταλυτική σύνθεση της αμμωνίας που χρησιμοποιείται για την παρασκευή αζωτούχων λιπασμάτων. Η χρήση των λιπασμάτων είναι απαραίτητη για τη γεωργική παραγωγή. Η παγκόσμια παραγωγή λιπασμάτων δεκαπλασιάστηκε μεταξύ 1950-1989 με κυριότερο πρωταγωνιστή τα αζωτούχα λιπάσματα (περίπου, 100X106 τόνοι ετήσια παραγωγή στο τέλος του 20ου αιώνα). Το 60% των λιπασμάτων αυτών χρησιμοποιείται από τις αναπτυσσόμενες χώρες λόγω των τεράστιων αναγκών σε τρόφιμα και ζωοτροφές που έχουν προκύψει με την υπερβολική αύξηση του πληθυσμού των χωρών αυτών (περίπου 2,25 δισεκατομμύρια Ινδία και Κίνα). Με βάση τις διάφορες στατιστικές το 1/3 της πρωτεϊνούχας διατροφής της ανθρωπότητας εξαρτάται από τα αζωτούχα λιπάσματα.

Τα περιορισμένα αποθέματα πόσιμου νερού και η αυξημένη ρύπανση των υπόγειων νερών έχουν δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες. Τα αζωτούχα λιπάσματα και η ευρεία χρήση τους για την ανθρώπινη διατροφή έχουν όμως και αρνητικές επιπτώσεις, τόσο με τη νίτρο-ρύπανση των εδαφών, των υδατίνων συστημάτων και των υπόγειων νερών. Συγχρόνως, η υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων δημιουργεί και περιβαλλοντικά προβλήματα με την εκπομπή οξειδίων του αζώτου (ιδιαίτερα μονοξείδιο του αζώτου, NO) με την δράση των βακτηρίων του εδάφους στα νιτρικά άλατα, που συνεισφέρει στην καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος. Στην Ελλάδα η κατανάλωση αζωτούχων λιπασμάτων (~63% του συνόλου) στην περίοδο 1950-1990 αυξήθηκε κατά 22 φορές ανά καλλιεργήσιμο εκτάριο γης. Όπως σε όλες τις χώρες και στην Ελλάδα, η νίτρο-ρύπανση αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Παρόμοιο πρόβλημα ρύπανσης του περιβάλλοντος αποτελούν και τα φωσφορικά λιπάσματα. Η παγκόσμια χρήση φωσφορικών λιπασμάτων το 1990, ήταν 37.000.000

τόνοι. Η χρήση φωσφορικών λιπασμάτων στην Ευρώπη έχει παραμείνει σταθερή τα τελευταία 20 χρόνια, σε 31 κιλά/εκτάριο καλλιεργήσιμης γης. Όταν η χρήση των αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων γίνεται με υπερβολικό τρόπο, σημαντικές ποσότητες καταλήγουν στα υδατικά συστήματα προκαλώντας ρύπανση και ειδικές περιπτώσεις ευτροφισμού κάτω από ορισμένες συνθήκες.(17).

#### 2.4 Επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Αναφέρονται ενδεικτικά μερικές από τις επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει το φαινόμενο του θερμοκηπίου:

1. ανομοιόμορφη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.
2. μείωση των αποθεμάτων του νερού.
3. μεταβολή της κίνησης των ανέμων,
4. αλλαγή της συμπεριφοράς των μουσώνων.
5. μεταβολές στις βροχοπτώσεις.
6. μεταβολή των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και του είδους των καλλιεργειών.
7. ερημοποίηση.
8. άνοδος της στάθμης των θαλασσών.
9. αφανισμός πανίδας και χλωρίδας.
10. λιώσιμο των πάγων στο Βόρειο και το Νότιο Πόλο.
11. μαζικές μετακινήσεις πληθυσμών. (18).

### **3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ του ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

#### **3.1 Εισαγωγή**

Η Οικονομική του Περιβάλλοντος εξετάζει πώς οι ανθρώπινες αποφάσεις επηρεάζουν την ποιότητα του περιβάλλοντος, πώς οι ανθρώπινες αξίες και θεσμοί διαμορφώνουν τις ανάγκες μας για βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος αυτού, και ειδικότερα, πώς να σχεδιάζονται αποτελεσματικές δημόσιες πολιτικές για την επίτευξη μιας τέτοιας βελτίωσης.

Η Οικονομική του Περιβάλλοντος εστιάζει σε όλες τις διαφορετικές πλευρές που μπορεί να υπάρξουν στις σχέσεις μεταξύ της ποιότητας του περιβάλλοντος και της οικονομικής συμπεριφοράς τόσο μεμονωμένων προσώπων όσο και ομάδων ανθρώπων. Υπάρχει το θεμελιώδες ερώτημα, πώς το οικονομικό σύστημα διαμορφώνει τα οικονομικά κίνητρα που οδηγούν είτε σε περιβαλλοντική υποβάθμιση, είτε σε περιβαλλοντική βελτίωση. Επίσης, υπάρχουν σοβαρά προβλήματα στο να αποτιμηθούν τα οφέλη και τα κόστη που προκύπτουν από τις αλλαγές με στόχο την περιβαλλοντική ποιότητα, ιδιαίτερα των δυσνόητων.

Έτσι, υπάρχει μια σειρά πολύπλοκων μακροοικονομικών θεμάτων, όπως η σχέση μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και των συνεπαγόμενων περιβαλλοντικών επιδράσεων, ή η επίδραση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας και των συναφών κανονισμών και περιορισμών στην ανάπτυξη. Επίσης, υπάρχουν όλα τα κρίσιμα θέματα τα οποία αφορούν στο σχεδιασμό και ανάπτυξη περιβαλλοντικών πολιτικών οι οποίες να είναι ταυτόχρονα αποτελεσματικές και δίκαιες.

Με βάση τα παραπάνω, η απλή επισήμανση και προβολή των περιβαλλοντικών θεμάτων και προβλημάτων, ενώ είναι απαραίτητη, δεν είναι αρκετή. Απαιτείται επιστημονική μελέτη και γνώση του πώς οι άνθρωποι αποτιμούν την ποιότητα του περιβάλλοντος και πόσο πολύ η υποβάθμιση του περιβάλλοντος αυτού τους ενοχλεί και τους προβληματίζει. Χρειάζεται, επίσης, να εξερευνηθεί γιατί οι άνθρωποι συμπεριφέρονται όπως συμπεριφέρονται απέναντι στο φυσικό περιβάλλον, και πώς θα μπορούσε να ανασχηματισθεί το υφιστάμενο σύστημα ώστε να καταστεί δυνατή η αναστροφή των επιβλαβών πρακτικών του παρελθόντος (19).

Βασική θέση της περιβαλλοντικής οικονομικής είναι, ότι, όπου το αγαθό της οικονομικής ανάπτυξης συγκρούεται με το αγαθό της περιβαλλοντικής προστασίας, η

μόνη ορθολογική προσέγγιση είναι ο συγκερασμός, με βάση τη σύγκριση των ωφελειών και του κόστους εκατέρωθεν. Συνιστάται δε η αξιοποίηση των οικονομικών κινήτρων για την προώθηση της περιβαλλοντικής προστασίας στη λογική του «ο μολύνων πληρώνει». Γιατί, αν όποιος μολύνει υποχρεωθεί να πληρώνει, θα προσπαθεί να μην μολύνει για να μην επιβαρύνεται.(20). Η οικονομία του περιβάλλοντος, ως κλάδος των οικονομικών, έχει διατρέξει μια παράλληλη πορεία με τη γενικότερη οικονομική θεωρία τουλάχιστον από τον 18<sup>ο</sup> αιώνα. Όλοι οι μεγάλοι κλασικοί οικονομολόγοι έχουν εκφράσει, άμεσα ή έμμεσα, απόψεις που διαμόρφωσαν σταδιακά την οικονομία του περιβάλλοντος ως αυτοτελή επιστημονικό κλάδο.

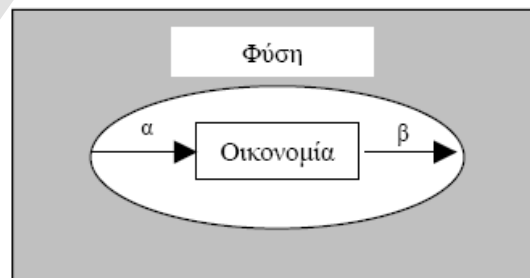
Η περιβαλλοντική οικονομία αρχίζει να αναπτύσσεται δυναμικά και με συστηματικό τρόπο τις δεκαετίες '60-'70 στις Η.Π.Α., ταυτόχρονα με το πρώτο κύμα της οικολογικής ανησυχίας.

### 3.2 Βασικοί ορισμοί

Περιβαλλοντική οικονομία (Environmental Economics) είναι ο επιστημονικός κλάδος, αντικείμενο του οποίου αποτελεί η μελέτη περιβαλλοντικών προβλημάτων, υπό το πρίσμα και τις αναλυτικές τεχνικές της οικονομίας.

Οικονομία των φυσικών πόρων (Natural Resource Economics) είναι ο επιστημονικός κλάδος, ο οποίος έχει ως αντικείμενο τη βελτιστοποίηση της χρήσης των ανανεώσιμων και μη-ανανεώσιμων φυσικών πηγών, υπό το πρίσμα της οικονομίας.

Η διαχωριστική γραμμή μεταξύ των δύο αντικειμένων, είναι ασαφής. Όπως φαίνεται και στο σχήμα η οικονομία των φυσικών πόρων εξετάζει τη σχέση α, η οποία αναπαριστά την εισαγωγή πρώτων υλών στο οικονομικό σύστημα, ενώ η περιβαλλοντική οικονομία τη σχέση β, ήτοι τις επιπτώσεις της οικονομικής δραστηριότητας στην ποιότητα του περιβάλλοντος.



Σχήμα 3.1. Βασικές σχέσεις οικονομίας και περιβάλλοντος



Αξία χρήσης (use value) ενός περιβαλλοντικού αγαθού καλείται η οικονομική αξία, που προκύπτει από την πραγματική χρήση του αγαθού, όπως για παράδειγμα η πληρωμή εισιτηρίου για την επίσκεψη ενός πάρκου, οι απολαβές από την αλιεία, τη δασοκομία, κ.λπ.

Ο προσδιορισμός μόνο του συγκεκριμένου τύπου αξίας, μπορεί να οδηγήσει σε υποτίμηση της αξίας του περιβαλλοντικού αγαθού. Δύο βασικά σημεία συντελούν προς αυτό: (α) ορισμένα άτομα ή νοικοκυριά χρησιμοποιούν ένα περιβαλλοντικό αγαθό, χωρίς να καταβάλουν χρηματικό αντίτιμο (π.χ. επισκέπτονται ελεύθερους χώρους αναψυχής) και (β) ορισμένα άτομα ή νοικοκυριά μπορεί να αντλούν ευχαρίστηση ή να απολαμβάνουν υπηρεσίες από κάποιο αγαθό, χωρίς να το χρησιμοποιούν άμεσα, όπως συμβαίνει με τα σημαντικά οικοσυστήματα, π.χ. το δάσος του Αμαζονίου. Η αντίληψη αυτή οδήγησε στην εισαγωγή ενός νέου όρου, γνωστού ως «αξία μη χρήσης».

Αξία μη-χρήσης (non-use value) ενός περιβαλλοντικού αγαθού καλείται το οικονομικό μέγεθος, το οποίο περιλαμβάνει τις ακόλουθες κατηγορίες αξιών :

- Αξία επιλογής (Option Value): Εκφράζει την προθυμία του ατόμου να διαθέσει ένα χρηματικό ποσό για να διατηρήσει ένα περιβαλλοντικό αγαθό, για το ενδεχόμενο μιας μελλοντικής χρήσης του.
- Αξία κληροδοτήματος (Bequest value): Εκφράζει την προθυμία του ατόμου να καταβάλει ένα χρηματικό ποσό, προκειμένου να διατηρήσει ένα αγαθό προς όφελος των μελλοντικών γενεών.
- Αξία ύπαρξης (Existence value): Εκφράζει το ποσό, που προτίθεται να καταβάλει κάποιος, προκειμένου να προστατεύσει απλώς ένα περιβαλλοντικό αγαθό, χωρίς να προσβλέπει στη χρησιμοποίησή του.

Η ολική οικονομική αξία (Total value) ενός περιβαλλοντικού αγαθού, ορίζεται ως ακολούθως:

Ολική οικονομική αξία = “αξία χρήσης” + “αξία μη χρήσης” =  
“αξία χρήσης” + “αξία επιλογής” + “αξία κληροδοτήματος” + “αξία ύπαρξης”

Όφελος ή χρησιμότητα, καλείται η ικανοποίηση που παρέχει στον καταναλωτή ένα αγαθό ή υπηρεσία.

Καθαρό κοινωνικό όφελος, καλείται η διαφορά μεταξύ της αξίας παραγωγής και της αξίας των παραγωγικών συντελεστών, τους οποίους καταναλώνει μια δραστηριότητα, όταν οι τελευταίοι χρησιμοποιούνται στην καλύτερη εναλλακτική χρήση.

Ευκαιριακό κόστος, θεωρείται η ευκαιρία, που χάνεται στην οικονομία να παραχθεί ένα αγαθό με ορισμένους πόρους, όταν με αυτούς παράγεται κάποιο άλλο αγαθό.

Εξωτερικό κόστος, καλείται το κόστος μιας δραστηριότητας, το οποίο δεν επιβαρύνει την ίδια, αλλά εξωτερικεύεται προς άλλες δραστηριότητες.

Συνθήκες εξωτερικής οικονομίας δημιουργούνται όταν ένα οικονομικό υποκείμενο Α μειώνει την ευημερία ενός οικονομικού υποκειμένου Β, χωρίς το τελευταίο να αποζημιώνεται για τη μεταβολή αυτή.

Ιδιωτικό κόστος, καλείται το κόστος που υφίσταται η παραγωγική δραστηριότητα, εξαιτίας της δέσμευσης ενός ή περισσοτέρων παραγωγικών συντελεστών (εργασία, πρώτες ύλες, ενέργεια, κ.λπ.) για τη δημιουργία ενός οικονομικού αγαθού.

Κοινωνικό κόστος, καλείται το κόστος που υφίσταται η κοινωνία, εξαιτίας των εξωτερικών επιδράσεων, που δημιουργεί η παραγωγική δραστηριότητα.

Ελεύθερα αγαθά, χαρακτηρίζονται τα αγαθά που μπορούν να αποκτηθούν σε απεριόριστες ποσότητες, χωρίς παραγωγική προσπάθεια, δεδομένης της υπερεπάρκειάς τους σε σχέση με τη ζήτηση.

Οικονομικά αγαθά, καλούνται τα αγαθά, η απόκτηση των οποίων συνεπάγεται κάποια θυσία, δηλαδή κάποια παραγωγική προσπάθεια. Για το λόγο αυτό ονομάζονται και προϊόντα.

Δημόσια αγαθά, είναι τα αγαθά, που αποτελούν αντικείμενο κοινής ιδιοκτησίας, και κατά συνέπεια, χαρακτηρίζονται από την αρχή της αδιαιρετότητας και της ελεύθερης πρόσβασης στη χρήση τους.

Ιδιωτικά αγαθά, είναι τα αγαθά, τα οποία αποτελούν αντικείμενο ατομικής ιδιοκτησίας και χαρακτηρίζονται από την αρχή του αποκλεισμού χρήσης τους, από εκείνους που δεν διατίθενται να καταβάλουν ένα ορισμένο τίμημα.

Πλεόνασμα ή όφελος καταναλωτή, καλείται το όφελος που απολαμβάνει ο καταναλωτής, επειδή σε μια ορισμένη τιμή, προμηθεύεται και τις ποσότητες ενός αγαθού, που αντιστοιχούν σε πιο έντονες ανάγκες (και επομένως θα ήταν διατεθειμένος να καταβάλει μεγαλύτερο τίμημα για να τις ικανοποιήσει). (21).

### 3.3. Άμεσες Τεχνικές Οικονομικής Αποτίμησης

Η Μέθοδος Υποθετικής Αξιολόγησης στηρίζεται στην συλλογή πληροφοριών από άτομα ή νοικοκυριά της περιοχής επίδρασης του υπό διερεύνηση σχεδίου, με στόχο να προσδιοριστεί η μέγιστη επιθυμία χρηματικής συνεισφοράς για την αποφυγή ή την αποκατάσταση μιας περιβαλλοντικής ζημιάς (Willingness To Pay – WTP) ή τη μέγιστη επιθυμία οικονομικής αποζημίωσης για την μιας νέας περιβαλλοντικής επιβάρυνσης (Willingness To Accept – WTA).

Η μέθοδος της Υποθετικής Αξιολόγησης εκτιμά με άμεσο τρόπο την οικονομική αξία ενός περιβαλλοντικού αγαθού εξαρτώντας τη από τις εκφρασμένες προτιμήσεις των ατόμων ή των νοικοκυριών (για το λόγο αυτό αναφέρεται επίσης και ως Μέθοδος Εξαρτημένης Αξιολόγησης). Η μέθοδος λειτουργεί, εξ ορισμού, με δεδομένα μιας υποθετικής αγοράς, σε αντίθεση με τις μεθόδους Ανάλυσης Κόστους Ταξιδιού και Αγορών Ωφέλιμων Χαρακτηριστικών, οι οποίες στηρίζονται στην πραγματική συμπεριφορά του καταναλωτή (π.χ. προτίμηση αγοράς κατοικίας σε περιοχή με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά περιβάλλοντος) και εκτιμούν την αξία του περιβαλλοντικού αγαθού συνδέοντάς το με πραγματικά καταναλωτικά αγαθά (π.χ. κατοικία, καύσιμα, κ.λπ.)

Ως βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου Υποθετικής Αξιολόγησης θεωρούνται

- (α) η δυνατότητα εφαρμογής στην αποτίμηση όχι μόνο της «αξίας χρήσης» αλλά και της «αξίας μη-χρήσης» ενός περιβαλλοντικού αγαθού
- (β) το ευρύ πεδίο εφαρμογής στην ανάλυση περιβαλλοντικών θεμάτων
- (γ) η δυνατότητα ex ante εφαρμογής για την αξιολόγηση προτεινόμενων επεμβάσεων στο περιβάλλον, αποτελώντας ουσιαστικό βοήθημα στη χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής
- (δ) η ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων, υπό προϋποθέσεις, αναφορικά με την εκτίμηση των διαφορετικών τύπων αξιών ενός αγαθού.

Η μέθοδος αξιοποιεί στοιχεία έρευνας με ερωτηματολόγια, τα οποία συγκεντρώνονται με τρεις τρόπους (α) τηλεφωνικά, (β) ταχυδρομικά (με συμβατικό και τελευταία με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο) και (γ) με κατά πρόσωπο συνεντεύξεις είτε σε σπίτι είτε σε ανοικτούς χώρους. Ιδιαίτερης σημασίας για την εφαρμογή της μεθόδου είναι: ο καθορισμός του πληθυσμού, η επιλογή του δείγματος και της μεθόδου δειγματοληψίας, ο καθορισμός του «σεναρίου», ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου και

η ορθή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της δειγματοληπτικής εργασίας. Η «καρδιά» της μεθόδου είναι το ερωτηματολόγιο και ειδικά η ερώτηση για την επιθυμία χρηματικής συνεισφοράς ή αποζημίωσης σε σχέση με το υπό διερεύνηση σενάριο.

Συνήθως το ερωτηματολόγιο παρέχει πληροφορίες στον ερωτώμενο σχετικά με ένα υποθετικό σχέδιο, ή αποκατάστασης μιας υφιστάμενης περιβαλλοντικής επίπτωσης είτε προστασίας του περιβάλλοντος από μια μελλοντική ζημιά. Ο βασικός κορμός της συνέντευξης πραγματεύεται το χρηματικό ποσό που προτίθεται να πληρώσει κάποιος προκειμένου να διαφυλάξει ή να αποκαταστήσει ένα περιβαλλοντικό αγαθό.

Η ερώτηση αναφορικά με το διατιθέμενο χρηματικό ποσό, εφόσον προτίθεται να πληρώσει κάποιος, μπορεί να τεθεί με πέντε διαφορετικούς τρόπους .

(α) σε ελεύθερη μορφή (open-ended).

Η ερώτηση έχει τη μορφή: «Πόσα χρήματα θέλετε να διαθέσετε για ...?» και ο ανταποκρινόμενος προσδιορίζει ελεύθερα το ποσό των χρημάτων.

(β) σε απλή προκαθορισμένη επιλογή (single-bound dichotomous-choice).

Η ερώτηση λαμβάνει τη μορφή: «Προτίθεστε να πληρώσετε X δρχ. για ...?» με το επίπεδο X να διαφοροποιείται μέσα στο δείγμα.

(γ) σε διπλή προκαθορισμένη επιλογή (double-bound dichotomous-choice).

Ο ερωτώμενος εφόσον απαντήσει θετικά στην μια ερώτηση της μορφής (β), ερωτάται εάν προτίθεται να πληρώσει ένα μεγαλύτερο, προκαθορισμένο πάντα, ποσό Y. Εάν απαντήσει αρνητικά στην πρώτη ερώτηση, ερωτάται αν προτίθεται να πληρώσει ένα ποσό Z, μικρότερο από το X.

(δ) σε τριπλή προκαθορισμένη επιλογή (triple-bound dichotomous-choice).

Αποτελεί επέκταση της προηγούμενης διαδικασίας κατά ένα γύρο.

(ε) σε επαναληπτική προσφορά (iterative bidding).

Η διαδικασία των επαναληπτικών επιλογών που δημιουργείται από τις, προκαθορισμένου ποσού, ερωτήσεις, επεκτείνεται από μια συμπληρωματική, αλλά ανοιχτής μορφής, ερώτηση. Η ελεύθερη ερώτηση τίθεται σε όλους τους ερωτώμενους, ανεξάρτητα από την απάντησή τους στις προκαθορισμένες επιλογές.

Εκτός από τη βασική ερώτηση για την πρόθεση χρηματικής συνεισφοράς στην περιβαλλοντική δράση, τα ερωτηματολόγια συγκεντρώνουν πληροφορίες για άλλα συναφή κατηγορικά δεδομένα, όπως: το οικογενειακό εισόδημα, τα μέλη που απαρτίζουν

το νοικοκυριό, την ηλικία, το φύλλο, το επίπεδο μόρφωσης, το επάγγελμα, την ελκυστικότητα του σχεδίου, την οικειότητα με το θέμα, κ.λπ. (Diamond et al., 1993).

Στη βάση αυτών των ερωτήσεων, μπορεί να πραγματοποιηθεί μια ανάλυση παλινδρόμησης δίνοντας μια εξίσωση της προθυμίας για πληρωμή του ερωτώμενου  $i$ , της γενικής μορφής (Cummins et al., 1986; Hanley, 1988; Kula, 1994):

$$WTP_i = f(Q_i, Y_i, T_i, S_i)$$

όπου  $WTP_i$  το προτιθέμενο ποσό πληρωμής

$Q_i$  η ποσότητα ή η ποιότητα του χαρακτηριστικού

$Y_i$  το εισόδημα

$T_i$  ο δείκτης προτίμησης

$S_i$  ομάδα σχετικών κοινωνικο-οικονομικών παραμέτρων

Στην συνήθη εφαρμογή της μεθόδου υπολογίζεται ο μέσος όρος της υποθετικής χρηματικής συνεισφοράς, ο οποίος πολλαπλασιάζεται με τον συνολικό αριθμό των ενδιαφερομένων (π.χ. των νοικοκυριών μιας  $\pi$  περιοχής), και εκτιμάται η ολική οικονομική αξία του περιβαλλοντικού αγαθού (21)

### 3.4 Έμμεσες Τεχνικές Οικονομικής Αποτίμησης

Μια διαφορετική προσέγγιση, που χρησιμοποιείται από την Ανάλυση Αγοράς Ωφέλιμων Χαρακτηριστικών και την Ανάλυση Κόστους Ταξιδιού, για την οικονομική αξιολόγηση της μεταβολής της ποιότητας του περιβάλλοντος, είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων, που στηρίζονται σε παρατηρήσεις της αγοράς των οικονομικών αγαθών.

Σύμφωνα με την κεντρική υπόθεση της μεθόδου, εάν η τιμή ενός όχι βασικού οικονομικού αγαθού, το οποίο συνδέεται άμεσα με το περιβαλλοντικό αγαθό που επιχειρείται να αποτιμηθεί, αυξηθεί στο άπειρο, θεωρώντας ως δεδομένες και σταθερές:

(α) τις τιμές των άλλων οικονομικών αγαθών

(β) το εισόδημα και

(γ) την ποιότητα του περιβάλλοντος

τότε μπορεί να προσδιοριστεί το πεπερασμένο όφελος καταναλωτή (Consumer Surplus).

Εάν το πείραμα επαναληφθεί, σε ένα διαφορετικό επίπεδο περιβαλλοντικής ποιότητας, θα ληφθεί μια νέα τιμή για το όφελος καταναλωτή. Η διαφορά, επομένως, μεταξύ των δύο τιμών, εφόσον όλες οι άλλες παράμετροι παραμένουν σταθερές, οφείλεται στην μεταβολή της περιβαλλοντικής ποιότητας (21).

### 3.5. Το περιβάλλον ως περιουσιακό στοιχείο

Το περιβάλλον εφοδιάζει την οικονομία με πρώτες ύλες, που μετασχηματίζονται σε καταναλωτικά προϊόντα μέσω της παραγωγικής διαδικασίας και ενέργεια που τροφοδοτεί το μετασχηματισμό αυτόν. Τελικά αυτές οι πρώτες ύλες και η ενέργεια επιστρέφουν στο περιβάλλον ως απόβλητα.

Το περιβάλλον, επίσης, παρέχει άμεσα υπηρεσίες προς τους καταναλωτές. Ο αέρας που αναπνέουμε, οι θρεπτικές ουσίες που λαμβάνουμε από τα τρόφιμα και τα ποτά και η προστασία που εξασφαλίζουμε από τη στέγαση και το ρουχισμό, όλα αυτά είναι οφέλη που παίρνουμε άμεσα ή έμμεσα από περιβάλλον. Επιπρόσθετα όποιος έχει βιώσει τη χαρά που προσφέρει η κωπηλασία με κανό, τη γαλήνη ενός μακρινού ταξιδιού στην άγρια φύση ή την ομορφιά ενός ηλιοβασιλέματος, θα παραδεχθεί ότι το περιβάλλον μας προσφέρει και πολλές απολαύσεις για τις οποίες δεν υπάρχει υποκατάστατο. Αν το περιβάλλον οριστεί αρκετά πλατιά, σχέση μεταξύ του περιβάλλοντος και του οικονομικού συστήματος μπορεί να θεωρηθεί ως κλειστό σύστημα.

Για του σκοπούς μας, κλειστό σύστημα είναι εκείνο στο οποίο δεν λαμβάνονται εισροές (ενέργεια, ύλες κ.τ.λ.) από τα έξω και δε μεταφέρονται εκροές έξω από αυτό. Αντίθετα, ανοικτό σύστημα είναι εκείνο που εισάγει ή εξάγει ύλες ή ενέργεια. Αν περιορίσουμε την έννοια της σχέσης ανάμεσα στο περιβάλλον και το οικονομικό σύστημα στον πλανήτη μας και την ατμόσφαιρα γύρω από αυτόν, τότε σαφώς δεν έχουμε ένα κλειστό σύστημα. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας μας το παίρνουμε άμεσα ή έμμεσα από τον ήλιο. Παρόλα αυτά, σε σχέση με την ιστορία της ανθρωπότητας, ως προς τις υλικές εισροές και εκροές (πλην της ενέργειας) το σύστημα αυτό μπορεί να θεωρηθεί κλειστό επειδή ο όγκος των εξαγωγών (όπως είναι τα εγκαταλελειμμένα διαστημικά σχήματα) και των εισαγωγών (π.χ. σεληνιακά πετρώματα) είναι αμελητέος. Το κατά πόσο το σύστημα παραμένει κλειστό εξαρτάται από το βαθμό στον οποίο η εξερεύνηση του διαστήματος ανοίγει το υπόλοιπο του ηλιακού μας συστήματος ως πηγή πρώτων υλών.

Η αντιμετώπιση του πλανήτη μας και του άμεσου περιβάλλοντός του ως κλειστού συστήματος έχει μια σημαντική συνέπεια, που συνοψίζεται στον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής, ότι δηλαδή η ενέργεια και η ύλη δεν μπορούν ούτε να δημιουργηθούν ούτε να καταστραφούν. Ο νόμος αυτός σημαίνει ότι οι υλικές εισροές που εισέρχονται στο οικονομικό σύστημα από το περιβάλλον πρέπει είτε να συσσωρεύονται μέσα στο οικονομικό σύστημα είτε να επιστρέφουν στο περιβάλλον ως απόβλητα. Όταν σταματά η συσσώρευση, η μάζα των υλικών εισροών στο οικονομικό σύστημα ισούται με τη μάζα των αποβλήτων που εισρέει στο περιβάλλον. Φυσικά, μια υπερβολική ποσότητα αποβλήτων μπορεί να μειώσει την αξία του περιβάλλοντος ως περιουσιακού στοιχείου.

Όταν οι ποσότητες των αποβλήτων υπερβαίνουν την απορροφητική ικανότητα της φύσης, τότε μειώνονται οι υπηρεσίες που αυτή μας παρέχει ως περιουσιακό στοιχείο. Ακόμη η σχέση ανθρώπου και περιβάλλοντος περιορίζεται από έναν άλλο φυσικό νόμο, το δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής. Γνωστός γενικά ως νόμος της εντροπίας, ο νόμος αυτός ορίζει ότι η εντροπία αυξάνεται. Εντροπία είναι η ποσότητα της ενέργειας που δεν είναι διαθέσιμη για παραγωγή έργου. Εφαρμοζόμενος σε διαδικασίες ενέργειας, ο νόμος αυτός σημαίνει ότι η μετατροπή ενός είδους ενέργειας σε άλλο δεν είναι ποτέ απόλυτα αποτελεσματική και ότι η κατανάλωση ενέργειας είναι μη αναστρέψιμη διαδικασία. Κάποια ποσότητα ενέργειας χάνεται πάντα κατά τη μετατροπή, ενώ η υπόλοιπη χάνεται οριστικά με τη χρησιμοποίησή της. Ο δεύτερος νόμος εξηγεί επίσης ότι αν δεν υπάρξουν νέες εισροές, η ενέργεια που διαθέτει κάθε κλειστό σύστημα τελικά θα εξαντληθεί. Αφού η ενέργεια είναι απαραίτητη για τη ζωή, η ζωή σταματά όταν πάψει να υπάρχει ενέργεια.

Πρέπει να θυμόμαστε ότι ο πλανήτης μας δεν είναι ούτε κατά προσέγγιση κλειστό σύστημα ως προς την ενέργεια, αφού παίρνουμε ενέργεια από την ήλιο. Ωστόσο ο νόμος της εντροπίας συνεπάγεται ότι η ροή αυτή ηλιακής ενέργειας έχει ένα ανώτατο όριο ως προς τη ροή της ενέργειας που μπορεί να αξιοποιηθεί. Όταν τα αποθέματα της αποθηκευμένης ενέργειας (όπως είναι τα καύσιμα και η πυρηνική ενέργεια) εξαντληθούν, η ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να αξιοποιηθεί θα καθορίζεται αποκλειστικά από τη ροή αυτή και από την ποσότητα που μπορεί να αποθηκευθεί. Έτσι σε πολύ μακροχρόνια προοπτική η διαδικασία της οικονομικής μεγέθυνσης θα περιοριστεί από τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας και από την ικανότητα μας να την αξιοποιήσουμε.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη σχέση μεταξύ του οικονομικού συστήματος και του περιβάλλοντος, μπορούμε να εφαρμόσουμε δύο διαφορετικούς τύπους οικονομικής ανάλυσης:

1. Η θετική οικονομική ανάλυση επιδιώκει να περιγράψει τι είναι, τι ήταν ή τι θα είναι. Στα πλαίσιά της, οι διαφωνίες συνήθως μπορούν να λυθούν προσφεύγοντας σε αντικειμενικά δεδομένα.
2. Η δεοντολογική οικονομική ανάλυση, αντίθετα, ασχολείται με το δέον. Οι διαφωνίες στα πλαίσια της αφορούν αξιολογικές κρίσεις. Η ουσία της στην οικονομική επιστήμη είναι η μεγιστοποίηση της αξίας του περιβάλλοντος ως περιουσιακού στοιχείου, δημιουργώντας μια ισορροπία μεταξύ της διατήρησης και της χρησιμοποίησης του στοιχείου αυτού. Προκειμένου να καθορίσουμε την ισορροπία αυτή, είναι αναγκαίο να αποδώσουμε κάποιο είδος αξίας στις διάφορες ροές υπηρεσιών που απολαμβάνουμε καθώς και στις αρνητικές επιδράσεις από τη χρήση του περιβάλλοντος ως αποδέκτη των αποβλήτων. Με την οικονομική οπτική αυτή είναι οπωσδήποτε ανθρωποκεντρική, με την έννοια ότι οι επιδράσεις στην οικόσφαιρα αξιολογούνται πάντα σε συνάρτηση με τις τελικές επιδράσεις τους στην ανθρωπότητα.

Αμφότεροι οι κλάδοι είναι χρήσιμοι. Ας υποθέσουμε π.χ. ότι θέλουμε να ακριβολογήσουμε σχετικά με τον τρόπο που το οικονομικό σύστημα αντιμετωπίζει το περιβάλλον ως περιουσιακό στοιχείο. Θα χρησιμοποιήσουμε τα θετικά οικονομικά για να περιγράψουμε τις ροές των υπηρεσιών και να δείξουμε πως οι αυτές οι ροές θα επηρεάζονταν από μια αλλαγή στο σύστημα (όπως είναι η ανακάλυψη μιας νέας παραγωγικής διαδικασίας). Η θετική ανάλυση, ωστόσο, δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να μας δώσει κάποια κατεύθυνση στο ερώτημα αν οι ροές αυτές είναι βέλτιστες. Η αξιοποίηση αυτή αναγκαστικά θα προέρχεται από τη δεοντολογική οικονομική (22).



#### 4. ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ του Sir NICHOLAS STERN



Εικόνα 4-1: Φωτογραφία του Sir NICHOLAS STERN

Πηγή: <http://www.thefirstpost.co.uk/index.php?storyID=1910>

Ο Sir NICHOLAS STERN γεννήθηκε στις 22/04/1946 και είναι οικονομολόγος. Υπήρξε πανεπιστημιακός δάσκαλος για πολλά χρόνια (συγκεκριμένα) : Λέκτορας στο University of Cambridge το διάστημα 1970-'07. Καθηγητής Οικονομικών στο University of Warwick το διάστημα 1978-'87 και στο London School of Economics and Political Science το διάστημα 1986-'97 στο οποίο και επέστρεψε το 2000 . Έχει συγγράψει πολυάριθμα βιβλία (ενδεικτικά αναφέρονται τα : *Palanpur: the economy of an Indian village*, 1982 και *The theory of taxation for developing countries*, 1987) και επιστημονικά άρθρα. Την δεκαετία του 1990 διετέλεσε Ειδικός Σύμβουλος του Προέδρου της Ευρωπαϊκής Τράπεζας για την Ανακατασκευή και Ανάπτυξη, από την οποία απεχώρησε για να διατελέσει υψηλόβαθμο στέλεχος της Παγκόσμιας Τράπεζας στην Washington DC το 2000. Από το 2003 είναι σύμβουλος του πρώην Υπουργού Οικονομικών της Μεγάλης Βρετανίας, Gordon Brown, ως επικεφαλής της Κυβερνητικής Οικονομικής Υπηρεσίας .Το 2004 διετέλεσε Διευθυντής Πολιτικής και Έρευνας της Επιτροπής για την Αφρική. Η έκθεση της επιτροπής δημοσιεύτηκε το 2005 και αποτέλεσε το υπόβαθρο για την Σύσκεψη του Gleneagles. Τον Ιούλιο του 2005 του ανατέθηκε να μελετήσει τις επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στην οικονομία. Η έκθεση Στερν δημοσιεύθηκε στις 30 Οκτωβρίου 2006. Από τον Ιούλιο του 2007 ανήκει στα στελέχη της HSBC ως Special Adviser to the Chairman on Economic Development and Climate Change (25,26,27,28).

## 5. Η ΕΚΘΕΣΗ STERN

### 5.1.Εισαγωγή

Η έκθεση Stern απαρτίζεται από 6 τμήματα, ένα υστερόγραφο με τεχνικό παράρτημα και από ένα τεχνικό παράρτημα του κεφαλαίου 7. Το πρώτο τμήμα πραγματεύεται την προσέγγιση των συντακτών της έκθεσης στις κλιματικές αλλαγές και αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Εισαγωγή
- Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Η επιστήμη της κλιματικής αλλαγής
- Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Η οικονομική και η ηθική πλευρά των κλιματικών αλλαγών
- Παράρτημα του 2<sup>ου</sup> κεφαλαίου : Η ηθική διάρθρωση και η διαχρονική κατανομή ωφελειών.

Το δεύτερο τμήμα πραγματεύεται τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στην ανάπτυξη και την εξέλιξη και αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Εισαγωγή
- Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Πως οι κλιματικές αλλαγές θα επηρεάσουν τους ανθρώπους σε όλον τον κόσμο.
- Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Οι συνέπειες των κλιματικών αλλαγών στην εξέλιξη.
- Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Το κόστος των κλιματικών αλλαγών για τις ανεπτυγμένες χώρες.
- Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Οικονομικά μοντέλα των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών.

Το τρίτο τμήμα πραγματεύεται την οικονομία της σταθεροποίησης και αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Εισαγωγή
- Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Προβάλλοντας την αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.
- Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>: Η πρόκληση της σταθεροποίησης.
- Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Κατανοώντας το κόστος της ύφεσης.
- Κεφάλαιο 10<sup>ο</sup>: Μακροοικονομικά μοντέλα κόστους.
- Κεφάλαιο 11<sup>ο</sup>: Δομικές αλλαγές και ανταγωνιστικότητα.
- Κεφάλαιο 12<sup>ο</sup>: Ευκαιρίες και ευρύτερα ευεργετήματα από τις πολιτικές για τις κλιματικές αλλαγές.

- Κεφάλαιο 13<sup>ο</sup>: Ορίζοντας έναν στόχο για τις πολιτικές και για τις κλιματικές αλλαγές.

Το τέταρτο τμήμα πραγματεύεται τις πολιτικές για την ύφεση και αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Εισαγωγή
- Κεφάλαιο 14<sup>ο</sup>: Η τιθάσευση των αγορών για τη μείωση των εκπομπών.
- Κεφάλαιο 15<sup>ο</sup>: Οι αγορές του άνθρακα σε δράση.
- Κεφάλαιο 16<sup>ο</sup>: Επιταχύνοντας τις τεχνολογικές καινοτομίες.
- Κεφάλαιο 17<sup>ο</sup>: Ξεπερνώντας τις αγορές του άνθρακα και την τεχνολογία.

Το πέμπτο τμήμα πραγματεύεται τις πολιτικές για την προσαρμογή και αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Εισαγωγή
- Κεφάλαιο 18<sup>ο</sup>: Κατανοώντας την οικονομία της προσαρμογής.
- Κεφάλαιο 19<sup>ο</sup>: Πολιτικές προσαρμογής: βασικές αρχές και εφαρμογή στον ανεπτυγμένο κόσμο.
- Κεφάλαιο 20<sup>ο</sup>: Ο ρόλος της προσαρμογής στην αειφόρο ανάπτυξη.

Το έκτο τμήμα ασχολείται με τη διεθνή συλλογική δράση απέναντι στις κλιματικές αλλαγές και αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Εισαγωγή
- Κεφάλαιο 21<sup>ο</sup> : Το πλαίσιο για την κατανόηση της διεθνούς συλλογικής δράσης για τις κλιματικές αλλαγές.
- Κεφάλαιο 22<sup>ο</sup>: Η δημιουργία μιας παγκόσμιας τιμής για τον άνθρακα.
- Κεφάλαιο 23<sup>ο</sup>: Στηρίζοντας τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλής κατανάλωσης άνθρακα στις αναπτυσσόμενες χώρες.
- Κεφάλαιο 24<sup>ο</sup> : Προάγοντας μια αποτελεσματική διεθνή σύμπραξη για την τεχνολογία.
- Κεφάλαιο 25<sup>ο</sup>: Αναστρέφοντας τις εκπομπές από την αλλαγή χρήσης της γης.
- Κεφάλαιο 26<sup>ο</sup>: Διεθνής στήριξη για την προσαρμογή.
- Κεφάλαιο 27<sup>ο</sup>: Οικοδόμηση μίας διεθνούς σύμπραξης για τις κλιματικές αλλαγές (29).

## 5.2 Επιμέρους σημεία της Έκθεσης

Η Έκθεση διαπιστώνει ότι υπάρχει ακόμη χρόνος για να αποφύγουμε τις χειρότερες επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών, αν ενεργήσουμε άμεσα. Οι επιστημονικές αποδείξεις είναι αδιαμφισβήτητες: οι κλιματικές αλλαγές αποτελούν μια σοβαρή παγκόσμια απειλή και απαιτούν άμεση αντίδραση. Η Έκθεση αποτίμησε μια ευρεία εμβέλεια αποδείξεων σχετικών με τις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος καθώς και το οικονομικό κόστος αυτής και χρησιμοποίησε ποικίλες και διαφορετικές τεχνικές εκτίμησης κόστους και κινδύνων. Τα στοιχεία που συνέλεξε η Έκθεση οδηγούν σε ένα απλό συμπέρασμα: τα πλεονεκτήματα της αποφασιστικής και έγκαιρης δράσης ξεπερνούν το οικονομικό κόστος της αδράνειας. Οι κλιματικές μεταβολές θα επηρεάσουν τα βασικά στοιχεία της ζωής των ανθρώπων σε όλον τον κόσμο: την πρόσβαση στο νερό, την παραγωγή τροφής, την υγεία και το περιβάλλον. Εκατοντάδες εκατομμύρια άνθρωποι θα υποφέρουν από πείνα, έλλειψη νερού και πλημμύρες κατά μήκος των ακτών καθώς ο πλανήτης θα θερμαίνεται (30).

Η Έκθεση προειδοποιεί πως αν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα, υπάρχει πιθανότητα 50% να οδηγηθούμε σε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 5 °C σε σχέση με τα επίπεδα της προ-βιομηχανικής εποχής, μια κατάσταση η οποία θα μετασχηματίσει δραστικά τόσο την φυσική όσο και την ανθρώπινη γεωγραφία (το πού και πώς ζουν οι άνθρωποι). Η Έκθεση εκτιμά πως το κόστος από την μη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής θα είναι ισοδύναμο με τουλάχιστον 5% και μέχρι 20% του παγκόσμιου ΑΕΠ κάθε χρόνο.

Αντίθετα, το κόστος των απαραίτητων δράσεων για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προκειμένου να αποφευχθούν καταστροφικές επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή μπορεί να περιοριστεί σε μόλις 1% του παγκόσμιου ΑΕΠ. Μάλιστα στο πιο ευνοϊκό σενάριο θα υπάρχει αύξηση του προβλεπόμενου παγκόσμιου ΑΕΠ ενώ δεν συνυπολογίζονται ενδεχόμενα παράπλευρα οφέλη όπως για παράδειγμα από την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (31,32).

Οι επενδύσεις που θα γίνουν τα επόμενα 10 - 20 χρόνια θα επηρεάσουν σημαντικά το κλίμα κατά το δεύτερο μισό αυτού του αιώνα και κατά τον επόμενο. Οι πράξεις μας, τώρα και κατά τη διάρκεια των δεκαετιών που ακολουθούν, εγκυμονούν τον κίνδυνο μιας σοβαρής διαταραχής της οικονομικής και κοινωνικής δραστηριότητας,

παρόμοια με αυτήν που δημιουργήθηκε κατά τους δύο Παγκόσμιους Πολέμους και κατά την οικονομική ύφεση του πρώτου μισού του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Η επανάκαμψη θα είναι δύσκολη ή / και αδύνατη. Είναι εμφανές, επομένως, ότι απαιτούνται άμεσες και αποφασιστικές ενέργειες. Επειδή η αλλαγή του κλίματος είναι παγκόσμιο φαινόμενο, η αντίδραση σε αυτήν θα πρέπει να είναι Διεθνής. Πρέπει να βασίζεται σε μία κοινή ενόραση των μακροπρόθεσμων στόχων και σε συμφωνία για το πλαίσιο εργασίας που θα επιταχύνει τις δράσεις κατά την επόμενη δεκαετία και θα πρέπει να στηριχθεί σε αμοιβαίες ενισχυτικές προσεγγίσεις σε Εθνικό, Περιφερειακό και Διεθνές επίπεδο.

Η αλλαγή του κλίματος θα επηρεάσει όλες τις χώρες. Οι πιο ευάλωτες, οι φτωχότερες χώρες και πληθυσμοί, θα υποφέρουν πιο γρήγορα και πιο πολύ, παρόλο που συνέβαλαν ελάχιστα στις αιτίες των κλιματικών αλλαγών. Το κόστος των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι πλημμύρες, οι ξηρασίες και οι καταγίδες είναι, ήδη, αυξημένο και για τις πλούσιες χώρες. Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, δηλαδή η λήψη μέτρων για να δομηθεί ανθεκτικότητα και να ελαχιστοποιηθούν τα έξοδα, είναι απαραίτητη. Η αποφυγή των κλιματικών αλλαγών που θα επέλθουν στις επόμενες δύο ή τρεις δεκαετίες δεν είναι πλέον εφικτή. Είναι, όμως, ακόμη εφικτή σε κάποιο βαθμό η προστασία των κοινωνιών μας και των οικονομιών από τις επιπτώσεις των αλλαγών αυτών, επί παραδείγματι παρέχοντας καλύτερη πληροφόρηση ή επιλέγοντας πιο ανθεκτικές στο κλίμα καλλιέργειες και έργα υποδομής. Η προσαρμογή θα κοστίσει μόνο στις αναπτυσσόμενες χώρες δισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο και θα επιφέρει ένα επιπλέον βάρος στους ήδη εν ανεπάρκεια πόρους. Οι προσπάθειες για την προσαρμογή θα πρέπει να επιταχυνθούν, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες (30).

Προκειμένου να έχουμε σημαντική πιθανότητα αποφυγής καταστροφικών αλλαγών, η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα πρέπει να σταθεροποιηθεί μεταξύ 450ppm και 550ppm CO<sub>2</sub>e. Το σημερινό επίπεδο είναι 430ppm CO<sub>2</sub>e και αυξάνεται κάθε χρόνο περισσότερο από 2ppm. Η σταθεροποίηση με αυτούς τους ρυθμούς απαιτεί οι εκπομπές των ρύπων να μειωθούν τουλάχιστον κατά 25% μέχρι το 2050, ίσως και περισσότερο.

Τελικά, η σταθεροποίηση, σε οποιοδήποτε επίπεδο, απαιτεί ετήσιες μειώσεις των παγκόσμιων εκπομπών κατά 80% κάτω από τα σημερινά επίπεδα. Αυτό αποτελεί μια σημαντική πρόκληση, αλλά οι μακροπρόθεσμα βιώσιμες ενέργειες μπορούν να το

επιτύχουν με κόστος που είναι συγκριτικά χαμηλότερο από τους κινδύνους που ενέχει η έλλειψη δράσης. Η εκτίμηση του ετήσιου κόστους για να επιτευχθεί η σταθεροποίηση ανάμεσα στα 500ppm και 550ppm CO<sub>2</sub>e είναι γύρω στο 1% του παγκόσμιου ΑΕΠ., αν κινηθούμε αποφασιστικά τώρα. Το κόστος μπορεί να είναι ακόμη χαμηλότερο αν η αποτελεσματικότητα επιφέρει οφέλη ή αν συνυπολογισθούν τα ισχυρά παράλληλα οφέλη, όπως η μείωση της ρύπανσης του αέρα. Το κόστος θα αυξηθεί αν η μετάβαση στις τεχνολογίες χαμηλής χρήσης άνθρακα είναι βραδύτερη από την αναμενόμενη ή αν οι αρμόδιοι για την χάραξη πολιτικής δεν επιτύχουν να εκμεταλλευτούν εκείνα τα οικονομικά μέτρα που επιτρέπουν τη μείωση των εκπομπών όποτε, όπου και με οποίον τρόπο είναι φθηνότερο να γίνει.

Ο στόχος της σταθεροποίησης στα 450ppm CO<sub>2</sub>e είναι δύσκολος και πολυέξοδος. Αν καθυστερήσουμε η ευκαιρία να επιτύχουμε σταθεροποίηση 500ppm - 550ppm CO<sub>2</sub>e θα χαθεί. Το κόστος των ενεργειών δεν μοιράζεται με ίσους όρους σε όλους τους τομείς ή σε όλον τον κόσμο. Ακόμη και αν οι εύπορες χώρες αναλάβουν την ευθύνη της διακοπής των εκπομπών μέχρι και το 60-80%, οι αναπτυσσόμενες χώρες θα πρέπει και αυτές να αναλάβουν δράση, χωρίς όμως να απαιτείται από αυτές να σηκώσουν όλο το οικονομικό βάρος αυτών των δράσεων μόνες τους (30).

Στο **δεύτερο μέρος** της, η Έκθεση εξετάζει τις προκλήσεις που η μετάβαση σε μια κοινωνία μειωμένων εκπομπών θέτει στις εθνικές και διεθνείς πολιτικές. Τρία είναι τα στοιχεία των απαραίτητων πολιτικών προκειμένου αυτές να είναι αποτελεσματικές:

1. Εισαγωγή κόστους στις εκπομπές μέσα από κατάλληλη φορολόγηση, εφαρμογή συστημάτων εμπορίας εκπομπών και/ή ρυθμιστικά πλαίσια. Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί **μια παγκόσμια τιμή εκπομπών** (ενός τόνου ισοδύναμου CO<sub>2</sub>) για όλες τις χώρες και τους τομείς. Η βλάβη που προκαλούμε με κάθε τόνο διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπουμε ισοδυναμεί με 85 δολάρια τουλάχιστον, αλλά το κόστος αυτό το αγνοούν σήμερα στις αποφάσεις τους τόσο οι επενδυτές όσο και οι καταναλωτές, αφού δεν περιλαμβάνεται στην τιμή που πληρώνουν. Επιδίωξη θα πρέπει να είναι να σχηματισθεί μια ενιαία παγκόσμια τιμή για όλους τους κλάδους. Υψηλοί στόχοι μείωσης των εκπομπών στις πλούσιες χώρες θα αποδέσμευαν δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια κάθε χρόνο, για να υποστηριχθεί η μετάβαση σε ηπιότερα αναπτυξιακά πρότυπα.

**2. Τεχνολογική πολιτική** που θα ενισχύει την ανάπτυξη και εγκατάσταση σε μεγάλη κλίμακα προϊόντων χαμηλών εκπομπών και υψηλής αποδοτικότητας. Σε παγκόσμια κλίμακα, η χρηματοδότηση της έρευνας για την ενέργεια θα πρέπει τουλάχιστον να διπλασιασθεί και για την ανάπτυξη τεχνολογιών χαμηλών καύσεων να πενταπλασιασθεί. Οι τομείς αυτοί μπορούν να ανοίξουν νέες μεγάλες δυνατότητες για οικονομική ανάπτυξη.

**3. Απομάκρυνση εμποδίων για εξοικονόμηση ενέργειας** καθώς και ενημέρωση και εκπαίδευση του κοινού σχετικά με το τι μπορούν και πρέπει να κάνουν οι ίδιοι. Η κοινή κατανόηση του προβλήματος είναι προϋπόθεση για να αλλάξουν οι ατομικές συμπεριφορές, αλλά και για να στηριχθούν πολιτικές σε εθνική και διεθνή κλίμακα.

Η έκθεση Στέρν υπογραμμίζει, τέλος, την ανάγκη άμεσης δράσης για να σταματήσει η καταστροφή των φυσικών δασών της γης, την ένταξη της διάστασης του κλίματος στις πολιτικές για την ανάπτυξη των φτωχότερων χωρών, των πιο ευάλωτων στις επερχόμενες αλλαγές, και την ενίσχυση των πολιτικών αυτών (31,32).

### 5.3. Οι αντιδράσεις του Διεθνούς τύπου

Οι μεγαλύτερες Ελληνικές εφημερίδες αναφέρθηκαν διεξοδικά στην Έκθεση Στέρν. Ενδεικτικά αναφέρονται μερικά από τα **άρθρα** που δημοσιεύθηκαν στο διαδίκτυο.

#### 5.3.1 Ελευθεροτυπία: **SOS ο πλανήτης Γη χρεοκοπεί.**

Έκθεση Βρετανών οικονομολόγων και του ΟΗΕ για το περιβάλλον μιλά για οικονομικά χρέη 5,5 τρισ. Ευρώ. Παγκόσμια οικονομική ύφεση «καταστροφικής έκτασης», ύψους έως και 5,5 τρισ. ευρώ, ενδέχεται να προκαλέσει η αύξηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη, λόγω της εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου, προειδοποιεί σε έκθεσή του ο σερ Νίκολας Στέρν, πρώην επικεφαλής των οικονομολόγων της Παγκόσμιας Τράπεζας.

Σύμφωνα, επίσης, με παράλληλη παρουσίαση έκθεσης του ΟΗΕ, στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες η τάση στις εκπομπές αερίων τού θερμοκηπίου, που έφθασαν σε επίπεδα-ρεκόρ το 2004, είναι αυξητική, πέμπτη στην παγκόσμια κατάταξη αναδεικνύεται η Ελλάδα. **«Πρέπει να αναληφθεί δράση τώρα, αλλιώς η παγκόσμια οικονομία θα επιβραδυνθεί σημαντικά»**, δήλωσε ο Νίκολας Στέρν από το Λονδίνο

στην παρουσίαση της έρευνάς του, που εκπονήθηκε στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής πολιτικής της κυβέρνησης Μπλερ. Την έρευνα είχε παραγγείλει στις αρχές του 2005 η βρετανική κυβέρνηση, για να εκτιμήσει τις οικονομικές συνέπειες που θα είχε η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη στη Βρετανία και, τον κόσμο ως το 2100. Εκτιμάται ότι με τη δημοσιοποίησή της η Βρετανία «ενισχύει τη σύγκρουσή της» με τις ΗΠΑ και την Κίνα στα θέματα προστασίας του περιβάλλοντος.

Το αποτέλεσμα της έκθεσης, που ξεπερνά τις 700 σελίδες, είναι ανησυχητικό: για να καταπολεμήσουν την άνοδο της θερμοκρασίας, οι χώρες θα πρέπει να αφιερώσουν στην προσπάθεια αυτή το **1% του παγκόσμιου ΑΕΠ**, αλλά, εάν παραμείνουν απαθείς, το **κόστος** μπορεί να είναι **πενταπλάσιο** ως **εικοσαπλάσιο** του ποσού αυτού. «Και δυστυχώς», όπως υπογραμμίζει ο διαπρεπής οικονομολόγος, «οι αναπτυσσόμενες χώρες είναι αυτές που θα πληγούν πρώτες». «Η έκθεση Στέρν θα πρέπει να μελετηθεί σε όλον τον πλανήτη. Είναι ο λόγος για τον οποίο ο κόσμος πρέπει να δράσει τώρα, ώστε να περιορίσει τις ζημιές που προκαλούμε στον πλανήτη μας. Δεν υπάρχει τίποτε σοβαρότερο, τίποτε πιο επείγον, τίποτε που να απαιτεί περισσότερες αποφάσεις», αναφέρει ο **Μπλερ** σε ανοικτή επιστολή, που δημοσιεύθηκε στη βρετανική εφημερίδα «**Sun**».

Σύμφωνα με την έκθεση Στέρν, τα πρώτα βήματα αντίδρασης των κυβερνήσεων θα πρέπει να είναι η παγκόσμια τιμολόγηση των εκπομπών του άνθρακα, η διεύρυνση του Ευρωπαϊκού Συστήματος Εμπορίας Εκπομπών του Άνθρακα (EETS), ώστε να συμμετέχουν σε αυτό οι ΗΠΑ, η Κίνα και η Ινδία, καθώς και νέοι στόχοι μείωσης των εκπομπών κατά 30% μέχρι το 2020 και 60% μέχρι το 2050.

Θέλοντας να δείξει αποφασιστική δέσμευση στην αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών ή ίσως και την έντονη δυσαρέσκειά του για την περιβαλλοντική πολιτική της κυβέρνησης Μπούς, ο Μπλερ προσέλαβε ως ειδικό σύμβουλο τον Αμερικανό πρώην αντιπρόεδρο Άλ Γκόρ, που ύστερα από την ήττα του στις προεδρικές εκλογές του 2000 δραστηριοποιείται έντονα για την προστασία του περιβάλλοντος (33).



### **5.3.2 Κέρδος: Η παγκόσμια οικονομία κινδυνεύει από την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.**

Αν δεν αναχαιτισθεί, η αύξηση της θερμοκρασίας θα επιφέρει μια «πολύ σοβαρή επιβράδυνση» της παγκόσμιας οικονομίας, δήλωσε ο σερ Στέρν στη διάρκεια συνέντευξης Τύπου αφιερωμένης στη δημοσίευση της έκθεσης που φέρει το όνομά του. Πρόκειται για «τη σημαντικότερη έκθεση για το μέλλον που έχω λάβει από τότε που έγινα πρωθυπουργός» αναφέρει ο κ. Μπλερ σε ανοικτή επιστολή του η οποία δημοσιεύθηκε χθες από την εφημερίδα «The Sun», που έχει τη μεγαλύτερη κυκλοφορία στη χώρα. «Η έκθεση Στέρν θα πρέπει να μελετηθεί σε όλο τον πλανήτη ως η τελευταία λέξη όσον αφορά τον λόγο για τον οποίο ο κόσμος πρέπει να δράσει τώρα για να περιορίσει τις ζημιές που προκαλούμε στον πλανήτη μας», προσθέτει ο πρωθυπουργός κ. Μπλερ.

Σύμφωνα με τον σερ Στέρν, οι φτωχότερες χώρες είναι αυτές που θα πληγούν πρώτες, αλλά «είναι σωστό οι πλούσιες χώρες να πληρώσουν λίγο περισσότερο» απ' ό,τι τους αναλογεί από το 1% του ΑΕΠ που είναι απαραίτητο να διατεθεί για να αντιμετωπιστεί η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη. Μιλώντας κατά την παρουσίαση της έκθεσης στο Λονδίνο, ο Βρετανός πρωθυπουργός κ. Μπλερ υπογράμμισε πως οι επιστημονικές αποδείξεις ότι η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από τα αέρια του θερμοκηπίου «είναι τώρα συντριπτικές», «Δεν υπάρχει δε αμφιβολία», πρόσθεσε ο κ. Μπλερ, «πως οι συνέπειες για τον πλανήτη μας θα είναι κυριολεκτικά καταστροφικές» σε ένα κοντινό μέλλον. «Δεν υπάρχει τίποτε σοβαρότερο, τίποτε πιο επείγον, τίποτε που να απαιτεί περισσότερες αποφάσεις», πρόσθεσε. Οι αποφάσεις αυτές πρέπει να είναι παγκόσμιες, τόνισε ο Βρετανός πρωθυπουργός. Αν η Βρετανία σταματούσε σήμερα κάθε ρύπανση, εξήγησε, η οικονομία που θα γινόταν σε όρους εκπομπών ρύπων θα ακυρωνόταν σε λιγότερο από δύο χρόνια μόνο και μόνον εξαιτίας της ανάπτυξης της Κίνας (34).

### **5.3.3. Το Βήμα on line: Τα γεγονότα του μέλλοντος.**

Όταν κάνουμε την επισκόπηση των γεγονότων της χρονιάς, η οποία μόλις έχει περάσει, θα ήταν καλό να ξεχωρίζουμε τα γεγονότα σε αυτά που έχουν κλείσει τον κύκλο τους και σε εκείνα που ανοίγουν μελλοντικές προοπτικές ή κρύβουν ακόμη και απειλές. Τα πρώτα μπορεί να έχουν απασχολήσει έντονα την κοινή γνώμη αλλά έπειτα από λίγο καιρό σβήνουν από τη συλλογική μνήμη, τα δεύτερα όμως αντιπροσωπεύουν προκλήσεις για το μέλλον και εμπεριέχουν δυνάμει τα σπέρματα ριζικών αλλαγών ή καθοριστικών συνεπειών για όλη την ανθρωπότητα. Θα ήθελα να σταθώ σε τρία τέτοια γεγονότα του 2006, που μπορεί να τράβηξαν λίγο ή πολύ τα φώτα της δημοσιότητας, αλλά, νομίζω, δεν αναδείχθηκε δεόντως η παγκόσμια σημασία τους.

Το δεύτερο γεγονός αφορά την έκθεση για την αλλαγή του κλίματος του Νίκολας Στέρν, την οποία εκπόνησε για λογαριασμό της βρετανικής κυβέρνησης. Η σπουδαιότητα αυτής της έκθεσης συνίσταται στο ότι, πρώτη φορά, προβάλλεται τεκμηριωμένα η συνάρτηση της κλιματικής μεταβολής με την οικονομία. Ο Στέρν υπολόγισε ότι δίχως κάποια δραστική αντιμετώπιση του προβλήματος του θερμοκηπίου διακόσια εκατομμύρια άνθρωποι θα καταλήξουν πρόσφυγες καθώς τα σπίτια τους θα πληγούν από πλημμύρες ή την ξηρασία. Η πρόβλεψη της έκθεσης ότι αν η παγκόσμια οικονομία αντιμετωπίσει τώρα το περιβαλλοντικό πρόβλημα θα χρειαστεί να ξοδέψει μόνο μία ποσοστιαία μονάδα του ΑΕΠ της (όσο δηλαδή και το κόστος της διαφήμισης παγκοσμίως) ενώ σε λίγα χρόνια θα απαιτείται το πενταπλάσιο ως και το εικοσαπλάσιο ποσοστό ενδέχεται να συγκινήσει τους οικονομικούς ιθύνοντες του πλανήτη, δεδομένου ότι, **πρώτη φορά, συνδέεται τόσο συγκεκριμένα η οικολογική με την οικονομική καταστροφή.**

Από την έκθεση προκύπτει και η διαπίστωση ότι η αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής κρίσης προϋποθέτει κόστος, αλλαγή ατομικής νοοτροπίας και συνεργασία σε οικουμενικό επίπεδο, αναδεικνύοντας μια άλλη πτυχή της σχέσης τοπικότητας και παγκοσμιότητας. Δεν αρκεί, δηλαδή, οι ευρωπαϊκές χώρες να ανταποκριθούν στους στόχους μείωσης των ρύπων αλλά πρέπει και οι πολίτες να προσαρμοστούν αλλάζοντας καθημερινές συνήθειες ή χώρες, όπως η Κίνα και η Ινδία, να αντιληφθούν την έκταση του προβλήματος και να πάρουν μέτρα.

**Διεθνής τύπος :**

#### 5.3.4. Financial Times: Υπολογίζοντας το κόστος στην οικονομία από το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το τίμημα του αμερικανικού «εθισμού στο πετρέλαιο» δεν περιορίζεται μόνο στην εξάρτηση από πολιτικώς ασταθή κράτη όπως ανέφερε, την προηγούμενη εβδομάδα, ο πρόεδρος Τζορτζ Μπους. Σύμφωνα με τους μεγαλύτερους κλιματολόγους του κόσμου, η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα οδηγεί σε μια καταστροφική αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, η οποία μπορεί να μας κοστίσει πολύ ακριβά. Ωστόσο, αντίθετα με ό,τι ίσως θα περίμενε κανείς, η απειλή αυτή δεν φαίνεται να απασχολεί, τουλάχιστον όχι όσο θα έπρεπε, τον κόσμο και τις κυβερνήσεις. Το κόστος των μέτρων που πρέπει να ληφθούν φαίνεται υπερβολικά υψηλό, τη στιγμή, μάλιστα, που η απειλή αυτή δεν είναι ούτε άμεση, ούτε εύκολο να ποσοτικοποιηθεί.

Για να πειστούν τα άτομα και οι επιχειρήσεις να λάβουν τα μέτρα που χρειάζονται για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής που προκαλείται από την οικονομική δραστηριότητα χρειάζεται ένα οικονομικό επιχείρημα. Όμως, πώς μπορεί να τιμολογήσει κανείς το κλίμα και τις καταστροφές που μπορεί να επιφέρει η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Την απάντηση καλείται να δώσει ένας νέος κλάδος των Οικονομικών Επιστήμων, τα Οικονομικά του Περιβάλλοντος. Ωστόσο, το έργο του συγκεκριμένου επιστημονικού πεδίου παρουσιάζει τεράστιο βαθμό δυσκολίας. Στο μεγαλύτερο μέρος της, η θεωρία των Οικονομικών ασχολείται με θέματα που είναι σχετικώς βραχυπρόθεσμα ή εθνικά. Οι οικονομολόγοι δυσκολεύονται να κάνουν ακριβείς προβλέψεις για το επόμενο έτος, πόσο μάλλον για 100 χρόνια μετά. Όμως, τα Οικονομικά του Περιβάλλοντος καταπιάνονται, αναγκαστικά, με μια πληθώρα αβεβαιοτήτων, επιστημονικών και πολιτικών, για μια τεράστια χρονική περίοδο.

Επιπλέον, τα περιβαλλοντικά αγαθά, καθαρός αέρας και νερό, ένα σταθερό κλίμα, σπανίως λαμβάνονται υπόψη στις συνήθεις οικονομικές αναλύσεις. Για το λόγο αυτό, τα Ηνωμένα Έθνη άρχισαν να προωθούν την ιδέα του «φυσικού κεφαλαίου», ως έναν τρόπο υπολογισμού της αξίας των περιβαλλοντικών αγαθών, ώστε να μπορούν να περιλαμβάνονται στις εξισώσεις των οικονομολόγων. Ο Κλάους Τέπφερ, διευθυντής του Περιβαλλοντικού Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών, αναφέρει σχετικά: «Τα αγαθά και οι υπηρεσίες που παρέχει η φύση, συμπεριλαμβανομένων της ατμόσφαιρας, των

δασών, των ποταμών, των υγρότοπων και των κοραλλιογενών υφάλων, αξίζουν τρισεκατομμύρια δολάρια. Όταν καταστρέφουμε το φυσικό κεφάλαιο, δεν υποσκάπτουμε μόνο τα συστήματα υποστήριξης της ζωής μας, αλλά και την οικονομική βάση για τις σημερινές και τις μελλοντικές γενιές. Οι στοχευμένες επενδύσεις σε αυτό το φυσικό κεφάλαιο έχουν υψηλή απόδοση σε ό,τι αφορά την ανάπτυξη».

Η Βρετανία μπορεί να υπερηφανεύεται ότι βρίσκεται στην πρώτη γραμμή των εξελίξεων, εν μέρει χάρη στην απόφαση του υπουργού Οικονομικών της, Γκόρντον Μπράουν, να ζητήσει από τον Σερ Νίκολας Στέρν, πρώην επικεφαλής οικονομολόγο της Παγκόσμιας Τράπεζας και υψηλόβαθμο στέλεχος του βρετανικού υπουργείου Οικονομικών, μια επισκόπηση των οικονομικών της κλιματικής αλλαγής. Η έκθεση του κ. Στέρν θα παρέχει μια γενική εικόνα των οικονομικών κινδύνων και των πιθανών οφελών που προκύπτουν από την αλλαγή του κλίματος και θα εκτιμά κατά πόσο είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν με οικονομικά μέσα.

Τα ευρήματα της μελέτης θα αποτελέσουν τη βάση για τις συνομιλίες που αρχίζουν φέτος στον ΟΗΕ σχετικά με το μέλλον του πρωτοκόλλου του Κιότο. «Πρόκειται για ένα διεθνές πρόβλημα που απαιτεί συλλογική αντιμετώπιση», ανέφερε, την προηγούμενη εβδομάδα ο κ. Στέρν σε διάλεξή του στο Oxford Institute for Economic Policy, επισημαίνοντας ότι το πρώτο βήμα ήταν να πεισθούν όλες οι ενδιαφερόμενες κυβερνήσεις για την ανάγκη ανάληψης κατεπείγουσας δράσης.

Το πόσο δύσκολο είναι να υπάρξει συναίνεση σε διεθνές επίπεδο φαίνεται και από την ιστορία του πρωτοκόλλου του Κιότο, το οποίο έχει απορριφθεί από τις κυβερνήσεις των Η.Π.Α και της Αυστραλίας, ύστερα από πολλές καθυστερήσεις και διαφωνίες. Κάποιες χώρες, όπως οι Η.Π.Α, έχουν αποφασίσει ότι το κόστος της συμμόρφωσης προς το πρωτόκολλο του Κιότο είναι υπερβολικά υψηλό.

Ωστόσο, όπως επισημαίνει ο Τζόναθαν Κέλερ του Τμήματος Εφαρμοσμένης Οικονομικής του Κέμπριτζ και διευθυντής του Tyndall Centre for Climate Change Research, οποιαδήποτε πολιτική για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής πρέπει να λαμβάνει υπόψη πόσο μπορεί να βοηθήσει η εξέλιξη της τεχνολογίας στη μείωση του κόστους των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας. Τα οικονομικά μοντέλα που λαμβάνουν υπόψη τη συγκεκριμένη παράμετρο δείχνουν ότι το κόστος μετάβασης σε πιο οικολογικά συστήματα παραγωγής ενέργειας δεν είναι υψηλό συγκριτικά με το κόστος των

επενδύσεων που θα χρειαστούν, ούτως ή άλλως, για τη βελτίωση των ήδη υφιστάμενων ενεργειακών συστημάτων. Αυτό που δεν είναι σαφές είναι πόσο γρήγορα θα συμβεί αυτό και σε τι βαθμό θα χρειαστεί να παρέμβουν οι κυβερνήσεις.

Ο κ. Κέλερ δεν πιστεύει ότι είναι απαραίτητο να υπογράψουν όλοι μια διεθνή συμφωνία για να υπάρξει πρόοδος όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών. Οι δυνάμεις της αγοράς θα αναλάβουν ένα μέρος της δουλειάς, επισημαίνει: «Κάποια στιγμή θα υπάρξουν τεράστιες αγορές και μεγάλες ευκαιρίες εξαγωγών για τεχνολογίες χαμηλής παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα». Ο κ. Κέλερ παραπέμπει στο παράδειγμα της Δανίας, η οποία εξασφάλισε ένα μεγάλο μερίδιο στην αγορά ανεμογεννητριών χάρη στις πρώιμες επενδύσεις που έγιναν στον κλάδο.

«Ένα από τα σημαντικότερα ερωτήματα στα οποία καλούμαστε να απαντήσουμε είναι αν μπορεί κάποιος να λειτουργεί κατά τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον και, παράλληλα, να αναπτύσσεται. Πολλά στοιχεία δείχνουν ότι κάτι τέτοιο δεν είναι αδύνατο», δήλωσε, ο κ. Στέρν. Όμως, όπως ανέφερε, ο δρόμος προς τη γνώση δεν θα είναι εύκολος. Για να κατανοήσει κανείς τα θέματα αυτά «πρέπει να επιστρατεύσει όλες τις οικονομικές γνώσεις του, και ακόμη περισσότερες».(36)

#### 5.4 Οι αρνητικές αντιδράσεις της επιστημονικής κοινότητας

##### **5.4.1. Η αντίδραση του Hal R. Varian, καθηγητή διοίκησης επιχειρήσεων, οικονομικών και πληροφορικής διοίκησης στο Πανεπιστήμιο Berkeley της California.**

«Η Έκθεση Stern για τα Οικονομικά της κλιματικής αλλαγής δημοσιεύθηκε στις 30 Οκτωβρίου και έγινε αμέσως πρωτοσέλιδο εξαιτίας της εκπληκτικής κατακλείδας ότι πρέπει άμεσα να επενδύσουμε 1% της παγκόσμιας οικονομικής δραστηριότητας (στην Έκθεση αναφέρεται ως παγκόσμιο ΑΕΠ) για να μειωθούν οι επιπτώσεις από την υπερθέρμανση. Η Βρετανική Έκθεση προειδοποιεί ότι αν δεν πράξουμε κατ' αυτόν τον τρόπο διακινδυνεύουμε μελλοντικές οικονομικές απώλειες ισοδύναμες με μείωση του παγκόσμιου ΑΕΠ μέχρι και 20%.

Οι αριθμοί αυτοί είναι σημαντικά υψηλότεροι από τις προηγούμενες εκτιμήσεις σχετικά με το κόστος της παγκόσμιας υπερθέρμανσης και οι περιβαλλοντικοί

οικονομολόγοι μελετούν την 700 σελίδων Έκθεση με σκοπό να διερευνήσουν γιατί οι αριθμοί είναι τόσο μεγάλοι.

Πρόσφατα δύο οικονομολόγοι, ο **William D. Nordhaus** του Πανεπιστημίου του **Yale** και ο **Sir Partha Dasgupta** του Πανεπιστημίου του **Cambridge** συνέγραψαν **κριτικές** για την Έκθεση Stern προσπαθώντας να επιλύσουν αυτόν τον γρίφο. Οι δύο κριτικοί ασχολούνται με διαφορετικές, αλλά σχετικές μεταξύ τους, πλευρές του οικονομικού μοντέλου της Έκθεσης.

Η βασική ανησυχία του **κ. Nordhaus** είναι η επιλογή της Έκθεσης σχετικά με **«το κοινωνικό προεξοφλητικό επιτόκιο»**, όρος που χρησιμοποιείται για να συγκρίνει την ευζωία των μελλοντικών γενεών με την αντίστοιχη σημερινή. Η επιλογή του κατάλληλου κοινωνικού προεξοφλητικού επιτοκίου συζητείται εδώ και καιρό. Υπάρχουν αυτοί που υποστηρίζουν ότι η παροχή στις μελλοντικές γενεές λιγότερου φόρτου από αυτό που έχει η παρούσα είναι «ηθικά αδικαιολόγητη». Από την άλλη μεριά υπάρχει η άποψη ότι η ισότιμη επιβάρυνση των γενεών μπορεί να οδηγήσει σε παράδοξα ή ακόμη και παράλογα αποτελέσματα.

Η Έκθεση **Stern** τάσσεται με αυτούς που πιστεύουν στο **χαμηλό προεξοφλητικό επιτόκιο**, υποστηρίζοντας ότι ο μόνος ηθικός λόγος γι' αυτό είναι η πιθανότητα να μην υπάρχουν καθόλου, μπορεί να συμβεί κάποιο κατακλυσμικό γεγονός, όπως η πτώση ενός κομήτη στη Γη, οπότε θα εξαφανιστεί η ζωή. Η Έκθεση υποστηρίζει ότι η **πιθανότητα εξάλειψης της ζωής είναι 0.1% κάθε χρόνο**, άρα το κοινωνικό προεξοφλητικό επιτόκιο στην ουσία θα είναι μηδενικό και τα **βάρη** θα επιμεριστούν **ισομερώς** σε όλες τις γενεές. Η Έκθεση επιλέγει όχι μόνο να επιβαρύνει την ευημερία όλων των γενεών σχεδόν ισόποσα αλλά κάνει και μία ακραία επιλογή όταν προδιαγράφει τη σχέση ανάμεσα στην κατανάλωση και την ευημερία. Αυτές οι δύο επιλογές μαζί υπονοούν ότι 1% μείωση της κατανάλωσης σήμερα είναι προτιμητέα αν επιφέρει λίγο παραπάνω από 1% αύξηση της κατανάλωσης κάποιας μελλοντικής γενεάς, αν και σύμφωνα με το μοντέλο οι μελλοντικές γενεές θα είναι σημαντικά πιο εύπορες από την παρούσα γενεά.

Με βάση αυτά τα τεκμήρια διαφαίνεται εύκολα η προέλευση των υψηλών μεγεθών. Αν δεν ελεγχθεί η παγκόσμια υπερθέρμανση είναι σίγουρο ότι οι μελλοντικές γενεές θα επιβαρυνθούν. Αν προσθέσουμε όλες τις απώλειες χρησιμοποιώντας μηδενικό

κοινωνικό επιτόκιο, το τελικό ποσό που θα έχουμε θα είναι μεγάλο: ένα δολάριο το χρόνο για ένα εκατομμύριο χρόνια αποδίδει ένα εκατομμύριο δολάρια.

Ο **κ. Nordhaus** διερευνά ένα μοντέλο κλιματικών αλλαγών παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην Έκθεση Stern, αλλά με **κοινωνικό προεξοφλητικό επιτόκιο 3%** το οποίο σταδιακά μειώνεται στο 1% σε 300 χρόνια αντί για το 0.1% που εφαρμόζεται στην Έκθεση. Στο μοντέλο του δίνεται **λιγότερο βάρος στις μελλοντικές γενεές** από ότι στη σημερινή και διαπίστωσε ότι σίγουρα απαιτούνται προληπτικά μέτρα, όπως η επιβολή φόρων στις εκπομπές διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα. Οι φόροι, όμως, αυτοί είναι χαμηλότεροι από αυτούς που προτείνονται στην Έκθεση. Σύμφωνα με τα λεγόμενα του: «Αν και τα ευρήματα τέτοιων συμβατικών οικονομικών αξιολογήσεων δεν θα ικανοποιήσουν τους πιο ένθερμους υποστηρικτές του περιβάλλοντος, αν ακολουθηθούν θα αποφέρουν πολύ περισσότερα από μείωση των εκπομπών παγκοσμίως και θα είναι ένα καλό πρώτο βήμα για ένα ταξίδι πολλών μιλίων».

Επομένως, **το κοινωνικό προεξοφλητικό επιτόκιο θα πρέπει να είναι 0.1% όπως προτείνει ο Sir Nicholas Stern ή 3% όπως επιθυμεί ο κ. Nordhaus** ; Δεν υπάρχει σαφής απάντηση σε αυτό το ερώτημα δεδομένου ότι πρόκειται για **ηθικό ζήτημα** που απαιτεί τη σύγκριση της ευημερίας διαφορετικών ανθρώπων, αυτών που ζουν σήμερα και αυτών που θα έλθουν εν ζωή μετά από 50 ή εκατό χρόνια.

Ας ξεχάσουμε την υπερθέρμανση του πλανήτη και ας αναλογιστούμε το πολύ απλούστερο ζήτημα της οικονομικής ανάπτυξης. Πόσα θα πρέπει να αποταμιεύουμε σήμερα για να κληροδοτήσουμε στις επόμενες γενιές αν πιστέψουμε στο 0.1% κοινωνικό προεξοφλητικό επιτόκιο και τις άλλες υποθέσεις που έθεσε το μοντέλο του Stern ; Η απάντηση σύμφωνα με τους υπολογισμούς του **Sir Partha Dasgupta** είναι ότι θα πρέπει να επενδύσουμε το 97.5% από ότι παράγουμε σήμερα ώστε να αυξηθεί το επίπεδο διαβίωσης των μελλοντικών γενεών.

Το μοντέλο δεν περιλαμβάνει τις αβεβαιότητες, τις τεχνολογικές αλλαγές και την πληθυσμιακή ανάπτυξη και παρόλα αυτά καταδεικνύει ως μη πειστικά τα υψηλά ποσοστά αποταμιεύσεως. Η υπόθεση ότι οι μελλοντικές γενεές θα είναι πλουσιότερες από αυτές που ζουν τώρα το καθιστά ακόμη λιγότερο πειστικό. Σύμφωνα με τον **κ. Nordhaus** οι υποθέσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην Έκθεση Stern υπονοούν ότι η κατά κεφαλήν, ετήσια κατανάλωση θα είναι το 2200 \$94.000, ενώ σήμερα είναι \$7.000.

Επομένως, είναι πράγματι ηθικό να διακινείς αγαθά από κάποιον που κερδίζει \$7.000 το χρόνο σε κάποιον που κερδίζει \$94.000 το χρόνο.

Όπως αυτά τα παραδείγματα καταδεικνύουν, η επιλογή της κατάλληλης πολιτικής απέναντι στην παγκόσμια υπερθέρμανση εξαρτάται κατά πολύ από **τον τρόπο που κάποιος ζυγίζει το κόστος και τα ευεργετήματα που εναποθέτει στις διαφορετικές γενιές (37).**

**5.4.2. Τα σχόλια του Sir Partha Dasgupta οικονομολόγου, Καθηγητή στο Πανεπιστήμιο του Cambridge στο Σεμινάριο που διοργανώθηκε από το Ίδρυμα για την Επιστήμη και την Τεχνολογία στην Royal Society στο Λονδίνο για την Έκθεση Stern στις 11/ 11/ 2006. (Αναφέρονται αποσπάσματα):**

«Όταν οι οικονομολόγοι αναλύουν στη δημόσια πολιτική λαμβάνουν υπόψη τους δύο παράγοντες. **Πρώτον**, προσδιορίζουν **τους τρόπους** με τους οποίους μπορεί να λειτουργήσει ο κόσμος (τους τρόπους τους οποίους οι άνθρωποι θα επέλεγαν κάτω από ποικίλες καταστάσεις, τους ατραπούς που θα επέλεγε η Φύση και ούτω καθεξής). Από τη στιγμή που αυτό ολοκληρώνεται μπορούν να σκιαγραφήσουν **τις επιπτώσεις** (ίσως και τις μακροπρόθεσμες) των εναλλακτικών πολιτικών. **Δεύτερον**, αξιολογούν αυτές τις επιπτώσεις για να μπορέσουν να κρίνουν τις σχετικά **μη επιθυμητές εναλλακτικές πολιτικές**. Το πρώτο απαιτεί **περιγραφή**, ενώ το δεύτερο **αξιολόγηση**. Οι διαφωνίες πάνω στις μη επιθυμητές εναλλακτικές πολιτικές εγείρονται όταν οι άνθρωποι δεν συμφωνούν για τα στοιχεία (π.χ. οι οικονομικές επιπτώσεις του διπλασιασμού της συγκέντρωσης του άνθρακα στην ατμόσφαιρα) ή για τις αξίες (π.χ. ο τρόπος με τον οποίον θα πρέπει να ισορροπεί η ευημερία μας σε αντιδιαστολή με αυτήν των μελλοντικών γενεών).

Παρότι δεν μελέτησα την Έκθεση Stern ενδελεχώς, καθώς είχα στη διάθεση μου μόνο λίγες ημέρες, το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξα είναι ότι η αποφασιστική και άμεση δράση κατά των κλιματικών αλλαγών, που υποστηρίζεται από τους συγγραφείς της, αφορά τις απόψεις τους για την **αμεροληψία που πρέπει να υπάρχει εξετάζοντας τις διαφορετικές γενιές**. Δεν καθοδηγείται τόσο πολύ από τα νέα κλιματικά δεδομένα για τα οποία οι συγγραφείς κάνουν λόγο. Πρέπει να λεχθεί ότι το ηθικό πλαίσιο μέσα στο οποίο οι συγγραφείς επέλεξαν να εργασθούν είναι standard στη σύγχρονη Οικονομική



Επιστήμη. Οι συγγραφείς της Έκθεσης ακολουθούν πιστά τη Θεωρία του Κλασσικού Ωφελιμισμού όπως προτάθηκε από τον Frank Ramsey στην εργασία του το 1928 στην *Economic Journal* με τίτλο «Μια Μαθηματική Θεωρία Αποταμίευσης».

Παρόλα αυτά οι αριθμοί των ηθικών παραμέτρων που προτείνουν δεν υποστηρίζονται από το πλαίσιο. Ακόμη και η έννοια των ηθικών παραμέτρων δεν είναι αυταπόδεικτη, καθώς υπάρχουν αρκετά εναλλακτικά φιλοσοφικά υποστηρίγματα στη διατύπωση του Ramsey για την αμεροληψία που πρέπει να υπάρχει εξετάζοντας τις διαφορετικές γενιές. Η Έκθεση κατά περίεργο τρόπο σιωπά για τις διαφορετικές απόψεις που εκφράζουν οι ειδικοί για το ποιες θα πρέπει να είναι οι τιμές των παραμέτρων. Σιωπά, επίσης, και για τα διάφορα φιλοσοφικά υποστηρίγματα της μαθηματικής διατύπωσης του Ramsey.

Ας υποθέσουμε, όπως κάνει η Έκθεση, ότι η ευημερία μίας γενεάς ισοδυναμεί με το άθροισμα των ευημεριών των μελών της. Ας υποθέσουμε επίσης, όπως κάνει η Έκθεση, ότι η ευημερία κάθε ατόμου εξαρτάται από το επίπεδο της κατανάλωσης που κάνει. Χρησιμοποιώντας τον όρο ηθικές αξίες που αντικατοπτρίζουν την ιδέα της αμεροληψίας που πρέπει να υπάρχει εξετάζοντας τις διαφορετικές γενιές, εννοώ δύο πράγματα:

1. τις ανταλλαγές που θα πρέπει να γίνουν ανάμεσα στην ευημερία των μελλοντικών γενεών και τη δική μας, με δεδομένο ότι οι μελλοντικές γενεές θα βρίσκονται εδώ σε μελλοντικό χρόνο, και
2. τις ανταλλαγές που θα πρέπει να γίνουν ανάμεσα στην ευημερία των ανθρώπων άσχετα από το χρόνο εμφάνισης τους.

Τεχνικά το πρώτο (1) εκφράζεται με το **προεξοφλητικό επιτόκιο** το οποίο εφεξής, ακολουθώντας την Έκθεση, ονομάζεται **δέλτα** ενώ το δεύτερο (2) εκφράζεται με την **ελαστικότητα του κοινωνικού φορτίου**, για την οποία θα πρέπει να δοθεί ως αποζημίωση μια μικρή αύξηση στο ατομικό καταναλωτικό επίπεδο και εφεξής, ακολουθώντας την Έκθεση, ονομάζεται **ήτα**.

Η Έκθεση, σωστά κατά τη γνώμη μου, αποδέχεται ότι η ανταλλαγή ανάμεσα στην ευημερία των παρόντων **ΕΜΕΙΣ** και των μελλοντικών **ΑΥΤΟΙ** θα έπρεπε, σε γενικές γραμμές να είναι 1:1 ή με άλλα λόγια δεν θα πρέπει να ψαλιδίσουμε την ευημερία των μελλοντικών γενεών με μοναδική αιτιολογία το γεγονός ότι θα

εμφανιστούν σε μελλοντικό χρόνο. Η Έκθεση θεωρεί ότι το δέλτα θα έπρεπε να ορισθεί ίσο με το 0.1% ανά έτος, ποσοστό πολύ χαμηλό αν συγκριθεί με αυτά που προτείνονται από άλλους οικονομολόγους. Αυτό αποτελεί υιοθέτηση μιας νοοτροπίας που υποστηρίζει την ισοτιμία μέσα στη διάσταση του χρόνου. Προκαλεί εντύπωση το γεγονός ότι η Έκθεση υιοθετεί τελικά μια νοοτροπία που αποδέχεται την έλλειψη ισοτιμίας αναφορικά με την κατανομή της ευημερίας στους ανθρώπους όταν ο μελλοντικός χρόνος δεν εξετάζεται καν, π.χ. συγκρίνοντας τους φτωχούς και τους πλούσιους του σύγχρονου κόσμου.

Το κεντρικό επιχείρημα της Έκθεσης βασίζεται στην υπόθεση ότι **το ήτα θα έπρεπε να είναι η συμφωνία χωρίς αποκλίσεις** γεγονός που αντανακλά μία αρκετά αδιάφορη νοοτροπία απέναντι στην ισοτιμία κατά την κατανομή της ευημερίας στους ανθρώπους. Η διαφοροποίηση ανάμεσα στις δύο παραμέτρους είναι πολύ βασική. Αυτό γιατί οι αριθμοί που χρησιμοποιούνται για να τις εκφράσουν επηρεάζουν τους υπολογισμούς για το οικονομικό κόστος και τα οφέλη από τον περιορισμό των εκπομπών του άνθρακα, αυξάνοντας τις πιθανότητες απομόνωσης και επενδύοντας σε εναλλακτικές ενεργειακές τεχνολογίες, οπότε το δέλτα και το ήτα είναι εξαιρετικά σημαντικές παράμετροι.

Οι ίδιες σχεδόν ηθικές αξίες που υιοθετούνται από την Έκθεση αποτελούσαν τη βάση μίας πρωτοποριακής για το 1992 εργασίας του **William Cline** του Institute for International Economics, Washington DC με τίτλο *The Economics of Global Warming*. Παρά τις εμφανείς **ομοιότητες** ανάμεσα στις αριθμητικές τιμές για το ζεύγος των **ηθικών παραμέτρων** που υπάρχουν στις δύο εργασίες (ο Cline θεώρησε το δέλτα ίσο με το μηδέν και το ήτα ίσο με 1.5), η εργασία του δεν αναφέρεται καθόλου στην Έκθεση. Επειδή η ανεύρεση ουσιαστικών διαφορών ανάμεσα στις δύο αυτές εργασίες αναφορικά με τις τιμές που δίνουν για το δέλτα και το ήτα δεν είναι εφικτή, ανέτρεξα στις εργασίες του **William Nordhaus**, ο οποίος μελετά τα οικονομικά των κλιματικών μεταβολών για πάνω από 3 δεκαετίες.

Το πιο αξιοπρόσεκτο συμπέρασμα από τις μελέτες του είναι ότι, παρότι οι κλιματικές αλλαγές αποτελούν σοβαρή απειλή για την παγκόσμια οικονομία, η μείωση των εκπομπών του άνθρακα δεν αποτελεί άμεση προτεραιότητα, αλλά θα πρέπει να γίνει σταδιακά αρχίζοντας μετά από αρκετές δεκαετίες. Το συμπέρασμα αυτό εξήχθη μετά από

τις πολλές τροποποιήσεις που ο Nordhaus και οι συνεργάτες του έκαναν **στο Δυναμικά Ολοκληρωμένο Μοντέλο Κλίματος και Οικονομίας (DICE)** που χρησιμοποίησαν.

Αυτό που υποστηρίζουν είναι ότι οι κλιματικές αλλαγές θα πρέπει μεν να ληφθούν σοβαρά, αλλά είναι περισσότερο δίκαιο αλλά και αποτελεσματικό να επενδύσουμε σε φυσικό και ανθρώπινο κεφάλαιο τώρα, ώστε να κτίσουμε την παραγωγική βάση των οικονομιών (συμπεριλαμβανομένων, ειδικά, και των φτωχών χωρών) και να διοχετεύσουμε τα αποθέματα για να αντιμετωπίσουμε τα προβλήματα των κλιματικών αλλαγών σε αργότερο χρόνο. Τα συμπεράσματα αυτά βασίζονται στη ρητή εικασία ότι το παγκόσμιο κατά κεφαλή ΑΕΠ θα συνεχίσει να αυξάνεται για τα επόμενα 100 χρόνια ακόμη και κάτω από συνθήκες **business as usual**, που υποστηρίζει και η Έκθεση.

Σε αντίθεση με το 0.1% ανά έτος που δίνει η Έκθεση, ο Nordhaus πρόσφατα χρησιμοποίησε ως αφετηρία την τιμή των 3% ανά έτος, μειώνοντας την στο 1% ανά έτος σε χρονικό διάστημα 300 ετών. Και αυτός χρησιμοποιεί ως ήτα την συμφωνία χωρίς αποκλίσεις. Αναφέρει ότι κατά την πρώτη περίοδο η κοινωνική τιμή του άνθρακα είναι περίπου \$13 τον τόνο, ενώ η τιμή που δίνει η Έκθεση είναι \$310 τον τόνο. Αν όμως η τιμή που δίνει για το δέλτα η Έκθεση ελεγχθεί με το DICE διαμορφώνεται στους \$150 τον τόνο. Αν τροποποιήσουμε ελάχιστα το DICE, έτσι ώστε να επεξεργασθεί το χειρότερο δυνατόν σενάριο κάτω από συνθήκες business as usual, η τιμή ανέρχεται στα \$400 τον τόνο και ξεπερνά αυτήν που δίνει η Έκθεση.

Η τιμή του 0.1% που δίνουν οι συγγραφείς της Έκθεσης με προβληματίζει ελάχιστα. Από την άλλη μεριά η τιμή που δίνουν για το ήτα δεν με ικανοποιεί καθόλου. Αν θεωρήσουμε ότι το ήτα ισούται με το 1 τότε λέμε ότι **η κατανομή της ευημερίας στους ανθρώπους δεν έχει μεγάλη σημασία**, ότι θα έπρεπε να ξοδεύουμε τεράστιες ποσότητες για τις μελλοντικές γενιές ακόμη και αν αναμένεται να είναι σε καλύτερη θέση από ότι εμείς. Για να δώσω ένα παράδειγμα αυτού που εννοώ, ας υποθέσουμε, ακολουθώντας την Έκθεση, ότι ορίζουμε το δέλτα ίσο με 0.1% το χρόνο και το ήτα ίσο με 1 σε μία νομοτελειακή οικονομία σταθερού πληθυσμού, που δεν εμφανίζει τεχνολογική μεταβολή.

Ας υποθέσουμε ότι ο κοινωνικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης είναι 4% το χρόνο. Ένας εύκολος υπολογισμός δείχνει ότι η παρούσα γενιά σε αυτό το οικονομικό

μοντέλο θα έπρεπε να αποταμιεύσει το 97.5% του συνόλου των παραγόμενων προϊόντων για το μέλλον ! Η αποδοχή αυτού του ποσοστού ισοδυναμεί με τον ισχυρισμό ότι η παρούσα γενιά πρέπει κυριολεκτικά να λιμοκτονήσει για να απολαύσουν οι μελλοντικές γενιές αυξημένα επίπεδα κατανάλωσης. (Στην ουσία η υπόθεση ότι το ήτα ισούται με 1 ισοδυναμεί με την υπόθεση ότι η λιμοκτονία δεν είναι και τόσο επώδυνη!).» (38).

#### **5.4.3. Στο περιοδικό The Business δημοσιεύτηκε η έκθεση των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον, η οποία ανατρέπει τα ευρήματα της Έκθεσης Stern. Περιλαμβάνονται, επίσης, οι αντιδράσεις του OPEC και του Ινστιτούτου Επιχειρηματικής Ανταγωνιστικότητας.**

«Η Βρετανική κυβέρνηση έχει υποεκτιμήσει το κόστος της agenda της για το περιβάλλον. Το κόστος αυτό μπορεί να αποδειχθεί ότι είναι 5 φορές πιο υψηλό από ότι προβλέπουν οι υπουργοί, σύμφωνα με έκθεση των Ηνωμένων Εθνών που διέρρευσε στο περιοδικό The Business. Το κόστος των δράσεων που συστήνονται από την Έκθεση Stern, η διατήρηση του επιπέδου των αερίων του θερμοκηπίου στα 550ppm, αντιστοιχεί στο 5% του παγκόσμιου ΑΕΠ, σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη. Αυτό έρχεται σε απόλυτη αντίθεση με το κόστος 1% που υπολογίζει η Έκθεση Stern. Αυτό το πολύ χαμηλό νούμερο χρησιμοποιείται από τον Stern για να στηρίξει την πρόταση του για άμεση δράση και αύξηση της φορολογίας ώστε να μειωθούν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Οι υπολογισμοί, όμως, των Ηνωμένων Εθνών κλονίζουν τη λογική της οικονομικής θεωρίας του Stern.

Ο Stern υποστήριξε, επίσης, ότι το κόστος της αδράνειας ανέρχεται στο 5% ως 20% του παγκόσμιου ΑΕΠ. Αν οι τιμές της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) είναι σωστές υπάρχει η πιθανότητα οι Βρετανικές προτάσεις να στοιχίσουν τόσο όσο αποταμιεύουν, με αποτέλεσμα να είναι σπάταλες. Η IPCC έκανε τους δικούς της υπολογισμούς για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και βρήκε υψηλότερο κόστος πραγματοποίησης των στόχων από την Έκθεση Stern.

Η συζήτηση για τι θα πρέπει να κάνουμε για την υπερθέρμανση του πλανήτη επικεντρώνεται στον ποιο στόχο πρέπει να θέσουμε για τη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου, η οποία τώρα είναι στα 430ppm και αναμένεται να φθάσει στο 700ppm

μέχρι το τέλος του αιώνα. Η Έκθεση Stern συνδέει άμεσα τα σενάρια για την παγκόσμια υπερθέρμανση με τα επίπεδα της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Αν η συγκέντρωση φθάσει τα 550ppm αναμένεται σύμφωνα με την Έκθεση άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 3°C. Σύμφωνα με τον Stern αυτό είναι επικίνδυνο, αλλά όχι και καταστροφικό.

Η Ε.Ε. έθεσε ως στόχο τα 450ppm, αλλά σύμφωνα με την Έκθεση Stern αυτό είναι ανέφικτο καθώς οι αναπτυσσόμενες χώρες αναπτύσσονται πολύ γρήγορα. Η Έκθεση καταδεικνύει το όριο των 650ppm ως πιθανό για καταστροφική κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με την Έκθεση αν η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου σταθεροποιηθεί στα 550ppm, αναμένεται το ετήσιο κόστος αυτών των εκπομπών να ανέλθει μέχρι το 2050 στο 1% του ΑΕΠ. Το προσχέδιο όμως της Τέταρτης Ετήσιας Έκθεσης της IPCC το υπολογίζει ανάμεσα στο 1% και 5% του παγκόσμιου ΑΕΠ. Ο λιγότερο φιλόδοξος στόχος της σταθεροποίησης στα 650ppm θα κόστιζε λιγότερο από το 2% του ΑΕΠ.

Ο Sir Nicholas Stern έχει παραδεχθεί από την αρχή ότι η Έκθεση του μπορεί να είναι αποτελεσματική μόνο αν επέλθει συμφωνία σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι Υπουργοί θα έπρεπε να ταξιδέψουν από την Ινδία ως την Αμερική για να καταστήσουν γνωστά τα ευρήματα του. Η αντίκρουση, όμως, από τα ευρήματα της έρευνας της IPCC δεν βοηθά την Βρετανική υπόθεση.

Παρόλο ότι η Έκθεση Stern έτυχε παγκόσμιας αποδοχής στο Λονδίνο, σε άλλα μέρη του κόσμου δέχθηκε επιθέσεις με το επιχείρημα ότι κινδυνολογεί και, σε μερικές περιπτώσεις, χαρακτηρίστηκε ως ανεπαρκής. Το εφιαλτικό σενάριο της Έκθεσης, η παγκόσμια υπερθέρμανση μπορεί να στοιχίσει από 5% ως 20% του ΑΕΠ, προέκυψε με τη χρήση ασυνήθιστα χαμηλού επιτοκίου προεξοφλήσεων στους υπολογισμούς που έγιναν. Αυτό είναι κλασικό στρατήγημα όταν πρέπει να αιτιολογηθούν επενδύσεις μακροπρόθεσμης αποπληρωμής.

Η υποδοχή της Έκθεσης Stern από τον OPEC ήταν ψυχρή. Ο Γενικός Γραμματέας του **Mohammed Barkindo** επιτέθηκε κατά της Έκθεσης σε ένα ενεργειακό συνέδριο στη Μόσχα: « Νομίζουμε ότι οι επονομαζόμενες πρωτοβουλίες που καλούνται να λάβουν οι πλούσιες βιομηχανικές χώρες, οι οποίες υποτίθεται ότι θα πρέπει να πρωτοστατούν στη μάχη κατά της κλιματικής αλλαγής, είναι αρκετά ανησυχητικές. Η

προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή δεν μπορεί να επιτευχθεί με σενάρια που δεν βασίζονται ούτε στην επιστήμη ούτε στα οικονομικά.»

Το **Ινστιτούτο Επιχειρηματικής Ανταγωνιστικότητας (CEI)**, που εδρεύει στην Washington, δήλωσε ότι η Έκθεση Stern δεν θα τύχει παγκόσμιας έλξης καθώς τα οικονομικά αποτήματα της θα αναγνωρισθούν αμέσως από τους ειδικούς. Ο **Iain Murray**, συνεργάτης του Ινστιτούτου με ειδικότητα στην κλιματική αλλαγή, δήλωσε: « Το κόστος του Stern είναι στην πραγματικότητα πιο ακριβό από το να μην κάνουμε τίποτε για την ίδια την κλιματική αλλαγή ». Τον κατηγορήσε, επίσης, ότι προσπαθεί να τρομάξει τον κόσμο και να γεμίσει τις τσέπες των τραπεζιτών της Wall Street εις βάρος των καταναλωτών (39).

### 5.5 Οι θετικές αντιδράσεις της επιστημονικής κοινότητας

#### **Robert M. Solow, Οικονομολόγος, Nobel Prize 1987**

« Αν ο κόσμος περιμένει μια ήρεμη, λογική, προσεκτικά διατυπωμένη προσέγγιση στην κλιματική αλλαγή, ο Nick Stern και η ομάδα του την παρήγαγαν. Σκιαγραφούν μια πολιτική εφικτής προσαρμογής σε ανεκτό κόστος, αν η αρχή γίνει τώρα. Όσο νωρίτερα, τόσο καλύτερα.»

#### **James Mirrlees, Οικονομολόγος, Nobel Prize 1996**

«Η Έκθεση Stern μας δείχνει, με απόλυτη καθαρότητα λαμβάνοντας υπόψη της όλες τις αβεβαιότητες, τι θα σημαίνει η υπερθέρμανση του πλανήτη και τι μπορεί και πρέπει να γίνει ώστε να μειωθεί. Παρέχει τους αριθμούς για τις οικονομικές επιπτώσεις και για τις αναγκαίες οικονομικές πολιτικές. Της αξίζει ευρεία κυκλοφορία και της εύχομαι να έχει τη μεγαλύτερη δυνατή επίδραση. Οι Κυβερνήσεις έχουν σαφή και άμεση υποχρέωση να αποδεχθούν την πρόκληση που αντιπροσωπεύει.»

#### **Amartya Sen, Οικονομολόγος, Nobel Prize 1998**

«Σε αυτήν την έρευνα καταδεικνύονται καθαρά οι προοπτικές της κλιματικής αλλαγής καθώς και το αυξανόμενο οικονομικό και ανθρώπινο κόστος. Αυτό που είναι ιδιαίτερα αξιοπρόσεκτο είναι η αναγνώριση των τόπων για την άμεση ελαχιστοποίηση αυτών των

επιπτώσεων με άμεση δράση και όχι περιμένοντας η ζωή μας να κατακλυσθεί από τις ταχέως αναπτυσσόμενες αντιξοότητες. Ο κόσμος θα είναι ανόητος αν αγνοήσει αυτό το δυνατό αλλά αυστηρά χρονοεξαρτώμενο μήνυμα.»

**Joseph Stiglitz, Οικονομολόγος, Nobel Prize 2001.**

«Η Έκθεση Stern για τα Οικονομικά της Κλιματικής Αλλαγής αποτελεί την πληρέστερη και ακριβέστερη ανάλυση, μέχρι σήμερα, για το κόστος και τους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής, αλλά και για το κόστος και τους κινδύνους της μείωσης των εκπομπών. Καθιστά σαφές ότι η ερώτηση δεν είναι αν αντέχουμε οικονομικά τη δράση, αλλά αν αντέχουμε οικονομικά να μη δράσουμε. Οπωσδήποτε υπάρχουν αβεβαιότητες, αλλά αυτό που διαφαίνεται καθαρά είναι ότι οι παράπλευρες αβεβαιότητες, οι οποίες επιτείνονται από την περίπλοκη δυναμική των μακρών αναμονών, των περίπλοκων αλληλεπιδράσεων και της έλλειψης γραμμικότητας, δημιουργούν μια επιτακτική πρόταση δράσης. Παρέχει, επίσης, μια πλήρη agenda, που είναι οικονομικά και πολιτικά εφικτή, πίσω από την οποία μπορεί να ενωθεί όλος ο κόσμος για να αντιμετωπίσει αυτήν την πολύ σημαντική απειλή για τη μελλοντική μας ευημερία.»

**Prof. Jeffrey D. Sachs**

**Διευθυντής του Earth Institute στο Columbia University**

**Ειδικός Σύμβουλος του Γ.Γ των Ηνωμένων Εθνών Kofi Annan (40)**

«Η Έκθεση Stern για τα Οικονομικά της Κλιματικής Αλλαγής είναι ζωτικό βήμα για τη διασφάλιση μιας αποτελεσματικής παγκόσμιας πολιτικής για την κλιματική αλλαγή. Καθοδηγείται από έναν από τους κορυφαίους οικονομολόγους στον κόσμο και δείχνει με πειστικό τρόπο ότι τα πλεονεκτήματα από την έγκαιρη παγκόσμια δράση για την άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής θα είναι πολύ περισσότερα από το κόστος. Η Έκθεση θέτει ρεαλιστικές κατευθυντήριες γραμμές δράσης (που βασίζονται στη μακροπρόθεσμη σταθεροποίηση των αερίων του θερμοκηπίου), στοιχεία για τη χάραξη μιας αποτελεσματικής παγκόσμιας πολιτικής (διατίμηση του άνθρακα, πολιτικές για την τεχνολογία και απομακρύνοντας κάθε τι που θα εμπόδιζε τις αλλαγές), καθώς και ένα πλαίσιο για τη διεθνή συνεργασία στην οποία πρέπει να περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές του κόσμου, ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες. Η Έκθεση Stern θα παίξει

σημαντικό ρόλο βοηθώντας την υφήλιο να συμφωνήσει σε μια λογική μετά Κιότο πολιτική».

## 6. Συμπεράσματα

Η έκθεση Στέρν, υπολόγισε ποιο θα είναι το κόστος για την παγκόσμια οικονομία αν συνεχίσουμε **σαν να μην συμβαίνει τίποτε** (το λεγόμενο **business as usual σενάριο**) και ποιο θα ήταν αν υλοποιούσαμε τα ενδεδειγμένα μέτρα. Με απλά οικονομικά μαθηματικά κατέδειξε ότι υπάρχει πολύ μεγάλος κίνδυνος για μια μοναδική παγκόσμια οικονομική ύφεση από την αναμενόμενη δυσμενή εξέλιξη των κλιματικών αλλαγών.

Με μια ανατρεπτική θεώρηση της μέχρι σήμερα κρατούσας σχέσης οικονομίας περιβάλλοντος, ο κ. Στέρν έδειξε στους συναδέλφους του οικονομολόγους ότι η προστασία του περιβάλλοντος και του πλανήτη, θα ωφελούσε την παγκόσμια οικονομία, ακόμη και αν βραχυπρόθεσμα έβλαπτε τα συμφέροντα ορισμένων πολυεθνικών που σήμερα κυριαρχούν. Αυτό, οφείλουμε να αναγνωρίσουμε ότι ήταν και το πιο δύσκολο σημείο: να πειστεί η οικονομία ότι ενώ μέχρι σήμερα στήριζε την ανάπτυξή της «αδιαφορώντας» για τις συνέπειες στο περιβάλλον, τώρα θα πρέπει να υποστηρίξει την προστασία του περιβάλλοντος, γιατί έτσι και μόνο έτσι, θα προστατεύσει και το δικό της συμφέρον.

Ο κ. Στέρν υποστήριξε με στοιχεία ότι το όφελος της έγκαιρης δράσης για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών, είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το κόστος των συνεπειών τους. Είναι ομολογουμένως μια ιδιαίτερα έξυπνη τακτική, που απευθύνεται στο σκληρό πυρήνα της παγκόσμιας οικονομίας χρησιμοποιώντας τη γλώσσα τους και γι' αυτό δεν επιδέχεται αντιρρήσεις. Με απλά λόγια ο κ. Στέρν δήλωσε ότι η ανθρωπότητα δεν χρειάζεται να διαλέξει ανάμεσα στην προστασία του κλίματος και την οικονομική ανάπτυξη, γιατί αυτά τα δυο μπορούν να συνυπάρξουν χωρίς να ακυρώνει το ένα το άλλο. Η πράσινη ανάπτυξη είναι η λύση για τον πλανήτη, τις ανεπτυγμένες, αλλά και τις αναπτυσσόμενες οικονομίες.

Αυτό που έθιξε ο κ. Στέρν είναι αυτό που ως τώρα ήταν το μεγάλο «μυστικό» της οικονομίας: «**Το εξωτερικό κόστος**». Όλες οι οικονομικές δραστηριότητες, δε λάμβαναν υπόψη τις συνέπειές τους στο περιβάλλον. Έτσι, είχαμε οικονομική ανάπτυξη εις βάρος του περιβάλλοντος, δηλαδή καταναλώναμε το κεφάλαιο μας, γι' αυτό σήμερα



αντιμετωπίζουμε περιπτώσεις μελλοντικής οικονομικής ύφεσης. Αυτό το εξωτερικό κόστος υπολόγισε ο κ. Στέρν. Γιατί αντίθετα με ότι πίστευε η οικονομική κοινότητα, απέδειξε ότι αν λάβουμε υπόψη μας το εξωτερικό κόστος, η παγκόσμια οικονομία θα ανθίσει.

Ένα ερώτημα που θα μπορούσαμε να θέσουμε είναι το αν θα αντιμετωπίζαμε σήμερα τον κίνδυνο των κλιματικών αλλαγών στην περίπτωση που θα είχαμε αναλάβει δράση νωρίτερα. Πλέον είναι σαφές ότι η κλιματική αλλαγή είναι μια σοβαρή και επείγουσα υπόθεση. Η έκθεση του Σερ Νίκολας Στερν, παρά τις διόλου ευοίωνες προοπτικές που παρουσιάζει, μπορεί εντούτοις να ιδωθεί μέσα από ένα **θετικό πρίσμα**, για το λόγο ότι κατάφερε να θορυβήσει ακόμα περισσότερο και να οδηγήσει ίσως τη διεθνή κοινότητα στην ανάληψη ακόμη δραστικότερων μέτρων για τον περιορισμό της καταστροφής προτού να είναι πια αργά για κάθε δράση. Ο ίδιος ο Στέρν δήλωσε αποπλιστικά: «Μέχρι τον Αύγουστο του 2005 δεν ήμουν σίγουρος για το τι είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σήμερα, όμως, οι κλιματικές αλλαγές απειλούν τα θεμελιώδη στοιχεία της ζωής των ανθρώπων όλου του πλανήτη, την πρόσβαση σε πόσιμο νερό, τις καλλιέργειες, την υγεία, τη χρήση γης και το περιβάλλον». (41)

Σε αντίθεση με άλλες οικονομικές μελέτες, η έκθεση Στερν δεν αμφισβητεί τις αναλύσεις των ειδικών του κλίματος. Αντίθετα, τις υιοθετεί. Συγκεκριμένα, ο Στερν απαντάει με μια ανάλυση σε τρία επίπεδα:

- 1) Οικονομικό κόστος της αδράνειας (σενάριο «business as usual»).
- 2) Κόστος της σωτηρίας του κλίματος.
- 3) Σύγκριση αυτών των κοστών. Τα εργαλεία και οι μηχανισμοί που επιτρέπουν το μέγιστο περιορισμό τους, εν όψει της μετά το Κιότο εποχής.

Σύμφωνα με τον Στερν, από σήμερα μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα, το κόστος του σεναρίου «business as usual» θα μπορούσε να αντιστοιχεί σε μια μείωση κατά 20% της μέσης κατά κεφαλή κατανάλωσης. Αυτή η εκτίμηση είναι μεγαλύτερη από άλλες, που είχαν προταθεί προηγουμένως.

Τέσσερις **αιτίες** εξηγούν αυτή τη διαφορά:

1. Η έκθεση περιλαμβάνει όχι μόνο τα καθαυτά οικονομικά κόστη (που εκτιμώνται σε μείωση κατά 5% του ΑΕΠ/κατά άτομο) αλλά και την οικονομική εκτίμηση των

συνεπειών πάνω στην υγεία (π.χ. νεκροί από τη γεωγραφική επέκταση της ελονοσίας) καθώς και στο περιβάλλον.

2. Λαμβάνονται υπόψη οι δυνατές συνέπειες του γεγονότος ότι η υπερθέρμανση θα μπορούσε να επιταχύνει την υπερθέρμανση (π.χ. αν το λιώσιμο του περιπαγετωνικού περμαφρόστ απελευθέρωνε ξαφνικά μεγάλες ποσότητες μεθανίου, ενός ισχυρού αερίου του θερμοκηπίου).

3. Το ποσοστό επικαιροποίησης που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ζημιών της υπερθέρμανσης είναι περίπου δυο φορές χαμηλότερο από εκείνο στο οποίο προσφεύγουν γενικά οι οικονομολόγοι. Για να συγκεκριμενοποιήσει την αλληλεγγύη μεταξύ των γενεών, η έκθεση αποδίδει λοιπόν στις μελλοντικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής ένα κόστος υψηλότερο από ότι άλλες ανάλογες μελέτες.

4. Τέλος, ο Στερν και οι συνεργάτες του προσέφυγαν στην ηθική για να διορθώσουν το γεγονός ότι, από μια στενά λογιστική σκοπιά, οι ζημιές στις χώρες του Νότου δεν κοστίζουν ακριβά (υπολογίζονται στη βάση της «διαθεσιμότητας των θυμάτων να πληρώσουν» για να αποφύγουν να υποστούν τις συνέπειες, και αυτή η διαθεσιμότητα κυμαίνεται φυσικά ανάλογα με το εισόδημα).

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι για να μπει μια τιμή σε πράγματα που είναι ανεκτίμητα (όπως η ανθρώπινη ζωή και τα φυσικά οικοσυστήματα) και για να μοιάζει αυτή η τιμή συμβατή προς την «ηθική» αποδεικνύεται ξεκάθαρα ότι ο νόμος της αξίας είναι όλο και λιγότερο κατάλληλος ως μέτρο του κοινωνικού πλούτου. Όμως, για να πειστούν οι κυβερνήσεις που παίρνουν τις αποφάσεις, δεν αρκεί να επαναλαμβάνεται ότι απειλείται η ύπαρξη εκατοντάδων εκατομμυρίων φτωχών ανθρώπων, πρέπει να πούμε πόσο θα κοστίζει αυτό καθώς και να υπολογίσουμε σε δολάρια τις συνέπειες στη Γουώλ Στρητ.

Το κόστος της σωτηρίας, εξαρτάται από το επίπεδο που θα επιλεγεί για να σταθεροποιηθεί η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου. Όσο περισσότερο και όσο πιο γρήγορα θα μειώσουμε τις εκπομπές, τόσο περισσότερες πιθανότητες θα έχουμε για να σώσουμε το κλίμα, αλλά και τόσο περισσότερο αυτό θα κοστίζει. Όλο και πιο πολλοί επιστήμονες τάσσονται υπέρ της σταθεροποίησης στα 450 ppmv, πράγμα που συνεπάγεται ότι αφού οι εκπομπές θα φτάσουν στην κορυφή τους σε δέκα χρόνια, μετά

θα μειώνονται ετησίως κατά 5%, ώστε να έχουμε το 2050 μείωση κατά 75% έναντι του 1990.

Η έκθεση επιλέγει μια σταθεροποίηση στα 550 ppmv (κορύφωση σε 20 χρόνια, κατόπιν μείωση 1%-3% ετησίως). Η διακύβευση είναι τρομακτικά σημαντική. Σύμφωνα με τα μοντέλα, η αύξηση της θερμοκρασίας θα κυμαινόταν μεταξύ +1°C και +3,8°C για 450 ppmv, και μεταξύ +1,4°C και 4,6°C για 550 ppmv. Επειδή η μείωση στα 450 ppmv παρουσιάζει μεγάλες αντικειμενικές δυσκολίες, η έκθεση την αποκλείει κυρίως για λόγους κόστους, ενώ η σταθεροποίηση στα 550 ppmv είναι πιο συμφέρουσα επειδή δεν θα κοστίζει παρά 1% του παγκόσμιου ΑΕΠ, δηλαδή τρεις φορές λιγότερο.

Απέναντι στο 20% που θα κόστιζε το σενάριο «business as usual», θα σκεφτόμασταν να αποφύγουμε να κάνουμε πάρα πολλά και υπερβολικά γρήγορα. Για παράδειγμα, παραμένει η μεγάλη αβεβαιότητα όσον αφορά τα κόστη των πολύ σημαντικών μειώσεων. Το να φτάσουμε τις μειώσεις εκπομπών μέχρι το 60% ή το 80% ή και ακόμα περισσότερο θα απαιτήσει να γίνουν πρόοδοι στη μείωση των εκπομπών των βιομηχανικών διαδικασιών, της αεροπορίας, και ενός κάποιου αριθμού τομέων όπου προς το παρόν είναι δύσκολο να προχωρήσουμε σε αποτελεσματικές προσεγγίσεις με όρους κόστους.

Σύμφωνα με τους οικονομολόγους που μελέτησαν την Έκθεση Στέρν έχουμε τα εξής επιχειρήματα:

1. Η Έκθεση διόγκωσε το οικονομικό κόστος των κλιματικών αλλαγών
2. Υποτίμησε την μείωση των εκπομπών και
3. Χρησιμοποίησε εσφαλμένα κριτήρια για να συγκρίνει το βραχυπρόθεσμο κόστος μείωσης των εκπομπών με το κόστος της συνέχισης της σημερινής πολιτικής

Το χειρότερο σενάριο προκύπτει από τον 9πλασιασμό του κατά κεφαλήν εισοδήματος τα επόμενα 200 χρόνια, αντί για το 13πλασιασμό που θα παρατηρηθεί εάν αντιμετωπιστούν με αποτελεσματικότητα οι κλιματικές αλλαγές. Το κόστος μείωσης η έκθεση το υπολογίζει ανάμεσα στο -1% (άρα κέρδος) και το +3,5% του Α.Ε.Π μέχρι το 2050. Σύμφωνα με τον Νόρτχάουζ και τον Πάρτα Ντασγκούπτα αν η λογική της Έκθεσης εφαρμοζόταν στην οικονομία οι σημερινές επενδύσεις θα έπρεπε να είναι πολύ μεγαλύτερες από ότι είναι στην πραγματικότητα. Δεν είναι, όμως, μια συνηθισμένη

επενδυτική απόφαση. Είναι ένα ζήτημα ασφάλισης απέναντι σε μια αβέβαιη, αλλά πιθανότατα καταλυτικής σημασίας εξέλιξη.

Επομένως, αν μπορούσαμε να μειώσουμε τον κίνδυνο των πιο δυσάρεστων σεναρίων με τίμημα μόνο το 1% του Α.Ε.Π θα έπρεπε να το κάναμε πρόθυμα. Σίγουρα η απώλεια ενός πολύ μεγαλύτερου ποσοστού του Α.Ε.Π θα δημιουργούσε ασφαλώς αμφιβολίες. Αλλά ο μόνος τρόπος να διαπιστώσουμε πόσο θα κοστίζει η σταθεροποίηση των εκπομπών είναι να δοκιμάσουμε.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ατμοσφαιρική ρύπανση . Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από:  
[http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/CE9AFA0632376799C2257093002D42EB/\\$file/Air%20Pollutants%20Information.doc](http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/CE9AFA0632376799C2257093002D42EB/$file/Air%20Pollutants%20Information.doc)
2. Καραθανάσης Στ. Ατμοσφαιρική ρύπανση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2006
3. Καμπεζίδης Χ. Η ποιότητα του αέρα στον Ελλαδικό χώρο. Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από :  
[http://www.gsrt.gr/default.asp?MARK\\_SEARCH=YES&SEARCH\\_ID=s1&V\\_ITEM\\_ID=3690](http://www.gsrt.gr/default.asp?MARK_SEARCH=YES&SEARCH_ID=s1&V_ITEM_ID=3690)
4. Όξινη βροχή . Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από: [www.neo.gr/website/ergasiamathiti/37.htm](http://www.neo.gr/website/ergasiamathiti/37.htm)
5. Φλόκας Α. Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας. Εκδόσεις Ζήτη, Αθήνα, 1990.
6. Μπαλτάς Ε.Α. Μετεωρολογία – Κλιματολογία. Συμπληρωματικές σημειώσεις. Εκτύπωση Π. Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 2004.
7. Μέλαν σώμα . Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από:  
[http://www.hellascams.gr/grc/automatic\\_white\\_ballance.htm](http://www.hellascams.gr/grc/automatic_white_ballance.htm)
8. Τροπόσφαιρα και Στρατόσφαιρα. Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από:  
[http://www.tmth.edu.gr/el/kiosks/environment/atmosphere/envi\\_hb2.html](http://www.tmth.edu.gr/el/kiosks/environment/atmosphere/envi_hb2.html)
9. Φαινόμενο θερμοκηπίου . Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από:  
<http://users.att.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/FainThermoKip.htm>
10. Brasseur G.P., J.J. Orlando, G.S. Tyndall Atmospheric Chemistry and Global Change, Oxford University Press, N.Y., Oxford, 1999.
11. ΥΠ.Ε.ΧΩ.ΔΕ Περιβάλλον .Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από:  
[http://www.minenv.gr/1/12/122/12203/g12203\\_02.html](http://www.minenv.gr/1/12/122/12203/g12203_02.html)
12. Πλανητάριο Θεσσαλονίκης. Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από:  
[http://www.astronomy.gr/main.cfm?module=educational&section=enc\\_as&en\\_id=491&do=detail](http://www.astronomy.gr/main.cfm?module=educational&section=enc_as&en_id=491&do=detail)

13. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Ατμοσφαιρικό όζον – Υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία.  
Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από:  
<http://users.ntua.gr/apdlidar/Kefalaio3.pdf>
14. Χ.Σ. Ζερεφός . Στρατοσφαιρικό όζον: Παρούσα γνώση και προοπτική.  
Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από:  
<http://www.minagric.gr/Greek/data/ZEREFOS2.DOC>
15. Ζανής Π. Τροποσφαιρικό Όζον. Αστικό πρόβλημα ή Παγκόσμιο πρόβλημα  
ρύπανσης; Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από:  
[http://lap.physics.auth.gr/pms/upload/Tropo\\_o3.doc](http://lap.physics.auth.gr/pms/upload/Tropo_o3.doc)
16. Καθημερινή (μετάφραση και αναδημοσίευση από: THE GUARDIAN):  
Κατηγορήσατε τα δάση για την εκπομπή μεθανίου. Ανασύρθηκε στις 27  
Νοεμβρίου 2007 από :  
[http://news.kathimerini.gr/4dcgi/w\\_articles\\_world\\_2\\_13/01/2006\\_169832](http://news.kathimerini.gr/4dcgi/w_articles_world_2_13/01/2006_169832)
17. Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Τοξικολογία, Περιβαλλοντική Τοξικολογία και οικοτοξικολογία.  
Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από :  
[http://www.chem.uoa.gr/courses/organiki\\_1/oikotoxikologia/oiktx\\_K01.pdf](http://www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/oikotoxikologia/oiktx_K01.pdf)
18. Ντίνη Β. Περιβάλλον και οικονομική ανάπτυξη. Ανασύρθηκε στις 27  
Νοεμβρίου 2007 από:  
<http://www.nomosphysis.org.gr/articles.php?artid=3095&lang=1&catid=1>
19. Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή – Οικονομία και Περιβάλλον. Ανασύρθηκε στις 27  
Νοεμβρίου 2007 από: <http://paravantis.com/op01.pdf>
20. Ινστιτούτο τουριστικών Ερευνών και Προβλέψεων : Τουριστική ανάπτυξη και  
περιβαλλοντική προστασία. Ανασύρθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2007 από:  
<http://www.t-p.gr/presentations/presentation/62>
21. Καλιαμπάκας Δ. & Δαμίγος Δ. Περιβαλλοντική Οικονομία. Ανασύρθηκε στις 28  
Νοεμβρίου 2007 από:  
[http://www.survey.ntua.gr/main/studies/environ/6419/simeioseis\\_periv\\_oikonomi  
as.pdf](http://www.survey.ntua.gr/main/studies/environ/6419/simeioseis_periv_oikonomi<br/>as.pdf)
22. Tietenberg Tom. Οικονομική του Περιβάλλοντος και των Φυσικών πόρων,  
Gutenberg, Αθήνα, 1999.

23. The economics of climate change. Ανασύρθηκε στις 29 Νοεμβρίου 2007 από:  
<http://royalsociety.org/publication.asp?id=4279>
24. Background to Stern Review on the Economics of Climate Change. Ανασύρθηκε στις 29 Νοεμβρίου 2007 από: [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/sternreview\\_backgroundtoreview.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_backgroundtoreview.cfm)
25. Time to get Stern on climate change. Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από:  
<http://www.thefirstpost.co.uk/index.php?storyID=1910>
26. Κλιματική Αλλαγή και Οικονομία: Αίσθηση Προκαλούν τα Συμπεράσματα της Έκθεσης Στερν. Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από:  
<http://pacific.jour.auth.gr/emmeis/issues/02/2epistim1.html>
27. British Academy Fellows Archive. Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από:  
<http://www.britac.ac.uk/fellowship/directory/archive.asp?fellowsID=981>
28. World expert on Economics and Climate Change becomes HSBC Special Adviser. Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από:  
<http://www.hsbc.com/1/2/newsroom/news/news-archive-2007/world-expert-on-economics-and-climate-change-becomes-hsbc-special-adviser>
29. Stern Review final report. Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από:  
[http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm)
30. STERN REVIEW: The Economics of Climate Change. Summary of Conclusions. Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από: [http://www.hm-treasury.gov.uk/media/9/9/CLOSED\\_SHORT\\_executive\\_summary.pdf](http://www.hm-treasury.gov.uk/media/9/9/CLOSED_SHORT_executive_summary.pdf)
31. Μια ματιά στην Έκθεση STERN . Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από:  
<http://climatechange.gr.wordpress.com/2006/12/21/%ce%9c%ce%b9%ce%b1-%ce%bc%ce%b1%cf%84%ce%b9%ce%ac-%cf%83%cf%84%ce%b7%ce%bd-%ce%88%ce%ba%ce%b8%ce%b5%cf%83%ce%b7-%ce%a3%cf%84%ce%b5%cf%81%ce%bd/>

32. Ελίζα Παπαδάκη. SOS για το κλίμα της Γης. Χρειάζονται άμεσα μέτρα κόστους 1% του παγκόσμιου ΑΕΠ. . Τα Νέα, 01/11/2006 . Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από: [www.diamet.gr/sx\\_printText.asp?textID=2577](http://www.diamet.gr/sx_printText.asp?textID=2577).
33. SOS, ο πλανήτης Γη χρεοκοπεί. Ελευθεροτυπία .31/10/2006. Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από:  
[http://www.enet.gr/online/online\\_text/c=112,dt=31.10.2006,id=285436](http://www.enet.gr/online/online_text/c=112,dt=31.10.2006,id=285436)
34. Η παγκόσμια οικονομία κινδυνεύει από την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Κέρδος 31/10/2006. Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από:  
<http://www.kerdos.gr/default.aspx?id=430850&nt=103>
35. Τζιόβας Δ. Τα γεγονότα του μέλλοντος. Το Βήμαonline 11/02/2007. Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από:  
[http://www.tovima.gr/print\\_article.php?e=B&f=14988&m=B60&aa=2](http://www.tovima.gr/print_article.php?e=B&f=14988&m=B60&aa=2)
36. Ημερησία (μετάφραση και δημοσίευση από Financial Times 12/12/2006.) : Υπολογίζοντας το κόστος στην οικονομία από το φαινόμενο του θερμοκηπίου. 7/12/2007. Ανασύρθηκε στις 5 Δεκεμβρίου 2007 από:  
<http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=4669&subid=2&PubID=222501&word=%E8%E5F1%EC%EF%EA%E7%F0%DF%EF%F5>
37. H. R. Varian. Recalculating the Costs of Global Climate Change. Ανασύρθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2007 από:  
[http://www.nytimes.com/2006/12/14/business/14scene.html?\\_r=1&oref=slogin](http://www.nytimes.com/2006/12/14/business/14scene.html?_r=1&oref=slogin)
38. Sir Partha Dasgupta. Comments on the Stern Review's Economics of Climate Change. Ανασύρθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2007 από:  
<http://www.econ.cam.ac.uk/faculty/dasgupta/STERN.pdf>
39. Fraser N. Leaked UN report shows Stern is wrong on climate. 02/11/2006. Ανασύρθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2007 από: [www.thebusiness.co.uk](http://www.thebusiness.co.uk)
40. HM TREASURY. Responses to the Stern Review. Ανασύρθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2007 από: 1/2/20061028\_Quotes-7.pdf
41. Τσιπουρίδης Γ. Οι οικονομικές επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών . Ανασύρθηκε στις 10 Δεκεμβρίου 2007 από:  
<http://www.enthesis.net/index.php?news=585>