



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**  
**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)**  
**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**Κλιματικές Αλλαγές στον 21ο Αιώνα σε Παγκόσμιο Επίπεδο  
ως Αποτέλεσμα της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Προβλέψεις  
για το Μέλλον τους με Βάση Κλιματικά Μοντέλα**

**Γεώργιος Ζαρκαδούλας, Φυσικός**

**Επιτροπή Παρακολούθησης:**

**Καθηγήτρια Μ. Όξενκιουν - Πετροπούλου (επιβλέπουσα), Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.**

**Καθηγήτρια Μ. Λοϊζίδου, Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.**

**Επ. Καθηγήτρια Α. Χαλουλάκου - Χριστοδουλάκη, Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.**

**Περίληψη**

Τα τελευταία χρόνια ο πλανήτης έχει λάβει μια μεγάλη δημοσιότητα σχετικά με την αλλαγή του κλίματος, που εμφανίζεται κυρίως με τη μορφή της παγκόσμιας θέρμανσης, της τρύπας του όζοντος, της όξινης βροχής, της ρύπανσης του εδάφους, της ατμόσφαιρας, των υδάτων και της καταστροφής των δασών και των οικοσυστημάτων. Ενίοτε, οι διάφορες προσεγγίσεις που παρουσιάζονται στα μέσα μαζικής ενημέρωσης συνοδεύονται σχεδόν πάντοτε από μια υπερβολή, που σχετίζεται με την αλλαγή του κλίματος. Η επιστημονική μεθοδολογία και οι επιστημονικές μετρήσεις έχουν πράγματι δώσει ενδείξεις για όλα τα προαναφερόμενα, καταγράφοντας μια αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά  $0,4^{\circ}\text{C}$  -  $0,8^{\circ}\text{C}$  τα τελευταία 150 χρόνια και διαπιστώνοντας τη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος.

Οι αλλοιώσεις αυτές, που έχουν επιφέρει οι ανθρώπινες δραστηριότητες στο φυσικό περιβάλλον με κυριότερη τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, εκδηλώνονται πλέον σε τέτοια κλίμακα ώστε να επηρεάζουν τη γενική κατάσταση του πλανήτη. Θεωρούνται μάλιστα συνολικά ως ένα διασυνδεδεμένο σύστημα αλλαγών που αποκαλείται συνήθως «Πλανητική Μεταβολή». Μια μακροπρόθεσμη αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος πιθανόν να οφείλεται σε έναν καταστροφικό συνδυασμό πολυσύνθετων διεργασιών, προκαλώντας αποτελέσματα πολύ μεγαλύτερης ισχύος απ' ότι η απλή πρόσθεση των επιπτώσεων που θα είχε η κάθε μια ξεχωριστά.

Επειδή δεν είναι ακόμα γνωστό πώς να ενσωματωθούν όλες αυτές οι διεργασίες στα υπάρχοντα κλιματικά μοντέλα, αλλά και εξαιτίας του περιορισμένου αρχείου κλιματικών δεδομένων που υπάρχει σε πλανητικό επίπεδο, δεν είναι εφικτή η πρόβλεψη με βεβαιότητα για την έκταση και το μέγεθος των κλιματικών αλλαγών. Παρά τις επιστημονικές αβεβαιότητες για τους βιογεωχημικούς κύκλους και παρά τις διαφορετικές προσεγγίσεις που χαρακτηρίζουν τα υπάρχοντα κλιματικά μοντέλα, αυτά παραμένουν σήμερα τα καλύτερα εργαλεία για την πρόβλεψη των μελλοντικών κλιματικών αλλαγών, ενώ η διερεύνηση των πιθανών επιπτώσεων που μπορεί να έχουν τέτοιες αλλαγές αποτελεί ένα ανοιχτό θέμα για περαιτέρω έρευνα και μια σημαντική επιστημονική πρόκληση. Ωστόσο, οι απαντήσεις των κλιματικών μοντέλων πρέπει να εκλαμβάνονται μόνο ως σενάρια των πιθανών μελλοντικών κλιματικών αλλαγών και όχι ως σίγουρες προβλέψεις.

Όλα τα παραπάνω αποτελούν αντικείμενο της παρούσας εργασίας, η οποία χωρίζεται σε τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, εξετάζεται η ατμόσφαιρα και τα χαρακτηριστικά της καθώς και τα σημερινά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ως αναπόφευκτο επακόλουθο του προτύπου ανάπτυξης που ακολούθησε ο πολιτισμός τον προηγούμενο αιώνα. Περιγράφονται οι κυριότερες αιτίες και οι μορφές των περιβαλλοντικών προβλημάτων που έχουν άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις στο κλίμα, καθώς επίσης και η οικολογική κρίση στην οποία έχει περιέλθει ο πλανήτης ως συνέπεια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ειδική αναφορά γίνεται στο ενεργειακό πρόβλημα καθώς και στις χώρες εκείνες οι οποίες διαμορφώνουν δυσανάλογα σε σχέση με τις υπόλοιπες τις παγκόσμιες περιβαλλοντικές τάσεις, αφού αυτές επηρεάζουν το περιβάλλον σε διαφορετική χωρική και χρονική κλίμακα. Στο δεύτερο κεφάλαιο, εξετάζονται ειδικά ατμοσφαιρικά φαινόμενα που οφείλονται στη ρύπανση του περιβάλλοντος, όπως το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου, η μείωση της συγκέντρωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος και η όξινη βροχή. Εξετάζεται επίσης το φαινόμενο Ελ Νίνιο, το οποίο συνδέεται πιθανώς με την παγκόσμια θέρμανση. Μια σπουδαία δυναμική ακολουθία όλων αυτών των αλλοιώσεων στην ατμόσφαιρα είναι η ευρύτερη διατάραξη του κλίματος της Γης.

Στο τρίτο κεφάλαιο, εξετάζονται οι κλιματικές αλλαγές οι οποίες οφείλονται τόσο σε μεταβολές φυσικών συνθηκών, όσο και σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Ειδικότερα εξετάζεται η μεθοδολογία που ακολουθείται βασιζόμενη στην υιοθέτηση διαφόρων σεναρίων που προκύπτουν από τη χρήση κλιματικών μοντέλων, για τα μεγέθη αλλά και το είδος των ανθρωπογενών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, επιχειρώντας να διερευνήσουν τις πιθανές μελλοντικές αλλαγές στο παγκόσμιο κλίμα. Καταγράφονται οι πιο σημαντικές πρόσφατες παρατηρήσεις γύρω από τις διαταραχές του κλίματος παγκοσμίως, καθώς επίσης αναλύονται οι αναμενόμενες επιπτώσεις από τις κλιματικές αλλαγές στο φυσικό και το κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον του πλανήτη, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα πρόσφατων επιστημονικών μελετών.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο, αναφέρονται οι δραστηριότητες και οι πολιτικές της διεθνούς κοινότητας σχετικά με το περιβάλλον, την ανάπτυξη και το κλίμα, καθώς επίσης και η εθνική πολιτική για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, αφού η

αλλαγή του κλίματος απαιτεί προληπτική πολιτική δράση και η αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι ένα έργο συλλογικό που επιβάλλεται να γίνεται σε τοπική, εθνική και διεθνή κλίμακα με σκοπό την εξασφάλιση μιας αειφόρου ανάπτυξης για όλες τις χώρες και για όλους τους λαούς.

Το κυριότερο συμπέρασμα που προκύπτει, είναι ότι οι μελλοντικές κλιματικές αλλαγές θα υπονομεύσουν σε σημαντικό βαθμό τις προσπάθειες για αειφόρο ανάπτυξη σε πλανητικό επίπεδο. Συγκεκριμένα, οι κλιματικές αλλαγές αναμένεται να επιδεινώσουν σημαντικά τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα της ερημοποίησης, της έλλειψης νερού και της παραγωγής τροφίμων, ενώ επιπλέον θα εισάγουν και νέες απειλές για τη δημόσια υγεία, τα οικοσυστήματα και τις εθνικές οικονομίες. Αυτοί που πρωταρχικά θα πληγούν περισσότερο θα είναι οι φτωχές χώρες, αφού η υπάρχουσα υποδομή τους δεν τους αφήνει σοβαρά περιθώρια να οχυρωθούν απέναντι στις φυσικές καταστροφές.