



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης Master Thesis

Η κλιματική κρίση ως παράγοντας-διαμορφωτής του Διεθνούς Συστήματος. Η περίπτωση της τήξης των πάγων στην Αρκτική

The climate crisis as a factor-shaper of the International System. The case of melting Arctic ice

Σπυρίδων Τσώλης/ Spyridon Tsolis

A.M. / R.N. : 7114132200275

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No.

«Κωδικός_διπλωματικής»

Αθήνα, Μάιος 2024
Athens, May 2024



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης Master Thesis

Η κλιματική κρίση ως παράγοντας-διαμορφωτής του Διεθνούς Συστήματος. Η περίπτωση της τήξης των πάγων στην Αρκτική

The climate crisis as a factor-shaper of the International System. The case of melting Arctic ice

Σπυρίδων Τσώλης/ Spyridon Tsolis

A.M. / R.N. : 7114132200275

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

«Ειδική_Επ_Καθοδήγηση»

Δρ. Διακάκης Μιχάλης,
Διδακτικό Ερευνητικό Προσωπικό (ΔΕΠ)
Επίκουρος Καθηγητής,
Τομέας: Γεωγραφίας & Κλιματολογίας

Αντωνιάδης Κωνσταντίνος
Γεωλόγος - Περιβαλλοντολόγος M.Sc.
Ειδικός Επιστήμονας στο Συνήγορο

Δρ.Καρκάνη Άννα,
Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό
(ΕΔΙΠ), Τομέας: Γεωγραφίας & Κλιματολογίας

Δρ. Λέκκας Ευθύμης,
Καθηγητής Δυναμικής Τεκτονικής,
Εφαρμοσμένης Γεωλογίας &
Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No.
«Κωδικός_διπλωματικής»

Αθήνα, Μάιος
2024
Athens, May 2024

Περίληψη

Η κλιματική κρίση αποτελεί έναν παράγοντα ο οποίος επηρεάζει σημαντικά όλους τους τομείς του ανθρώπινου βίου. Η επιβάρυνση του πλανήτη και του φυσικού περιβάλλοντος έχει κορυφωθεί εδώ και αρκετές δεκαετίες, οδηγώντας στην κλιμάκωση της κλιματικής κρίσης, η οποία έχει πλέον αρχίσει να έχει ολέθριες συνέπειες για τον άνθρωπο, το φυσικό περιβάλλον και την άγρια ζωή. Η διεθνής πολιτική, λόγω της κρισιμότητας της κατάστασης έχει στρέψει το ενδιαφέρον της στην αντιμετώπιση των κρίσιμων περιβαλλοντικών προβλημάτων και στον περιορισμό των συνεπειών τους. Η κλιματική κρίση, αποτελεί το επίκεντρο της διεθνούς νομοθεσίας, των δεσμεύσεων σε διεθνές επίπεδο αλλά και της πολιτικής στόχευσης των σύγχρονων κρατών.

Στόχος της παρούσας έρευνας, ήταν να εξετάσει πως η κλιματική κρίση αποτελεί έναν παράγοντα ο οποίος επηρεάζει και διαμορφώνει το διεθνές σύστημα αλλά και τη διεθνή εξωτερική πολιτική και τις διεθνείς σχέσεις. Πιο συγκεκριμένα, μέσα από το παράδειγμα του κρίσιμου φαινομένου της τήξης των πάγων στην Αρκτική και του τρόπου με τον οποίο επιδρά στο πεδίο των διεθνών σχέσεων, αναδείχθηκε η σχέση μεταξύ περιβάλλοντος και διεθνών σχέσεων, η οποία καθίσταται ολοένα και πιο σημαντική στον 21^ο αιώνα.

Η μέθοδος η οποία εφαρμόστηκε για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων που εξυπηρετούν τον στόχο της παρούσας έρευνας εντάσσεται στην ποιοτική έρευνα και περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, για την ανάλυση δευτερογενών πηγών και τη μέθοδο της μελέτης περίπτωσης, μέσα από την ανάλυση πρωτογενών και δευτερογενών δεδομένων, του φαινομένου της τήξης των πάγων στην Αρκτική και της επίδρασής τους στο πεδίο των διεθνών σχέσεων.

Λέξεις κλειδιά: Κλιματική κρίση, λιώσιμο πάγων, νέοι θαλάσσιοι δρόμοι, διεθνείς ανταγωνισμοί

Abstract

Climate crisis is an issue that severely affects all areas of natural and anthropogenic life & environment. Both have experienced significant strain for many decades, resulting in a worsening climate crisis that is currently causing extreme impact on the planet and of course all living beings. Must note that the approach is mainly from an anthropocentric point of view. Given the seriousness of the climate crisis, global policy has shifted its focus towards tackling urgent environmental issues and reducing their impact. The climate crisis is a dominant concern in international policy, international agreements, and the political agenda of modern states.

The objective of this study is to investigate the impact of climate crisis on the world system, including international foreign policy and relations. The study emphasizes the growing significance of the relationship between environment and international relations in the 21st century, using the example of the critical phenomenon of ice melt in the Arctic and its impact on the field of international relations.

The research methodology employed to address the research questions in this study is a qualitative approach, which involves conducting a literature review to analyse secondary sources and utilizing the case study method to analyse primary and secondary data related to the phenomenon of ice melt in the Arctic and its implications for the field of international relations.

Keywords: climate crisis, ice melting, new sea routes, international competitions

Ευχαριστίες

Από βάθους καρδιάς ευχαριστώ όλους όσους προθυμοποιήθηκαν, ανέχτηκαν, αφιέρωσαν, ανταποκρίθηκαν και συνέβαλλαν προκειμένου περατώσω τούτη την εργασία και το εν λόγω μεταπτυχιακό πρόγραμμα στο σύνολό του. Ευχαριστώ επίσης αρκετούς συμφοιτητές και συμφοιτήτριες για την γνωριμία μας και τις άκρως εποικοδομητικές συζητήσεις που είχαμε και βεβαίως να τους ευχηθώ τα καλύτερα, ακαδημαϊκά και μη.

Ιδιαίτερη μνεία στο σύνολο των καθηγητών και στον επιβλέποντα κ. Αντωνιάδη Κωνσταντίνο για τις υποδείξεις και τις κατευθυντήριες γραμμές του.

Αφιέρωση

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται αρχικά στην οικογένειά μου και ακολούθως στην μητέρα μου και στον πεθερό μου που έχασαν αμφότεροι πρόωρα τους συζύγους τους. Ευελπιστώντας πως όλη αυτή η προσπάθεια θα αποτελέσει για αυτούς ένα όμορφο παράδειγμα.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract.....	6
Ευχαριστίες.....	7
Αφιέρωση.....	8
Λίστα εικόνων.....	10
Εισαγωγή.....	11
Κεφάλαιο 1 ^ο : Κλιματική Κρίση.....	13
1.1. Ορισμός.....	13
1.2. Αίτια Κλιματικής Κρίσης.....	16
1.3. Συνέπειες Κλιματικής Κρίσης.....	19
Κεφάλαιο 2 ^ο : Το φαινόμενο της τήξης των πάγων της Αρκτικής.....	31
2.1. Ορισμός.....	31
2.2. Περιβαλλοντικές συνέπειες.....	33
2.3. Γεωπολιτικές συνέπειες και προοπτικές.....	42
Συμπεράσματα.....	51
Βιβλιογραφία.....	57

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: Η άνοδος της θερμοκρασίας κατά τους τελευταίους δύο αιώνες.....	14
Εικόνα 2: Άνοδος επιπέδων CO ₂ με την πάροδο των αιώνων.....	15
Εικόνα 3: Αίτια κλιματικής κρίσης.....	18
Εικόνα 4: Απεικόνιση ρυθμού τήξης πάγων.....	38
Εικόνα 5: Απεικόνιση της απώλειας Πάγων σε χάρτη.....	40
Εικόνα 6: Ρωσικό πυρηνικό πλοίο.....	47
Εικόνα 7: Χάρτης της Αρκτικής.....	48
Εικόνα 8: Αλλαγές στον Παγκόσμιο Δείκτη Ειρήνης την περίοδο 2021-2022.....	53
Εικόνα 9: Η μεταβολή του αρκτικού πάγου 1980-2026.....	54

Εισαγωγή

Το ζήτημα της κλιματικής κρίσης αποτελεί ένα θέμα εξαιρετικής σημασίας, το οποίο επηρεάζει με άμεσο και με έμμεσο τρόπο όλες τις πτυχές του ανθρώπινου βίου αλλά και του περιβάλλοντος. Ο πλανήτης και το φυσικό περιβάλλον έχουν επιβαρυνθεί σημαντικά από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, με αποτέλεσμα την εντατικοποίηση της κλιματικής κρίσης που προκαλεί σήμερα σοβαρές επιπτώσεις για την ανθρωπότητα, το φυσικό περιβάλλον και την άγρια ζωή. Λόγω του μεγέθους της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και της κρισιμότητας της κατάστασης, η παγκόσμια πολιτική έχει στρέψει την προσοχή της στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών ζητημάτων και στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεών τους. Η κλιματική κρίση αποτελεί, κατά συνέπεια, κεντρικό θέμα της διεθνούς πολιτικής, των διεθνών συμφωνιών και της πολιτικής ατζέντας των σύγχρονων κρατών. Στην Αρκτική, μια περιοχή στην οποία ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας είναι δύο έως τρεις φορές υψηλότερος από τον παγκόσμιο μέσο όρο και η οποία θεωρείται ευάλωτη στην κλιματική κρίση, έχει συγκεντρωθεί το διεθνές ενδιαφέρον, με αποτέλεσμα ήδη να γίνονται συζητήσεις για τη μελλοντική εκμετάλλευση της περιοχής αλλά και τις συνέπειες της τήξης των πάγων της (Borenstein, 2022).

Οι μελετητές των διεθνών σχέσεων έχουν προτείνει μέχρι σήμερα ποικίλες ερμηνείες του όρου «διεθνής τάξη» ή «διεθνές σύστημα», ωστόσο, ένας αποδεκτός ορισμός είναι ότι αναφέρεται στις δομές διακυβέρνησης μεταξύ των κρατών, που περιλαμβάνουν τους βασικούς κανονισμούς, τις αξίες και τους θεσμούς τους. Τα Ηνωμένα Έθνη, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου (ΠΟΕ), το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο και το NATO αποτελούν απτές αναπαραστάσεις και φορείς των υφιστάμενων κυβερνητικών συστημάτων (Colgan, 2021).

Η κλιματική κρίση αποτελεί σημαντική απειλή για το σημερινό παγκόσμιο, διεθνές σύστημα. Όσο τα σύγχρονα κράτη εφαρμόζουν μέτρα φιλικά προς το κλίμα με διαφορετικούς ρυθμούς και σε διαφορετικές κλίμακες, έχουν την τάση να παρεκκλίνουν από τις τρέχουσες συμφωνίες για το εμπόριο και την οικονομική ολοκλήρωση. Ενδεικτικά, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου (ΠΟΕ) έχει εκδώσει στο παρελθόν αποφάσεις κατά των περιβαλλοντικών πολιτικών πολλών εθνών και ο πρόσφατα προτεινόμενος μηχανισμός

προσαρμογής των συνόρων άνθρακα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) μπορεί ενδεχομένως να οδηγήσει σε περαιτέρω νομικές διαμάχες.

Μέχρι στιγμής, έχουν υπάρξει τρεις διακριτοί τρόποι προσέγγισης σχετικά με την κλιματική κρίση που έχουν επηρεάσει την ανάλυση της στρατηγικής και της διεθνούς τάξης: η προοπτική του «πολλαπλασιαστική απειλών» (threat multiplier), η προοπτική της «αντισταθμίσεων των προβλημάτων» (issue tradeoffs) και η προοπτική του «διαφοροποιημένου τοπίου» (altered landscape) (Colgan, 2021).

Η κλιματική κρίση αποτελεί ενδεχομένως τον σημαντικότερο κίνδυνο για την ανθρωπότητα στην καταγεγραμμένη ιστορία. Διαθέτει συνεπώς την ικανότητα να επηρεάσει τη διεθνή πολιτική και τις διεθνείς σχέσεις πολύ έντονα. Επιπλέον, σηματοδοτεί ένα παγκόσμιο ζήτημα που απαιτεί διεθνή συνεργασία τόσο για τον μετριασμό του όσο και για την προσαρμογή των σύγχρονων πολιτικών. Μέχρι σήμερα, η διερεύνηση της κλιματικής κρίσης στο πεδίο των διεθνών σχέσεων δεν έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα, πόσο μάλλον σε σχέση με την διαρκώς αυξανόμενη σημασία της (Fortna, 2022).

Η παρούσα έρευνα έχει ως στόχο να αναλύσει τον αντίκτυπο της κλιματικής κρίσης στη διεθνή πολιτική και τις διεθνείς σχέσεις, συμπεριλαμβανομένης της διεθνούς εξωτερικής πολιτικής και του διεθνούς συστήματος γενικότερα. Για να αναδειχθεί η σχέση μεταξύ του περιβάλλοντος και των διεθνών σχέσεων, η ανάλυση αυτή επικεντρώνεται στη συγκεκριμένη περίπτωση της τήξης των πάγων στην Αρκτική και στον αντίκτυπό της στο πεδίο των διεθνών σχέσεων κατά τον 21^ο αιώνα.

Η ερευνητική μεθοδολογία που πρόκειται να αξιοποιηθεί στην παρούσα μελέτη είναι η ποιοτική προσέγγιση που περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση με την ανάλυση δευτερογενών πηγών, καθώς και τη μέθοδο μελέτης περίπτωσης για την ανάλυση πρωτογενών και δευτερογενών δεδομένων. Το επίκεντρο της έρευνας είναι το φαινόμενο της τήξης των πάγων στην Αρκτική και οι επιπτώσεις του στον τομέα των διεθνών σχέσεων.

Κεφάλαιο 1^ο : Κλιματική Κρίση

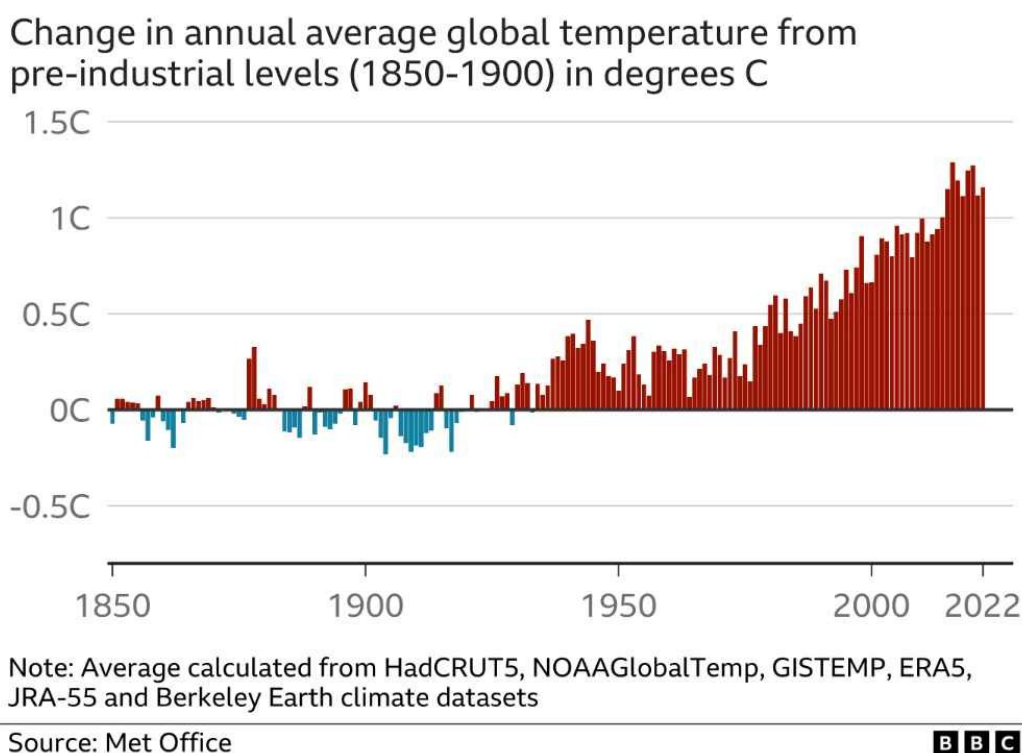
1.1. Ορισμός

Η έννοια κλίμα, η οποία διακρίνεται από την έννοια καιρός, αναφέρεται στον μέσο καιρό μίας περιοχής όπως προκύπτει μέσα από μακροχρόνια παρατήρηση. Σε αντίθεση με το κλίμα, ο καιρός μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις σε ημερήσια ή ετήσια βάση. Το κλίμα μιας περιοχής περιλαμβάνει τις μέσες εποχιακές θερμοκρασίες, τα πρότυπα βροχόπτωσης και τη συμπεριφορά των ανέμων. Οι ποικίλες διαφορετικές τοποθεσίες παρουσιάζουν διακριτές κλιματικές συνθήκες (Caney, 2015).

Η κλιματική κρίση αναφέρεται στη διαρκή τροποποίηση της θερμοκρασίας και των συνήθων καιρικών συνθηκών σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η κλιματική κρίση περιλαμβάνει τόσο τοπικά όσο και παγκόσμια φαινόμενα και μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη προβλεψιμότητα των καιρικών συνθηκών και φυσικές καταστροφές (Matug et al., 2013). Τα απρόβλεπτα καιρικά φαινόμενα τα οποία συνδέονται με την κλιματική κρίση δημιουργούν ιδιαίτερες προκλήσεις για τις γεωργικές περιοχές που εξαρτώνται από τις καλλιέργειες για την οικονομική τους επιβίωση, καθώς δεν μπορούν πλέον να βασίζονται στα αναμενόμενα επίπεδα θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων για τη συντήρηση και την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Η κλιματική κρίση έχει επίσης συνδεθεί με άλλα επιζήμια καιρικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένης της αυξημένης συχνότητας και της αυξημένης έντασης των τυφώνων, των πλημμυρών, των ισχυρών βροχοπτώσεων και των χειμερινών καταιγίδων (National Geographic, 2023).

Στο σημείο τούτο, να αναφέρεται το εξής: Πυκνά-συχνά, τόσο στον γραπτό όσο και στον προφορικό –δημόσιο και μη- λόγο, χρησιμοποιείται ο όρος «κλιματική αλλαγή». Ο όρος αυτός χαρακτηρίζεται ως αδόκιμος διότι σύμφωνα με τον καθηγητή Ευθύμη Λέκκα αυτό απαντά γεωλογικές περιόδους χιλιάδων ετών, κάτι που έχει συμβεί πολλάκις εις το παρελθόν. Αντιθέτως, ο έτερος όρος «κλιματική κρίση» αναφέρεται στις διαφοροποιήσεις των υδρομετεωρολογικών συνθηκών που συντελούνται βιαιώς και που φυσικά τα φαινόμενα επιταχύνονται σε καταλυτικό βαθμό εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας (Greenagenta, 2023). Σύμφωνα με τον καθηγητή Λέκκα βιώνουμε μία καινούρια

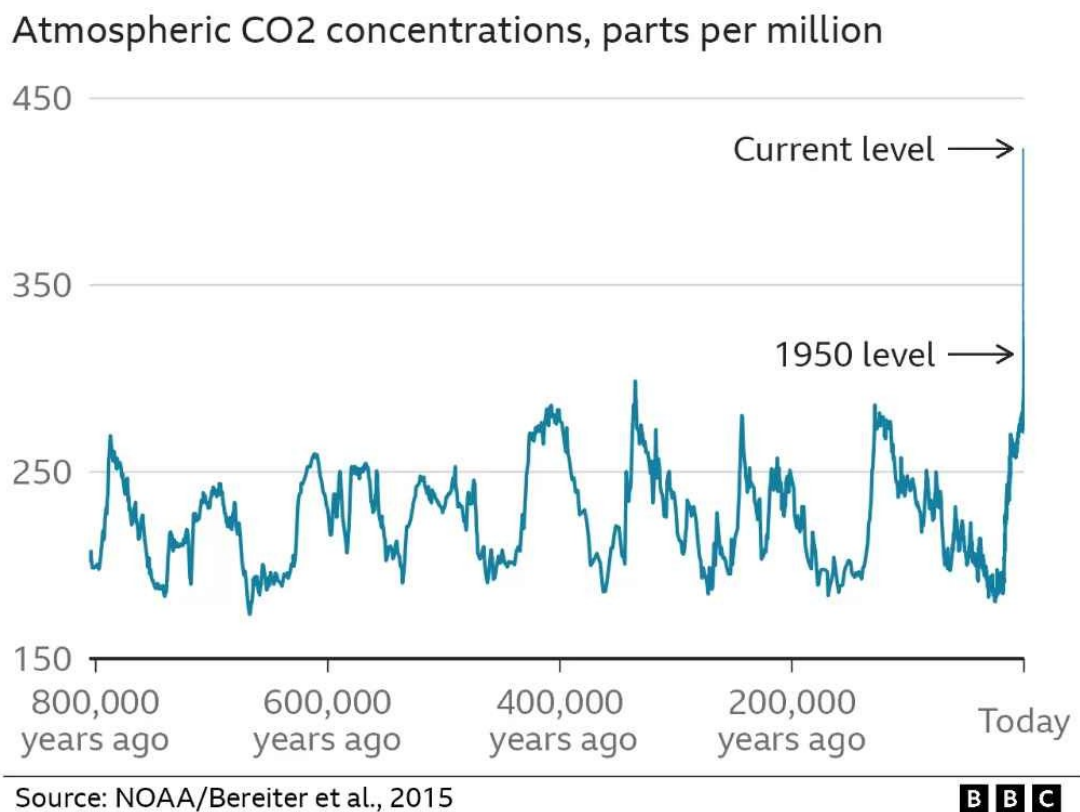
πραγματικότητα που τείνει σε κανονικότητα. Αυτή η πραγματικότητα διαφέρει από την παλαιά και συνίσταται, μεταξύ άλλων, στην πολυπλοκότητα των κινδύνων, σε ακραία γεγονότα και νέες μορφές κρίσεων, σε μεγαλύτερη κλίμακα καταστροφών και σε τεράστιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Ναυτεμπορική, 2021). Ο καθηγητής επισημαίνει επίσης πως έως το έτος 2030 οι μετανάστες ανά τον κόσμο θα κυμανθούν περί τα 400 εκατομμύρια λόγω της κλιματικής κρίσης και των φυσικών καταστροφών (Οικονομικός Ταχυδρόμος, 2023).



Εικόνα 1: Η άνοδος της θερμοκρασίας κατά τους τελευταίους δύο αιώνες (Πηγή εικόνας: BBC)

Στις πολικές περιοχές, η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας που συνδέεται με την κλιματική κρίση έχει ως αποτέλεσμα την ταχεία τήξη των πάγων και των παγετώνων, φαινόμενο το οποίο συμβαίνει με αυξημένο ρυθμό από εποχή σε εποχή. Το φαινόμενο αυτό συμβάλλει στην ανύψωση της στάθμης της θάλασσας σε πολλές γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη. Η επακόλουθη άνοδος της στάθμης της θάλασσας επιφέρει επιζήμιες επιπτώσεις στις ακτές, οι οποίες εκδηλώνονται ως φαινόμενα πλημμυρών και διάβρωσης (Eckersley, 2013).

Η ανθρωπογενής δραστηριότητα, ιδίως η καύση ορυκτών καυσίμων, όπως το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο και ο άνθρακας, είναι ο κύριος παράγοντας της συνεχιζόμενης κλιματικής κρίσης. Η καύση αυτών των ουσιών εκπέμπει αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα της Γης. Τα αέρια αυτά, όταν υπάρχουν, δρουν ως φράγμα που απορροφά και συγκρατεί τη θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία εντός της γήινης ατμόσφαιρας, οδηγώντας σε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη αναφέρεται ως υπερθέρμανση του πλανήτη. Η υπερθέρμανση του πλανήτη επηρεάζει το κλίμα συγκεκριμένων περιοχών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο. Το κλίμα έχει δεχτεί συνεχείς διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ιστορίας του πλανήτη μας. Στη φυσική της πορεία, η διαδικασία αυτή εκτυλίσσεται σταδιακά σε διάστημα εκατοντάδων και χιλιάδων ετών. Η σημερινή ανθρωπογενής κλιματική κρίση, ωστόσο, συντελείται με επιταχυνόμενο ρυθμό (National Geographic, 2023).



Εικόνα 2: Άνοδος επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα με την πάροδο των αιώνων (Πηγή εικόνας: BBC)

1.2. Αίτια κλιματικής κρίσης

Τα ορυκτά καύσιμα, συμπεριλαμβανομένου του άνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, είναι η κύρια αιτία της παγκόσμιας κλιματικής κρίσης, καθώς ευθύνονται για περισσότερο από το 75% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και σχεδόν το 90% όλων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Ηνωμένα Έθνη, 2023).

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου περιβάλλουν τη Γη, παγιδεύοντας τη θερμότητα του ήλιου. Κατά συνέπεια, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της κλιματικής αλλαγής. Επί του παρόντος, ο ρυθμός υπερθέρμανσης του πλανήτη ξεπερνά κάθε προηγούμενη περίοδο που έχει καταγραφεί στην ιστορία. Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες διαχρονικά μεταβάλλουν τα καιρικά φαινόμενα και διαταράσσουν την τυπική ισορροπία της φύσης. Το φαινόμενο αυτό δημιουργεί πολυάριθμους κινδύνους για τον άνθρωπο και όλες τις άλλες μορφές ζωής στη Γη (Stern & Kaufmann, 2014).

Η καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας συμβάλλει σημαντικά στις παγκόσμιες εκπομπές ρύπων. Η πλειονότητα της ενέργειας παράγεται σήμερα με την καύση άνθρακα, πετρελαίου ή φυσικού αερίου, με αποτέλεσμα την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και οξειδίου του αζώτου. Περίπου το 25% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από ανανεώσιμες πηγές, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, οι πηγές αυτές έχουν ελάχιστες έως καθόλου εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ή ρύπων στην ατμόσφαιρα (Ηνωμένα Έθνη, 2023).

Η μεταποίηση και η βιομηχανία παράγουν επίσης εκπομπές κυρίως μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων για την παροχή ενέργειας για την παραγωγή διαφόρων ειδών, όπως τσιμέντο, σίδηρο, χάλυβα, ηλεκτρονικά είδη, πλαστικά, είδη ένδυσης και άλλα εμπορεύματα. Η εξόρυξη καθώς και άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου, όπως και ο κατασκευαστικός τομέας. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία λειτουργούν συνήθως με άνθρακα, πετρέλαιο ή φυσικό αέριο, ενώ ορισμένα προϊόντα, όπως τα πλαστικά, προέρχονται από χημικές ουσίες που λαμβάνονται από ορυκτά καύσιμα. Κατά συνέπεια, ο τομέας της

μεταποίησης συμβάλλει σημαντικά στις παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Hardy, 2003).

Μία ακόμη ενέργεια η οποία συμβάλλει στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι η αποψίλωση των δασών. Η αποψίλωση των δασών μειώνει την ικανότητα των δέντρων να απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα, μειώνοντας έτσι την ικανότητα της φύσης να μετριάξει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Η αποψίλωση των δασών, σε συνδυασμό με τη γεωργία και τις αλλαγές στη χρήση γης, ευθύνεται για το 25% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Ηνωμένα Έθνη, 2023).

Περνώντας στον τομέα των μεταφορών, η πλειονότητα των αυτοκινήτων, των φορτηγών, των πλοίων και των αεροσκαφών κινείται με ορυκτά καύσιμα. Οι μεταφορές αποτελούν σημαντική πηγή αερίων του θερμοκηπίου, ιδίως εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ο κύριος παράγοντας των εκπομπών είναι τα οχήματα, κυρίως λόγω της καύσης καυσίμων με βάση το πετρέλαιο, όπως η βενζίνη, σε κινητήρες εσωτερικής καύσης. Ωστόσο, και οι εκπομπές που παράγονται από πλοία και αεροπλάνα αυξάνονται διαρκώς. Οι μεταφορές είναι υπεύθυνες για το 25% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με την ενέργεια. Οι δείκτες υποδηλώνουν σημαντική αύξηση της χρήσης ενέργειας για τις μεταφορές τα επόμενα χρόνια (Stern & Kaufmann, 2014).

Επιπροσθέτως, η παραγωγή τροφίμων έχει ως αποτέλεσμα την έκλυση διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και άλλων αερίων του θερμοκηπίου με πολλαπλούς τρόπους, όπως η αποψίλωση των δασών και η εκχέρσωση της γης για τη γεωργία και τη βόσκηση, οι διαδικασίες πέψης των βοοειδών και των αμνοεριφίων, η παρασκευή και η εφαρμογή λιπασμάτων και χλωρής λίπανσης για την καλλιέργεια φυτών και η χρήση ορυκτών καυσίμων για τη λειτουργία γεωργικών μηχανημάτων ή αλιευτικών σκαφών (Anwar et al., 2013). Η παραγωγή τροφίμων συμβάλλει σημαντικά στην κλιματική κρίση. Επιπλέον, η συσκευασία και η παράδοση τροφίμων συμβάλλουν στην έκλυση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Σε παγκόσμια κλίμακα, τα οικιστικά και εμπορικά κτίρια αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 50% της συνολικής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Βασιζόμενα στον

άνθρακα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο για σκοπούς θέρμανσης και ψύξης, απελευθερώνουν σημαντικές ποσότητες εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με την ενέργεια από τα κτίρια λόγω της αυξανόμενης ανάγκης για θέρμανση και ψύξη, της αύξησης της ιδιοκτησίας κλιματιστικών και της αυξημένης χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό, συσκευές και συνδεδεμένες συσκευές (Ηνωμένα Έθνη, 2023).



Εικόνα 3 Αίτια κλιματικής κρίσης. Πηγή www.dattmedi.com

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες που σχετίζονται με την κατοικία, τη χρήση ενέργειας, τις μεθόδους μεταφοράς, τις διατροφικές επιλογές και τις πρακτικές απόρριψης αποβλήτων. Η κατανάλωση προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των ενδυμάτων, των ηλεκτρονικών συσκευών (gadgets) και των πλαστικών, συμβάλλει επίσης σε αυτό το φαινόμενο. Οι ιδιωτικές κατοικίες ευθύνονται για ένα σημαντικό μέρος των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ο τρόπος που ο σύγχρονος άνθρωπος ζει έχει σημαντική επίδραση στον πλανήτη. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα πιο εύπορα κοινωνικά στρώματα έχουν το μεγαλύτερο βαθμό ευθύνης για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς το 1% του παγκόσμιου πληθυσμού συνεισφέρει μεγαλύτερη ποσότητα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με το 50% των μη οικονομικά προνομιούχων (Ηνωμένα Έθνη, 2023).

1.3. Συνέπειες κλιματικής κρίσης

Η κλιματική κρίση επηρεάζει κάθε τοποθεσία σε ολόκληρο τον κόσμο. Οι πάγοι στις πολικές περιοχές βρίσκονται σε διαδικασία τήξης, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Σε ορισμένες περιοχές ιδιαίτερα, παρατηρείται αύξηση της εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων και σημαντικών βροχοπτώσεων, ενώ άλλες περιοχές αντιμετωπίζουν κύματα καύσωνα και σοβαρές ξηρασίες. Η άμεση δράση για το κλίμα είναι απαραίτητη για να αποφευχθεί η επιδείνωση αυτών των επιπτώσεων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Η κλιματική κρίση αποτελεί σημαντική και σοβαρή απειλή, η οποία επηρεάζει πολλές πτυχές του ανθρώπινου βίου, αλλά και του περιβάλλοντος, γεγονός που την έχει καταστήσει μία σοβαρότερη από τις απειλές που αντιμετώπισε ποτέ η ανθρωπότητα.

Η κλιματική κρίση έχει προκαλέσει αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας και έχει ως αποτέλεσμα την όλο και πιο συχνή εμφάνιση εξαιρετικά υψηλών θερμοκρασιών, με ακραία φαινόμενα, όπως οι καύσωνες. Οι αυξημένες θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένα ποσοστά θανάτων, μειωμένη παραγωγή και υποβάθμιση των υποδομών. Τα άτομα που είναι πιο ευάλωτα, όπως οι ηλικιωμένοι, οι άστεγοι και οι άνθρωποι χωρίς πρόσβαση σε χώρους θέρμανσης και τα βρέφη, βιώνουν τις μεγαλύτερες επιπτώσεις (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Οι αυξημένες θερμοκρασίες αναμένεται να προκαλέσουν μετατόπιση της χωρικής διάταξης των κλιματικών ζωνών. Οι τροποποιήσεις αυτές επηρεάζουν τη διασπορά και τον πληθυσμό πολλών φυτικών και ζωικών ειδών, τα οποία αντιμετωπίζουν ήδη προκλήσεις λόγω της υποβάθμισης των ενδιαιτημάτων και της ρύπανσης (Δελιάς, 2015).

Οι αυξημένες θερμοκρασίες αναμένεται ακόμη να επηρεάσουν την συμπεριφορά και τον κύκλο ζωής των ζωικών και φυτικών ειδών. Κατά συνέπεια, αυτό θα μπορούσε να

οδηγήσει σε αύξηση του πληθυσμού των παρασίτων και των χωροκατακτητικών ειδών, καθώς και σε έξαρση της επικράτησης συγκεκριμένων ασθενειών.

Επιπλέον, θα μπορούσε να μειωθεί η παραγωγικότητα και η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας (Anwar et al., 2013), καθώς και η ικανότητα των οικοσυστημάτων να παρέχουν κρίσιμες υπηρεσίες και πόρους (όπως η παροχή μη μολυσμένου νερού ή φρέσκου και αμόλυντου αέρα). Με τον τρόπο αυτό, τίθενται εξαιρετικά σοβαρά ζητήματα, τα οποία αφορούν την επισιτιστική ασφάλεια του πλανήτη καθώς και την πρόσβαση σε πολύτιμους για τη ζωή πόρους όπως το νερό και το οξυγόνο (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Οι αυξημένες θερμοκρασίες επιταχύνουν την εξάτμιση του νερού, η οποία, όταν συνδυάζεται με ανεπαρκείς βροχοπτώσεις, αυξάνει την πιθανότητα σοβαρών ξηρασιών.

Αν και λόγω της κλιματικής κρίσης υπάρχει πιθανότητα να μειωθεί η εμφάνιση ακραίων φαινομένων χαμηλών θερμοκρασιών, όπως τα κύματα ψύχους και οι ημέρες παγετού στην Ευρώπη, η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει αντίκτυπο στην προβλεψιμότητα των καιρικών φαινομένων και, ως εκ τούτου, δυσχεραίνει την ικανότητά του ανθρώπου να ρυθμίζει τις δραστηριότητες του και να λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης (Matug et al., 2013).

Ως αποτέλεσμα της κλιματικής κρίσης, σε πολλές ευρωπαϊκές περιοχές παρατηρείται σήμερα αύξηση της εμφάνισης, της σοβαρότητας και της διάρκειας των ξηρασιών. Η ξηρασία είναι μια παροδική και άτυπη ανεπάρκεια στην παροχή νερού που προκύπτει από τη συμβολή της μειωμένης βροχόπτωσης και της αυξημένης εξάτμισης του νερού (που οφείλεται στις αυξημένες θερμοκρασίες). Η λειψυδρία, σε αντίθεση με την έλλειψη νερού, αναφέρεται στην επίμονη έλλειψη γλυκού νερού που προκαλείται από την υπερβολική κατανάλωση νερού.

Οι ξηρασίες επιφέρουν ως αποτέλεσμα δευτερογενείς συνέπειες, όπως η διακοπή των υποδομών μεταφορών, η μείωση της παραγωγικότητας της γεωργίας και της δασοκομίας, η έλλειψη νερού και η απώλεια της βιοποικιλότητας (Banon, 2008). Ακόμη, συμβάλλουν στην εξάντληση της στάθμης των ποταμών και των υπόγειων υδάτων,

εμποδίζουν την ανάπτυξη των δέντρων και των καλλιεργειών, επιδεινώνουν τις προσβολές από παράσιτα και εντείνουν τις δασικές πυρκαγιές.

Εντός της Ευρώπης, οι κύριοι τομείς που επηρεάζονται από τις ξηρασίες, με αποτέλεσμα την εκτιμώμενη ετήσια απώλεια περίπου 9 δισεκατομμυρίων ευρώ, είναι η γεωργία, η ενεργειακή βιομηχανία και η δημόσια ύδρευση. Η Ευρώπη βιώνει αύξηση της συχνότητας των σοβαρών ξηρασιών, οι οποίες επίσης προκαλούν κλιμακούμενες ζημιές (Δελιάς, 2015).

Μια αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας κατά 3°C αναμένεται να οδηγήσει σε διπλασιασμό της συχνότητας των ξηρασιών και σε αύξηση των ζημιών που σχετίζονται με την ξηρασία στην Ευρώπη σε 40 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως. Οι περιοχές της Μεσογείου και του Ατλαντικού θα δουν τις πιο σοβαρές επιπτώσεις. Η συχνότητα και η σοβαρότητα των ξηρασιών θα ενισχύσει τη διάρκεια και την ένταση της περιόδου δασικών πυρκαγιών, ειδικά στην περιοχή της Μεσογείου (Giorgi & Lionello, 2008). Η κλιματική κρίση προκαλεί αύξηση του γεωγραφικού εύρους των κινδύνων δασικών πυρκαγιών. Έτσι, περιοχές που σήμερα δεν επηρεάζονται από πυρκαγιές μπορεί να γίνουν ευάλωτες σε πυρκαγιές (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Ακόμη, με την άνοδο της παγκόσμιας θερμοκρασίας, παρατηρούνται αξιοσημείωτες μεταβολές στα πρότυπα βροχοπτώσεων, αυξημένη εξάτμιση του νερού, τήξη των παγετώνων και επακόλουθη άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την προσβασιμότητα σε πόσιμο νερό.

Οι αναμενόμενες συνέπειες περιλαμβάνουν μείωση της ποιότητας του νερού λόγω της εμφάνισης συχνότερων και σοβαρότερων ξηρασιών, καθώς και αύξηση της θερμοκρασίας του νερού. Οι συνθήκες αυτές ευνοούν τον πολλαπλασιασμό επιβλαβών βακτηρίων, επιδεινώνοντας περαιτέρω το ζήτημα της λειψυδρίας που προκαλείται κυρίως από ανθρώπινες ενέργειες (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Η κλιμάκωση των βροχοπτώσεων (απότομες έντονες βροχοπτώσεις) είναι επίσης πιθανό να επηρεάσει το μέγεθος και τον όγκο του προσβάσιμου πόσιμου νερού, καθώς το νερό της βροχής μπορεί να εισάγει ανεπεξέργαστα λύματα στα επιφανειακά ύδατα.

Τα περισσότερα ποτάμια στην Ευρώπη έχουν τις πηγές τους σε λοφώδεις περιοχές και οι Άλπεις συνεισφέρουν το 40% του πόσιμου νερού της ηπείρου. Συνεπώς, οι μεταβολές στη δυναμική του χιονιού και των παγετώνων, μαζί με τις αλλαγές στα πρότυπα βροχόπτωσης, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε παροδική λειψυδρία στην Ευρώπη. Οι μεταβολές που προκαλούνται από την ξηρασία στις ροές των ποταμών μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ναυσιπλοΐα (Βερτσώνης, 2014) και την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Η κλιματική κρίση αναμένεται να οδηγήσει σε αυξημένες βροχοπτώσεις σε πολλές περιοχές. Οι παρατεταμένες περίοδοι αυξημένων βροχοπτώσεων οδηγούν κυρίως σε υπερχειλίση ποταμών, αλλά οι σύντομες αλλά ισχυρές βροχοπτώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε πλημμύρες, με όλους τους επικείμενους συνδεδεμένους κινδύνους, όπως οι καταστροφές NaTech.

Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, οι πλημμύρες των ποταμών, μαζί με τις καταιγίδες, ήταν ένα πολύ συχνό φαινόμενο στην Ευρώπη, με αποτέλεσμα την απώλεια ανθρώπινων ζωών, αλλά και σημαντικές οικονομικές ζημιές. Η κλιματική κρίση αναμένεται να αυξήσει την εμφάνιση αιφνίδιων πλημμυρών σε όλη την Ευρώπη τα επόμενα χρόνια, καθώς οι θερμότερες θερμοκρασίες αναμένεται να οδηγήσουν σε μεγαλύτερη εμφάνιση και ένταση των σοβαρών καταιγίδων.

Επιπλέον, μία από τις σημαντικότερες συνέπειες της κλιματικής κρίσης είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η οποία σημείωσε αύξηση κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα, τάση η οποία έχει ενταθεί κατά τους πιο πρόσφατους χρόνους. Η αύξηση αποδίδεται κυρίως στη θερμική διαστολή των ωκεανών που προκαλείται από την υπερθέρμανση του πλανήτη. Ωστόσο, η αύξηση της στάθμης της θάλασσας επηρεάζεται επίσης από τον πάγο που προέρχεται από το λιώσιμο των παγετώνων και το στρώμα πάγου της Ανταρκτικής (Reid et al., 2009). Η αναμενόμενη αύξηση της στάθμης της θάλασσας στην Ευρώπη μέχρι το τέλος του αιώνα εκτιμάται ότι θα είναι κατά μέσο όρο μεταξύ 60 και 80 εκατοστών. Η πρόβλεψη αυτή εξαρτάται κυρίως από τον ρυθμό τήξης του στρώματος πάγου της Ανταρκτικής.

Περίπου το ένα τρίτο του πληθυσμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατοικεί σε ακτίνα 50 χιλιομέτρων από την ακτογραμμή και οι παράκτιες αυτές περιοχές συνεισφέρουν περισσότερο από 30% στο συνολικό Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) της Ένωσης. Η οικονομική αποτίμηση των περιουσιακών στοιχείων που βρίσκονται σε ακτίνα 500 μέτρων από τους ωκεανούς της Ευρώπης κυμαίνεται μεταξύ 500 και 1.000 δισεκατομμυρίων ευρώ. Η αυξημένη στάθμη του νερού της θάλασσας εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους για την ευημερία των ατόμων, των υποδομών, των επιχειρήσεων και των οικοσυστημάτων στα μέρη αυτά.

Επιπλέον, αναμένεται ότι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα μειώσει την προσβάσιμη ποσότητα πόσιμου νερού, καθώς το θαλασσινό νερό διεισδύει όλο και περισσότερο στα υπόγεια δίκτυα ύδρευσης. Αυτό αναμένεται επίσης να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της διήθησης αλμυρού νερού στα συστήματα γλυκού νερού, επηρεάζοντας έτσι τη γεωργία και τη διαθεσιμότητα πόσιμου νερού (Anwar et al., 2013).

Επιπλέον, η κλιματική κρίση και η επακόλουθη αύξηση της στάθμης του νερού θα έχει αντίκτυπο στην ποικιλομορφία των ζωντανών οργανισμών στα παράκτια περιβάλλοντα, καθώς και στα οικολογικά οφέλη και τους πόρους που προσφέρουν. Αρκετοί υγρότοποι αναμένεται να χαθούν, γεγονός που θα θέσει σε κίνδυνο ξεχωριστά είδη πτηνών και βοτάνων και θα αφαιρέσει την προστασία που προσφέρουν οι περιοχές αυτές από τα κύματα καταιγίδων.

Ο ρυθμός της κλιματικής κρίσης επιταχύνεται σημαντικά, θέτοντας προκλήσεις για πολλά φυτικά και ζωικά είδη όσον αφορά την ικανότητά τους να προσαρμοστούν. Η κλιματική κρίση ασκεί έμμεσες επιδράσεις στη βιοποικιλότητα μεταβάλλοντας τη χρήση της γης και τη χρήση άλλων πόρων. Οι έμμεσες συνέπειες περιλαμβάνουν την εξάντληση των ενδιαιτημάτων, την υπερεκμετάλλευση, τη ρύπανση του αέρα, του νερού και του εδάφους. Οι συνέπειες αυτές θα μειώσουν επιπλέον την ικανότητα των οικοσυστημάτων να αντέξουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και την ικανότητά τους να παρέχουν κρίσιμες υπηρεσίες, όπως η ρύθμιση του κλίματος, η παροχή τροφής, η εξασφάλιση καθαρού αέρα και νερού και ο έλεγχος των πλημμυρών ή της διάβρωσης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Η κλιματική κρίση, συνεπώς μπορεί να επιδεινώσει τη διάβρωση του εδάφους, την εξάντληση της οργανικής ύλης, την έλλειψη πόσιμου νερού, την απώλεια της βιοποικιλότητας του εδάφους, τις κατολισθήσεις, την ερημοποίηση και τις πλημμύρες. Ο αντίκτυπος της κλιματικής κρίσης στην αποθήκευση άνθρακα στο έδαφος μπορεί να σχετίζεται με τις μεταβολές στα επίπεδα του CO₂, την άνοδο της θερμοκρασίας και τη μετατόπιση των προτύπων βροχόπτωσης. Κλιματικά φαινόμενα όπως οι έντονες βροχοπτώσεις, η γρήγορη τήξη των πάγων, οι μεγάλες ποσότητες ροής ποταμών και οι αυξημένες ξηρασίες συμβάλλουν στην υποβάθμιση του εδάφους σε συνδυασμό με άλλες, ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Αναμένεται δε να οδηγήσει σε σημαντικές μεταβολές στη διαθεσιμότητα νερού σε ολόκληρη την Ευρώπη, ως συνέπεια των λιγότερο προβλέψιμων βροχοπτώσεων και των πιο σοβαρών καταιγίδων (Matug et al., 2013). Οι προαναφερθείσες μεταβολές θα οδηγήσουν σε αυξημένη έλλειψη νερού, ιδίως στη νότια και νοτιοανατολική Ευρώπη (Giorgi & Lionello, 2008), καθώς και σε αυξημένη πιθανότητα πλημμυρών σε σημαντικό τμήμα της ηπείρου. Οι επακόλουθες μεταβολές θα επηρεάσουν πολυάριθμες χερσαίες και θαλάσσιες περιοχές, καθώς και ένα ευρύ φάσμα φυσικών οικοτόπων και οικοσυστημάτων (Δελιάς, 2015).

Η θερμοκρασία του νερού αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την αξιολόγηση της γενικής ευημερίας των υδάτινων οικοσυστημάτων, καθώς επηρεάζει άμεσα τα όρια επιβίωσης των υδρόβιων οργανισμών εντός του συγκεκριμένου εύρους θερμοκρασιών. Οι κλιματικές μεταβολές έχουν οδηγήσει σε αυξημένες θερμοκρασίες νερού σε ποτάμια και λίμνες, καθώς και σε μειωμένη κάλυψη πάγου, με αποτέλεσμα σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού και στα οικοσυστήματα γλυκού νερού (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023) .

Η κλιματική κρίση θα έχει βαθιές επιπτώσεις στους ωκεανούς, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας, της οξύτητας των ωκεανών και των μεταβολών στα ρεύματα και τα πρότυπα των ανέμων. Οι αλλαγές αυτές θα τροποποιήσουν σε μεγάλο βαθμό τη φυσική και βιολογική σύσταση των ωκεανών (Reid et al., 2009). Οι διακυμάνσεις των θερμοκρασιών και οι μεταβολές στην κυκλοφορία των ωκεανών έχουν την ικανότητα να τροποποιούν τη χωρική διασπορά των υδρόβιων οργανισμών. Η άνοδος των ωκεάνιων θερμοκρασιών μπορεί επίσης να επιτρέψει την εξάπλωση μη ιθαγενών οργανισμών σε περιοχές όπου προηγουμένως δεν μπορούσαν να

υπάρξουν. Οι μεταβολές θα επηρεάσουν αναπόφευκτα τα παράκτια και θαλάσσια οικοσυστήματα, οδηγώντας σε σημαντικές κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις για πολλές περιοχές (Reid et al., 2009).

Η κλιματική κρίση αποτελεί σημαντικό κίνδυνο όχι μόνο για την ανθρώπινη ευημερία αλλά και για την ευημερία των ζώων και των φυτών. Ενώ μπορεί να μην δημιουργήσει αρκετούς νέους ή άγνωστους κινδύνους για την υγεία, θα επιδεινώσει και θα εντείνει και τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα (Δελιάς, 2015).

Οι εκτιμώμενες επιπτώσεις της με γοργούς ρυθμούς επερχόμενης κλιματικής κρίσης στην υγεία αναμένεται να είναι ιδιαίτερα σημαντικές στους ακόλουθους τομείς (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023):

1. Αυξημένη θνησιμότητα και νοσηρότητα που συνδέονται με τους καλοκαιρινούς καύσωνες.

2. Μείωση της χειμερινής θνησιμότητας και νοσηρότητας που συνδέεται με τις χαμηλές θερμοκρασίες.

3. Εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως πλημμύρες, πυρκαγιές και καταιγίδες, οδηγεί σε αυξημένη πιθανότητα ατυχημάτων και επηρεάζει σημαντικά τη συνολική ευημερία.

4. Μεταβολές στον επιπολασμό και τις συνέπειες των ασθενειών που μεταδίδονται από φορείς ή τρωκτικά, καθώς και των ασθενειών που μεταδίδονται μέσω του νερού ή των τροφίμων.

5. Μεταβολές στην εποχιακή διασπορά συγκεκριμένων αλλεργιογόνων ειδών γύρης, στην εμβέλεια των ιών και στην κατανομή των παρασίτων και των ασθενειών.

6. Αύξηση των νέων και παλαιότερων ασθενειών των ζώων στην Ευρώπη, που προκαλούνται από ιογενείς ζωνοσούς και ασθένειες που μεταδίδονται με διαβιβαστές, που θέτουν σημαντικές προκλήσεις τόσο για την υγεία των ζώων όσο και για την υγεία του ανθρώπου.

7. Αναδυόμενοι και επανεμφανιζόμενοι φυτικοί εχθροί, όπως έντομα, μολύνσεις και άλλοι επιβλαβείς οργανισμοί, καθώς και ασθένειες που επηρεάζουν τα δασικά και γεωργικά συστήματα.

8. Κίνδυνοι που συνδέονται με τις μεταβολές στην ποιότητα του αέρα και τα επίπεδα του όζοντος.

Τα άτομα που διαμένουν σε οικονομικά μειονεκτικές μητροπολιτικές περιοχές που χαρακτηρίζονται από ανεπαρκείς υποδομές, καθώς και τμήματα του πληθυσμού με χαμηλότερα εισοδήματα και περιουσιακά στοιχεία, αντιμετωπίζουν αυξημένη ευπάθεια στις συνέπειες που σχετίζονται με το κλίμα και διαθέτουν μικρή ανθεκτικότητα για να αντέξουν τις επιπτώσεις αυτές. Τα άτομα που είναι άνεργα και κοινωνικά περιθωριοποιημένα είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στις δυσμενείς επιπτώσεις των κλιματικών απειλών. Το γεγονός αυτό αναμένεται, συνεπώς, να ενισχύσει σημαντικά την κοινωνική ανισότητα (Σταυρίδη, 2015).

Επίσης, ο πληθυσμός της Ευρώπης βιώνει τις επιπτώσεις της γήρανσης, με μεγαλύτερο αριθμό ατόμων που αντιμετωπίζουν περιορισμένη κινητικότητα ή προβλήματα υγείας. Κατά συνέπεια, ένα μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού θα είναι ευάλωτο στις συνέπειες της κλιματικής κρίσης.

Η παραγωγικότητα και η βιωσιμότητα όλων των οικονομικών τομέων σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ θα επηρεαστούν άμεσα ή έμμεσα από τις επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας, των αλλαγών στα πρότυπα βροχόπτωσης ή της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Αυτό αναμένεται να επιφέρει επιπτώσεις στην αγορά εργασίας. Ο αντίκτυπος της κλιματικής κρίσης στο εργατικό δυναμικό μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη διαθεσιμότητα εργαζομένων λόγω της επιδείνωσης των συνθηκών υγείας του πληθυσμού και των αυξημένων περιορισμών στην επαγγελματική υγεία. Αυτοί οι περιορισμοί περιλαμβάνουν υψηλότερες θερμοκρασίες στο χώρο εργασίας και συχνότερους και εντονότερους φυσικούς κινδύνους που εμποδίζουν τους ανθρώπους να φτάσουν στον τόπο εργασίας τους (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Ακόμη, αρκετοί οικονομικοί τομείς είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι επειδή βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στις συνήθεις μετεωρολογικές συνθήκες. Ενδεικτικά η κλιματική κρίση

αναμένεται να οδηγήσει σε μεταβολές στην παραγωγή τομέων, όπως η γεωργία και ο τουρισμός.

Δυστυχώς, μέχρι και σήμερα, υπάρχει έλλειψη ευαισθητοποίησης και πληροφόρησης μεταξύ των ενδιαφερομένων αλλά και του συνόλου των πολιτών σχετικά με τις προληπτικές ενέργειες που θα μπορούσαν να κάνουν για να προσαρμοστούν στην κλιματική κρίση. Ως εκ τούτου, η εκπαίδευση και η προώθηση της γνώσης διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαδικασία προσαρμογής στην κλιματική κρίση, μέσω της αποτελεσματικής διαχείρισης των επιπτώσεών της, της βελτίωσης της ικανότητας προσαρμογής και τελικά της μείωσης της ευπάθειας.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τις υποδομές και τα κτίρια λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής τους και των σημαντικών αρχικών δαπανών τους, καθώς και του κρίσιμου ρόλου τους στη λειτουργία της κοινωνίας και της οικονομίας μας.

Τα κτίρια και οι υποδομές είναι ευάλωτα στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης ως αποτέλεσμα του σχεδιασμού τους, όπως η χαμηλή ανθεκτικότητα έναντι καταιγίδων ή η τοποθέτησή τους σε μέρη που είναι επιρρεπή σε πλημμύρες, κατολισθήσεις ή χιονοστιβάδες. Τα κτίρια αυτά μπορεί να υποστούν ζημιές ή να καταστούν μη λειτουργικά λόγω διαφόρων κλιματικών διακυμάνσεων (Matug et al., 2013) ή έντονων καιρικών φαινομένων, όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, οι υπερβολικές βροχοπτώσεις και πλημμύρες, οι ακραίες θερμές ή ψυχρές θερμοκρασίες, οι έντονες χιονοπτώσεις και οι ισχυροί άνεμοι. Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στα κτίρια και τις υποδομές θα διαφέρουν φυσικά ανάλογα με τη γεωγραφική θέση (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Οι κλιματικοί κίνδυνοι για το ενεργειακό σύστημα είναι επίσης ήδη παρόντες και αναμένεται να κλιμακωθούν. Ο αναμενόμενος αντίκτυπος της κλιματικής κρίσης είναι η μείωση της ανάγκης για θέρμανση σε βορειότερες περιοχές, ενώ θα υπάρξει σημαντική αύξηση της ζήτησης για ενέργεια κλιματισμού/ψύξης, ιδιαίτερα στη νότια Ευρώπη (Giorgi & Lionello, 2008). Αυτό θα μπορούσε να επιδεινώσει την ήδη υψηλή αιχμή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Οι εντονότεροι και συχνότεροι καύσωνες θα προκαλέσουν μετατόπιση των προτύπων προσφοράς και ζήτησης ενέργειας, συχνά προς αντικρουόμενες κατευθύνσεις. Οι συνεχιζόμενες αυξήσεις της θερμοκρασίας και οι συνθήκες ξηρασίας θα μπορούσαν να περιορίσουν την προσβασιμότητα του νερού ψύξης για την παραγωγή θερμικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, με αποτέλεσμα τη μείωση της προσφοράς ενέργειας. Ταυτόχρονα, θα υπάρξει αύξηση της ζήτησης για κλιματισμό.

Επιπλέον, η αύξηση του μεγέθους και της συχνότητας των έντονων καιρικών φαινομένων θα παρουσιάσει κινδύνους για την ακεραιότητα των φυσικών ενεργειακών υποδομών, συμπεριλαμβανομένων των εναέριων συστημάτων μεταφοράς και διανομής, καθώς και των υποσταθμών και των μετασχηματιστών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Η κλιματική κρίση δημιουργεί επίσης αυξημένη αδυναμία, δυσκολία πρόβλεψης όσον αφορά τις μετεωρολογικές συνθήκες σε ολόκληρο τον κόσμο αλλά και την Ευρώπη. Αυτό έχει δυσμενείς επιπτώσεις στη μακροπρόθεσμη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Άμεσα παραδείγματα περιλαμβάνουν μειωμένη ηλιακή ακτινοβολία ή ταχύτητα ανέμου σε περιοχές που τυπικά χαρακτηρίζονται από άφθονο ηλιακό φως ή άνεμο, καθώς και περιπτώσεις ακραίας ζέστης και παρατεταμένης ξηρασίας που επηρεάζουν αρνητικά την καλλιέργεια ενεργειακών καλλιεργειών βιομάζας.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης και της κλιματικής μεταβλητότητας αναμένεται να επηρεάσουν σημαντικά τη γεωργική παραγωγή, επηρεάζοντας τόσο τις αποδόσεις των καλλιεργειών όσο και τη γεωγραφική καταλληλότητα για την καλλιέργεια διαφόρων καλλιεργειών (Anwar et al., 2013). Η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου έχει παραταθεί και αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται ως αποτέλεσμα της πρώιμης έναρξης της εαρινής ανάπτυξης και της επιμήκυνσης της φθινοπωρινής καλλιεργητικής περιόδου. Αυτό θα διευκολύνει την εξάπλωση των καλλιεργειών θερμής εποχής προς βορρά σε πρώην αφιλόξενες περιοχές (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Οι περισσότερες ευρωπαϊκές περιοχές τον 21^ο αιώνα αναμένεται να έχουν σημαντικές μειώσεις της γεωργικής παραγωγικότητας λόγω των συνδυασμένων επιπτώσεων της ζέστης και της ξηρασίας. Οι απώλειες αυτές δεν θα αντισταθμιστούν από τυχόν βελτιώσεις στη βόρεια Ευρώπη. Αν και η άρδευση αποτελεί βιώσιμη λύση για την

προσαρμογή της γεωργίας, η αποτελεσματικότητά της θα περιοριστεί από τη διαθεσιμότητα του νερού (Anwar et al., 2013).

Οι νότιες περιοχές θα έχουν τις σοβαρότερες συνέπειες, με αποτέλεσμα μια συνολική επιζήμια επίδραση στη γεωργία. Οι αυξημένες θερμοκρασίες, η περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού και τα έντονα καιρικά φαινόμενα μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη παραγωγή καλλιεργειών, αυξημένες διακυμάνσεις στις αποδόσεις των καλλιεργειών και, τελικά, σε μείωση της έκτασης των εκτάσεων που είναι κατάλληλες για καλλιέργεια. Οι επιπτώσεις θα ποικίλλουν φυσικά ανάλογα με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων και τις εξεταζόμενες καλλιέργειες (Giorgi & Lionello, 2008).

Η εισαγωγή νέων τύπων καλλιεργειών, οι καλύτερες αποδόσεις και η επέκταση των κατάλληλων καλλιεργούμενων εκτάσεων θα παράσχουν ευνοϊκές συνέπειες, ωστόσο, στη γεωργία στις βόρειες περιοχές της Ευρώπης. Οι ευνοϊκές συνέπειες θα συνδεθούν με την επιμήκυνση των καλλιεργητικών περιόδων και των μηνών χωρίς παγετό, καθώς και με τη μείωση των ψυχρών περιόδων. Παρ' όλα αυτά, αναμένονται και δυσμενείς επιπτώσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν κυρίως την αύξηση των παρασίτων και των ασθενειών, τη διαρροή θρεπτικών στοιχείων και τη μείωση της οργανικής αξίας του εδάφους (Anwar et al., 2013).

Η κλιματική κρίση θα έχει επίσης ποικίλες επιπτώσεις στη δασοκομία, όπως η αυξημένη ευπάθεια σε ξηρασίες, καταιγίδες και πυρκαγιές (αβιοτικοί παράγοντες), καθώς και η αυξημένη ευαισθησία σε παράσιτα και ασθένειες (βιοτικοί παράγοντες), οι οποίες υπονομεύουν τη συνολική υγεία των δασών (Bonan, 2008).

Οι επιπτώσεις των πυρκαγιών είναι ιδιαίτερα σοβαρές στα ήδη υποβαθμισμένα οικοσυστήματα στη νότια Ευρώπη και αναμένεται να επιδεινωθούν στο μέλλον, καθώς αναμένονται μεγαλύτερες και πιο έντονες επικίνδυνες για εκδήλωση πυρκαγιών περίοδοι στην περιοχή αυτή (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Η επέκταση των δασών αναμένεται να μειωθεί στη νότια Ευρώπη και να αυξηθεί στη βόρεια Ευρώπη. Η βιοποικιλότητα των δασών στην Ευρώπη αναμένεται να υποστεί μεταβολές λόγω μετατοπίσεων στα είδη δέντρων. Ο χαμηλός πλούτος ειδών δέντρων στα

πολικά δάση αναμένεται να αυξήσει την ευπάθεια σε σημαντικές συνέπειες που προκαλούνται από παράσιτα και ασθένειες (Bonan, 2008).

Η Αρκτική, στην οποία εστιάζει η παρούσα έρευνα, βιώνει αξιοσημείωτους μετασχηματισμούς λόγω της κλιματικής κρίσης, όπως οι αυξημένοι ρυθμοί αύξησης της θερμοκρασίας, η μείωση της έκτασης των πάγων της θερινής περιόδου και η τήξη των μόνιμων. Ο ρυθμός με τον οποίο μειώνεται η κάλυψη του πάγου αυξάνεται και αναμένεται να επηρεάσει επίμονα τόσο τα τοπικά φυσικά όσο και τα ανθρώπινα συστήματα. Επιπλέον, δημιουργεί πιθανές συμπληρωματικές περιβαλλοντικές πιέσεις, όπως η επέκταση της ανάπτυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου και η δημιουργία νέων θαλάσσιων οδών (Βερτσώνης, 2014). Η ανάπτυξη εγκαταστάσεων εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου δημιουργούν περαιτέρω επιπτώσεις και ενίσχυση της κλιματικής κρίσης, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένας φαύλος κύκλος. Η τήξη του μόνιμου πάγου μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στα ανθρώπινα συστήματα, όπως η πρόκληση προβλημάτων στις υποδομές. Η αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από το μέσο όρο είχε σημαντικό αντίκτυπο στα ευαίσθητα οικοσυστήματα της Αρκτικής και αναμένεται ότι οι επιπτώσεις αυτές θα συνεχιστούν (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).

Κεφάλαιο 2^ο : Το φαινόμενο της τήξης των πάγων της Αρκτικής

2.1. Ορισμός

Ο Αρκτικός Ωκεανός αποτελεί έναν Ωκεανό που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από τον Βόρειο Πόλο. Ο μικρότερος ωκεανός του κόσμου, ο Αρκτικός Ωκεανός, περικλείεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τις χερσαίες μάζες της Ευρασίας και της Βόρειας Αμερικής. Χαρακτηρίζεται από ένα ενιαίο στρώμα πάγου. Οι περιοχές που την περικλείουν περιλαμβάνουν το Point Barrow στην Αλάσκα, το Αρκτικό Αρχιπέλαγος, τη Γροιλανδία, το Σβάλμπαρντ, τη γη Franz Josef και τη βόρεια Σιβηρία. Ο ωκεανός εκτείνεται σε περίπου 14.090.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα (5.440.000 τετραγωνικά μίλια) και έχει μέγιστο βάθος περίπου 5.502 μέτρα (18.050 πόδια). Οι περιφερειακές θάλασσες που αποτελούν μέρος του αποτελούνται από τις θάλασσες Μπάρεντς, Μπόφορντ, Τσούκτσι, Ανατολικής Σιβηρίας, Γροιλανδίας, Κάρα, Λαπτέβ και Λευκή Θάλασσα (Britannica, 2021). Οι Σκανδιναβοί ξεκίνησαν την εξερεύνηση των περιοχών εντός του Αρκτικού Κύκλου τον 9ο αιώνα. Κατά τη διάρκεια του 16ου και 17ου αιώνα, εξερευνητές ξεκίνησαν αποστολές προς αναζήτηση του Βορειοδυτικού Περάσματος. Ο Μάρτιν Φρόμπισερ εξερεύνησε με επιτυχία τη νότια περιοχή της νήσου Μπάφιν μεταξύ 1576 και 1578, ενώ ο Χένρι Χάντσον διέσχισε την ανατολική ακτογραμμή του Κόλπου Χάντσον το 1610 και το 1611. Μεταγενέστεροι εξερευνητές ήταν οι Roald Amundsen, Fridtjof Nansen, Robert E. Peary και Richard E. Byrd. Ο εντοπισμός πετρελαίου στην Αλάσκα κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960 τόνωσε την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων της περιοχής και μέχρι σήμερα, ολόκληρη η περιοχή της Αρκτικής έχει χαρτογραφηθεί επαρκώς. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, οι ανησυχίες σε σχέση με την τήξη των πάγων της Αρκτικής είναι έντονες και διαρκώς κλιμακούμενες, λόγω του φαινομένου της τήξης των πάγων (Britannica, 2021).

Οι θαλάσσιοι πάγοι της Αρκτικής παρουσιάζουν συνεχή μείωση του μεγέθους και του βάθους τους καθ' όλη τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, με τη σημαντικότερη μείωση να παρατηρείται κατά την περίοδο από τα τέλη του καλοκαιριού έως τις αρχές του φθινοπώρου (Ιούλιος-Οκτώβριος). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από δορυφόρους μεταξύ 1979 και 2022 αποκαλύπτουν ότι η έκταση των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής κατά το χαμηλότερο σημείο τους τον Σεπτέμβριο έχει μειωθεί κατά μέσο όρο κατά πάνω από

79.000 km² κάθε χρόνο, γεγονός που ισοδυναμεί με μείωση κατά περίπου 12% ανά δεκαετία σε σύγκριση με τον μέσο όρο από το 1981 έως το 2010.

Πάνω από το 50% της τεκμηριωμένης μείωσης των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής μπορεί να συνδεθεί άμεσα με τα αποτελέσματα της αύξησης της θερμοκρασίας που προκαλούνται από τις ανθρωπίνες δραστηριότητες, συγκεκριμένα από την απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου (Blockley et al., 2023).

Η Αρκτική βιώνει ίσως τις πιο έντονες επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Στην Αλάσκα και τον δυτικό Καναδά, οι μέσες χειμερινές θερμοκρασίες έχουν αυξηθεί κατά επτά βαθμούς Φαρενάιτ τα τελευταία 60 χρόνια. Οι επιστήμονες συμφωνούν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας θα συνεχιστεί για τα επόμενα χρόνια και ότι αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας θα επηρεάσει σημαντικά την κάλυψη των πάγων στην Αρκτική (Petty et al., 2023). Πολλοί ειδικοί πιστεύουν ότι η ιδιαίτερα απότομη αύξηση της θερμοκρασίας και του λιωσίματος κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών μπορεί να αποδοθεί τόσο σε ανθρωπίνες όσο και σε φυσικές αιτίες. Ο ωκεανός που εκτίθεται από την τήξη των πάγων απορροφά περισσότερη θερμότητα, η οποία λιώνει περισσότερους πάγους και εκθέτει περισσότερη θάλασσα. Στο πιο ακραίο σενάριο, ο βρόχος θετικής ανατροφοδότησης θα μπορούσε να προκαλέσει ακραία επιδείνωση των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής, οδηγώντας τον Αρκτικό Ωκεανό να μοιάζει περισσότερο με τη Βαλτική Θάλασσα, που καλύπτεται μόνο από ένα λεπτό στρώμα εποχιακού πάγου το χειμώνα. Με τον σημερινό ρυθμό υποχώρησης, τα ταξίδια μέσω της Αρκτικής θα μπορούσαν να είναι δυνατά μέσα στα επόμενα πέντε έως δέκα χρόνια, αλλά παραμένει εξαιρετικά δύσκολο να γίνει ακριβής πρόβλεψη. Οι πάγοι της Αρκτικής λιώνουν με πολύ ταχύτερο ρυθμό απ' ό,τι είχαν αρχικά προβλέψει οι επιστήμονες. Σύμφωνα με δορυφορικές εικόνες από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος, το 2007 καταγράφηκαν τα χαμηλότερα επίπεδα πάγου στην Αρκτική που έχουν καταγραφεί ποτέ. Ο πάγος ήταν τόσο αραιός που, για πρώτη φορά στην καταγεγραμμένη ιστορία, το Βορειοδυτικό Πέρασμα ήταν εντελώς καθαρό από πάγο (Kwok, 2018).

Ενώ ο Βόρειος θαλάσσιος δρόμος, ένα παρόμοιο θαλάσσιο πέρασμα πάνω από τις ακτές της Σιβηρίας, παρέμεινε αποκλεισμένος από μια μεγάλη μάζα πάγου, προβλέπεται να

ανοίξει περίπου την ίδια στιγμή με το Βορειοδυτικό Πέρασμα. Οι ειδικοί του Εθνικού Κέντρου Δεδομένων Χιονιού και Πάγου (NSIDC) στο Μπόλντερ του Κολοράντο σημείωσαν ότι αυτή η σημαντική μεταβολή στη γεωγραφία της Αρκτικής συνέβη 30 χρόνια νωρίτερα απ' ό,τι είχε προβλεφθεί. Οι επιστήμονες διερευνούν διάφορες θεωρίες που μπορεί να εξηγούν την αναντιστοιχία μεταξύ παρατηρήσεων και κλιματικών μοντέλων. Τα μοντέλα ενδεχομένως είχαν βασιστεί σε υποθέσεις ότι τα επίπεδα των θαλάσσιων πάγων ήταν παχύτερα απ' ό,τι ήταν στην πραγματικότητα ή ενδεχομένως έλειπε μια βασική δυναμική στα πρότυπα της ωκεάνιας κυκλοφορίας ή ίσως υποτιμήθηκαν οι επιπτώσεις του βρόχου ανατροφοδότησης. Η ανθρωπογενής κλιματική κρίση θα συνεχίσει να επηρεάζει τη γεωγραφία της Αρκτικής. Επειδή η γεωγραφία διαμορφώνει την πολιτική εξουσία, ο ανθρώπινος αγώνας για τα σύνορα, τον χώρο και την εξουσία στην Αρκτική θα αυξηθεί τα επόμενα χρόνια. Καθώς το φυσικό τοπίο της Αρκτικής μετατοπίζεται, μετατοπίζεται και το τοπίο του ανθρώπινου ελέγχου. Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι χώρες της Αρκτικής αγωνίζονται να ασκήσουν έλεγχο σε αυτή τη δυνητικά κρίσιμη περιοχή (Mendez, 2009).

2.2. Περιβαλλοντικές συνέπειες

Οι θαλάσσιοι πάγοι της Αρκτικής αναμένεται να μειωθούν αναπόφευκτα λόγω των επιπτώσεων της υπερθέρμανσης του πλανήτη που προκαλείται από τα αυξανόμενα επίπεδα του ατμοσφαιρικού CO₂. Η Αρκτική είναι πολύ πιθανό να βρεθεί σε κατάσταση σχεδόν πλήρους έλλειψης πάγου κατά τη διάρκεια του χαμηλότερου σημείου κάθε εποχής, τουλάχιστον μία φορά πριν από το έτος 2050, ανεξάρτητα από τις διάφορες δυνατότητες μελλοντικών εκπομπών. Η τάση αυτή δεν είναι μη αναστρέψιμη και μπορεί να αντιστραφεί εάν υπάρξει μείωση των θερμοκρασιών της Αρκτικής. Οι μεταβολές στο χρονοδιάγραμμα σχηματισμού και τήξης του θαλάσσιου πάγου αναμένεται να ενισχύσουν τη συνολική πρωτογενή παραγωγή στον Αρκτικό Ωκεανό. Οι θαλάσσιοι πάγοι της Αρκτικής παρουσιάζουν συνεχή μείωση του μεγέθους και του βάθους τους καθ' όλη τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, με τη σημαντικότερη μείωση να παρατηρείται κατά την περίοδο από τα τέλη του καλοκαιριού έως τις αρχές του φθινοπώρου (Ιούλιος-Οκτώβριος). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από δορυφόρους μεταξύ 1979 και 2022 αποκαλύπτουν ότι η έκταση των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής κατά το χαμηλότερο σημείο τους τον Σεπτέμβριο έχει

μειωθεί κατά μέσο όρο κατά πάνω από 79.000 km² κάθε χρόνο, γεγονός που ισοδυναμεί με μείωση κατά περίπου 12% ανά δεκαετία σε σύγκριση με τον μέσο όρο από το 1981 έως το 2010.

Πάνω από το 50% της τεκμηριωμένης μείωσης των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής μπορεί να συνδεθεί άμεσα με τα αποτελέσματα της αύξησης της θερμοκρασίας που προκαλούνται από τις ανθρωπίνες δραστηριότητες, συγκεκριμένα από την απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου (Blockley et al., 2023).

Αυτό αναμένεται να οδηγήσει σε μια αναντιστοιχία μεταξύ των αναγκών σε τροφή και ενδιαιτήματα για τα θαλάσσια είδη, επηρεάζοντας ενδεχομένως την αλιεία της Αρκτικής. Η Αρκτική είναι πολύ πιθανό να έχει ταχύτερη αύξηση της θερμοκρασίας σε σύγκριση με τον υπόλοιπο κόσμο. Η επακόλουθη μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του ισημερινού και των πόλων έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει το κλίμα των μεσαίων γεωγραφικών πλατών, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, οδηγώντας ίσως σε μεταβολές στο ρεύμα πίδακα. Οι δυναμικοί μετασχηματισμοί που συμβαίνουν στην Αρκτική έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν ξαφνικές και απρόβλεπτες μεταβολές στην περιοχή του Βόρειου Ατλαντικού στα μεσαία πλάτη. Αυτό συμβαίνει μέσω της απόρριψης νέου, ψυχρού, πολικού νερού από την Αρκτική στον υποπολικό Βόρειο Ατλαντικό (Blockley et al., 2023).

Από το 2018 έως το 2022, η έκταση των πάγων βρίσκεται σταθερά κάτω από το εύρος που παρατηρήθηκε μεταξύ 1981 και 2010. Κατά την περίοδο από το 1979 έως το 2022, η έκταση του πάγου τον Σεπτέμβριο μειώθηκε κατά περίπου 79.000 km² ανά έτος κατά μέσο όρο, γεγονός που αντιστοιχεί σε μείωση σχεδόν 11,5% ανά δεκαετία σε σύγκριση με τη μακροπρόθεσμη μέση έκταση του Σεπτεμβρίου που είναι 6,88 εκατομμύρια km² (OSI SAF, 2020). Μάλιστα, η ομοφωνία μεταξύ πολλαπλών δορυφορικών δεδομένων επιβεβαιώνει μια σημαντική μείωση της έκτασης των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής τα τελευταία 43 χρόνια. Ωστόσο, καθένα από αυτά παρουσιάζει ελαφρώς αποκλίνοντα στοιχεία, για παράδειγμα, ο δείκτης θαλάσσιου πάγου NSIDC υποδεικνύει μια κατά προσέγγιση μέση μείωση, με βάση την οποία ο μέσος ετήσιος ρυθμός μείωσης της έκτασης των θαλάσσιων πάγων μεταξύ 1979 και 2022 ήταν 79.100 τετραγωνικά χιλιόμετρα ανά έτος, που αντιστοιχεί σε μείωση λίγο πάνω από 12,3% ανά δεκαετία σε σύγκριση με τη μέση

έκταση των 6,41 εκατομμυρίων τετραγωνικών χιλιομέτρων κατά την περίοδο 1981-2010 (Blockley et al., 2023) .

Πέρα από τη μείωσή τους, οι θαλάσσιοι πάγοι της Αρκτικής βρίσκονται και σε διαδικασία αραίωσης. Εκτός από τις αλλαγές στην έκτασή του, παρατηρείται αξιοσημείωτη μείωση της περιοχής που καταλαμβάνεται από παχύ πολυετή πάγο που έχει επιβιώσει τουλάχιστον ένα καλοκαίρι. Η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν τόσο επί τόπου όσο και από δορυφόρους μεταξύ 1958 και 2018 αποκαλύπτει ότι το πάχος των πάγων της Αρκτικής έχει μειωθεί κατά 2 μέτρα, γεγονός που αντιπροσωπεύει μείωση κατά 66% σε σύγκριση με την περίοδο πριν από το 1990. Αυτή η τάση αραίωσης έχει σημειωθεί κατά τη διάρκεια των προηγούμενων εξήντα ετών (Kwok, 2018). Η εισαγωγή του αλτιμέτρου ραντάρ CryoSat-2 (2010 έως σήμερα) και του αλτιμέτρου λέιζερ ICESat-2 (2019 έως σήμερα) έχει αυξήσει την εμπιστοσύνη στις εκτιμήσεις του πάχους του χειμερινού θαλάσσιου πάγου σε ολόκληρη την περιοχή της Αρκτικής (Petty et al., 2023).

Οι Landy et al. (2022) έχουν επεκτείνει τα υπάρχοντα δεδομένα χρονοσειρών ώστε να συμπεριλάβουν τον εποχικό κύκλο ολόκληρου του έτους, συλλέγοντας επίσης το πάχος των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Τα ευρήματα δείχνουν ότι οι μεταβολές του πάχους κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου δεν είναι σημαντικές στην κεντρική Αρκτική, αλλά μπορεί να υποεκτιμώνται κατά δύο φορές στις οριακές θάλασσες. Για παράδειγμα, το πάχος μπορεί να υποεκτιμηθεί κατά 62% στη Θάλασσα Laptev, 81% στη Θάλασσα Kara και 102% στη Θάλασσα Barents (Mallett et al., 2021). Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στην υποτιμημένη μείωση του πάχους του πάγου. Οι πάγοι της Αρκτικής που είναι σταθεροί στην ξηρά είναι θαλάσσιοι πάγοι που παραμένουν ακίνητοι λόγω της πρόσδεσής τους στην ακτογραμμή, στον πυθμένα της θάλασσας ή σε προσαράξεις παγόβουνων. Ταυτόχρονα, ο πάγος συμβάλλει στη δημιουργία πολυνησίδων και χρησιμεύει ως σημαντική περιοχή για το κυνήγι και τη μεταφορά ιθαγενών πληθυσμών και μεγάλων ζώων. Η συνολική έκταση του χειμερινού πάγου της Αρκτικής μειώνεται ομοίως (Blockley et al., 2023).

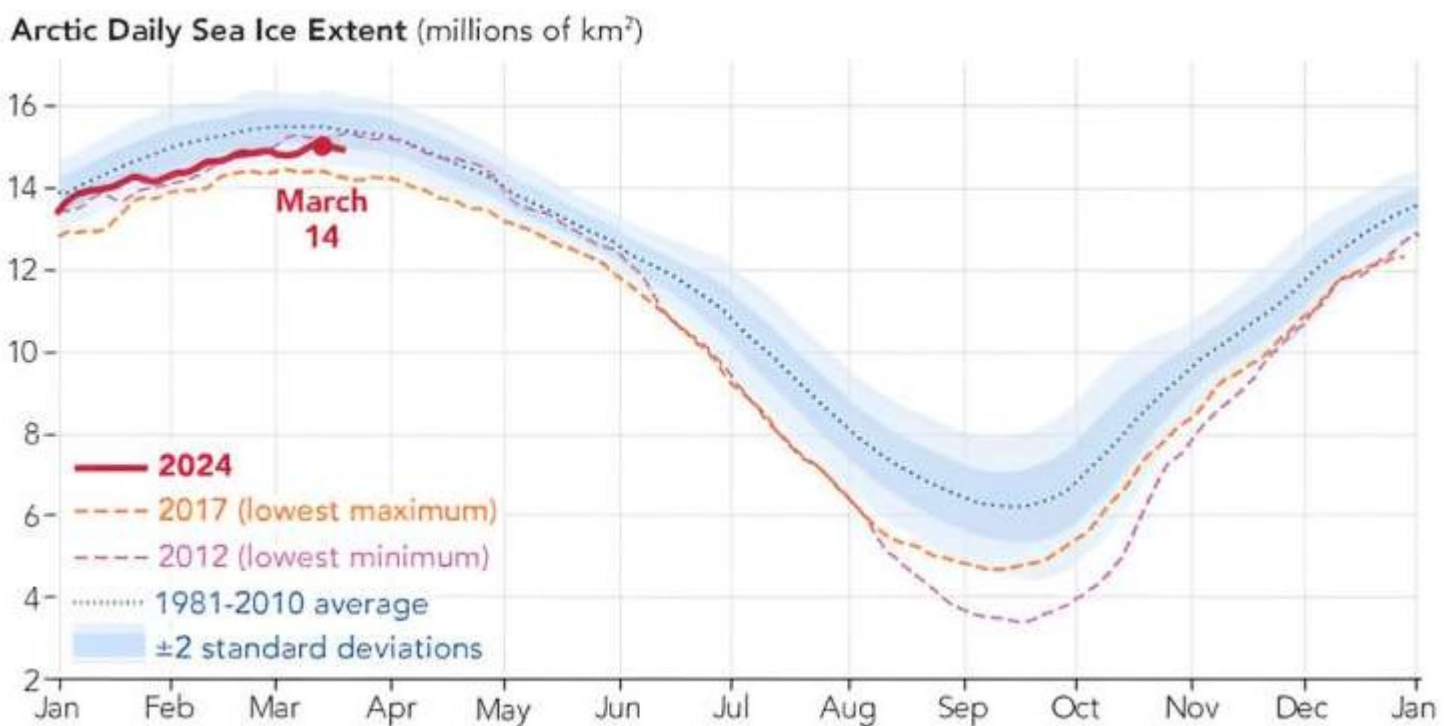
Η συνολική έκταση του χειμερινού χερσαίου πάγου της Αρκτικής μειώθηκε κατά μέσο όρο περισσότερο από 12.000 km² ετησίως (ισοδύναμο με μείωση 6,6% ανά δεκαετία)

μεταξύ 1976 και 2007. Οι θάλασσες Laptev και Chukchi, καθώς και οι περιοχές γύρω από το Svalbard και βόρεια του καναδικού αρκτικού αρχιπελάγους, παρουσιάζουν αξιοσημείωτες μειώσεις. Η έκθεση AR6 της IPCC υπογραμμίζει επίσης τη μείωση της χωρικής κάλυψης του πάγου με χερσαία ταχύτητα κατά μήκος των αρκτικών συνόρων του Σβάλμπαρντ, όπως σημειώνουν οι Fox-Kemper et al. (2021). Η συσσώρευση χιονιού στην επιφάνεια του θαλάσσιου πάγου έχει ισχυρή επίδραση στις θερμοφυσικές και οπτικές ιδιότητες του συνδυασμένου συστήματος πάγου και χιονιού. Το χιόνι έχει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα, πράγμα που σημαίνει ότι δεν μεταφέρει καλά τη θερμότητα. Αυτό περιορίζει την ταχύτητα με την οποία μπορεί να σχηματιστεί ο θαλάσσιος πάγος. Επιπλέον, το χιόνι έχει υψηλότερη ανακλαστικότητα σε σύγκριση με τον γυμνό πάγο, όπως δήλωσαν οι Perovich και Polashenski το 2012. Το βαρύ χιόνι παρέχει βιότοπο για τη μεγαπανίδα, όπως οι φώκιες και οι πολικές αρκούδες, ενώ το επίπεδο του χιονιού ρυθμίζει το πόσο φως περνάει μέσα από τον θαλάσσιο πάγο στον ωκεανό, επηρεάζοντας την παραγωγικότητα των παγωμένων φυκιών και του φυτοπλαγκτόν κάτω από τον πάγο. Οι ερευνητές έχουν παρατηρήσει μείωση του μέσου πάχους του χιονιού στον θαλάσσιο πάγο στη δυτική Αρκτική, από περίπου 35 cm σε 22 cm, και στις θάλασσες Beaufort και Chukchi, από 33 cm σε 15 cm, από τα μέσα της δεκαετίας του 1900 (Webster et al., 2018). Η μειωμένη χιονοκάλυψη αποδίδεται κυρίως στη μείωση των πολυετών πάγων και στις καθυστερημένες ημερομηνίες ψύξης, με αποτέλεσμα τη μικρότερη συνολική συσσώρευση χιονιού μέχρι το τέλος του χειμώνα. Παρόλο που η χιονόπτωση είναι δυνητικά ένας από τους κύριους ελεγκτές της συσσώρευσης χιονιού στον θαλάσσιο πάγο της Αρκτικής (Webster et al., 2018), οι αλλαγές στη χιονόπτωση είναι πιθανότατα μικρές, με τις τάσεις των αναλύσεων να είναι γενικά αρνητικές ή κοντά στο μηδέν (Reader and Steiner, 2022). Η μείωση της χιονόπτωσης μπορεί να συνδεθεί με την αύξηση του ποσοστού της βροχόπτωσης, παρά με τη μείωση της συνολικής ποσότητας βροχόπτωσης, η οποία συχνά παρουσιάζει ανοδική τάση (Reader and Steiner, 2022). Η ανάλυση δεδομένων για την κίνηση του θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής για περισσότερες από τρεις δεκαετίες από σημαδούρες θαλάσσιου πάγου και δορυφορικούς αισθητήρες αποκαλύπτει μια συνολική αύξηση της ισχύος των ωκεάνιων ρευμάτων στο Beaufort Gyre και στο Transpolar Drift, ιδίως κατά την τελευταία δεκαετία (Krumpen et al., 2021). Η σημαντική αύξηση των ταχυτήτων παράσυρσης των πάγων, περίπου 20% κάθε δεκαετία, μπορεί εν μέρει να αποδοθεί στην απώλεια πολυετών πάγων και στην επέκταση περιοχών με σχετικά χαμηλή συγκέντρωση πάγου. Παρ' όλα αυτά,

η αποστολή MOSAiC (Krumpfen et al., 2021) διαπίστωσε ότι η παρατηρούμενη ταχύτητα παρασύρσεως ήταν κατά 20% υψηλότερη από τη μέση ταχύτητα που καταγράφεται στα κλιματικά δεδομένα. Η αύξηση αυτή αποδόθηκε σε εντατικοποίηση της υπερπολικής παρασύρσεως που προκλήθηκε από την αύξηση των καταιγίδων και των συστημάτων χαμηλής πίεσης. Η εξαγωγή πάγου από την Αρκτική συγκεντρώνεται κυρίως στο στενό μεταξύ της Γροιλανδίας και του Σβάλμπαρντ, που αναφέρεται επίσης ως στενό Fram. Η ετήσια εξαγωγή όγκου θαλάσσιου πάγου μέσω του στενού Fram Strait παρουσιάζει αύξηση 6% κάθε δεκαετία από το 1979. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού, η εξαγωγή αυτή έχει σημειώσει μια πιο σημαντική αύξηση κατά 11% ανά δεκαετία (Blockley et al., 2023).

Οι έρευνες δείχνουν ότι πάνω από το 50% της παρατηρούμενης μείωσης της έκτασης των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής μπορεί να αποδοθεί στις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και στην επακόλουθη αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας του αέρα (IPCC, 2021). Πολλαπλές μελέτες έχουν καταδείξει σαφή συσχέτιση μεταξύ της μείωσης της κάλυψης των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής και της συγκέντρωσης του ατμοσφαιρικού CO₂ καθώς και της παγκόσμιας θερμοκρασίας (Olonscheck et al., 2019). Το κρίσιμο είναι ότι, αν η παγκόσμια θερμοκρασία σταματήσει να αυξάνεται, η ποσότητα των θαλάσσιων πάγων θα φτάσει σε μια σταθερή κατάσταση που θα είναι ισορροπημένη με τους εξωτερικούς παράγοντες που την επηρεάζουν (Blockley et al., 2023).

Εκτός από την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας που προκαλείται από το CO₂, μεγάλο μέρος της τήξης των θαλάσσιων πάγων μπορεί να αποδοθεί στην επιτόπια θέρμανση των ωκεανών που παράγεται από την αυξημένη ηλιακή απορρόφηση. Η επιμήκυνση των περιόδων τήξης των θαλάσσιων πάγων και η μείωση της συγκέντρωσης των πάγων οδηγούν σε μείωση του επιφανειακού albedo, το οποίο με τη σειρά του προκαλεί αύξηση της εισροής ηλιακής θερμότητας στο σύστημα πάγου-ωκεανού της Αρκτικής. Αυτό το θερμό ανώτερο νερό μπορεί να προκαλέσει την τήξη του πάγου από κάτω με ρυθμό έως και 0,11 m ανά ημέρα (Perovich et al., 2012), συμβάλλοντας σημαντικά στην



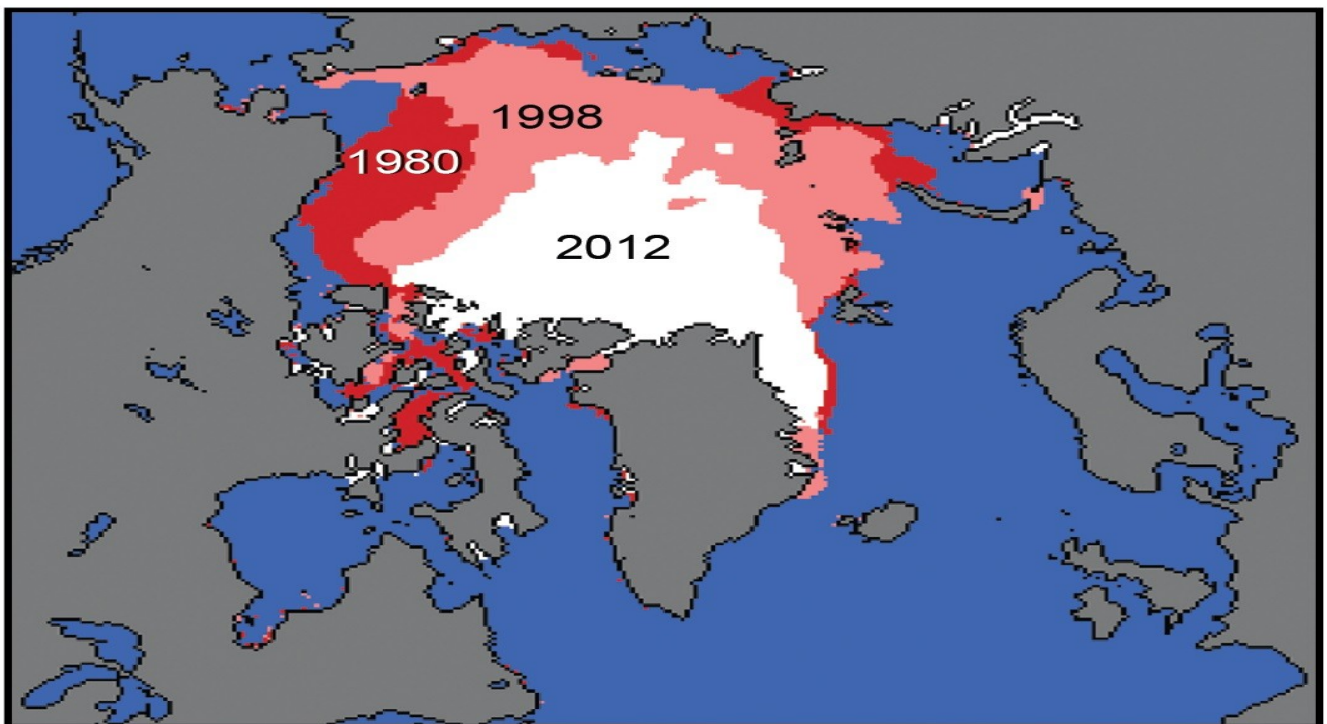
Εικόνα 4: Απεικόνιση ρυθμού τήξης πάγων (Πηγή εικόνας: Riordon, 2024)

παρατηρούμενη απώλεια θαλάσσιου πάγου, ιδίως στη δυτική Αρκτική. Στην Ευρασιατική Αρκτική, η εισροή θερμών εισροών από τον Ατλαντικό είναι ο κύριος παράγοντας για την πτώση της έκτασης του θαλάσσιου πάγου, ιδίως στη Θάλασσα Μπάρεντς, όπου έχει σημειωθεί η πλειονότητα της χειμερινής απώλειας θαλάσσιου πάγου. Πιο συγκεκριμένα, η υψηλότερη ποσότητα θερμότητας στο θερμό νερό που προέρχεται από τον Ατλαντικό Ωκεανό προκαλεί μείωση της ισχύος του αλοκλινούς. Το αλοκλινές λειτουργεί ως φράγμα που διαχωρίζει το ανώτερο στρώμα ψυχρού και γλυκού νερού της Αρκτικής από το

κατώτερο στρώμα θερμότερου και αλμυρότερου νερού από τον Ατλαντικό (Polyakov et al., 2020). Η αποδυνάμωση του αλοκλινούς έχει οδηγήσει σε πώση της στρωμάτωσης και αυξημένη κατακόρυφη ανάμιξη, επιτρέποντας στα θερμά, αλμυρά νερά του Ατλαντικού να φτάσουν στον θαλάσσιο πάγο και να τον λιώσουν από κάτω. Η μείωση και η αραίωση του αρκτικού θαλάσσιου πάγου έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη της οριακής ζώνης πάγου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Πρόκειται για μία από τις σημαντικές συνέπειες της μείωσης των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής, καθώς το σχετικό ποσοστό της MIZ έχει αυξηθεί. Η Οριακή Ζώνη Πάγου (MIZ) χαρακτηρίζεται συνήθως ως μια δυναμική περιοχή που αποτελείται από μικρά παγόβουνα και μια σχετικά χαμηλή συγκέντρωση πάγου που κυμαίνεται από 15% έως 80%. Η επέκταση της θερινής ζώνης ελάχιστου πάγου (MIZ) έχει υπολογιστεί σε 39% μεταξύ 1979 και 2011 χρησιμοποιώντας δορυφορικά δεδομένα (Strong and Rigor, 2013). Επιπλέον, το ποσοστό της θερινής MIZ έχει αυξηθεί κατά 50% από την έλευση των δορυφορικών παρατηρήσεων το 1979 έως το 2017, με βάση πολλαπλά σύνολα δεδομένων παρατήρησης και μοντέλα. Το σχετικό ποσοστό της MIZ αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται στο μέλλον, με την MIZ να γίνεται το κυρίαρχο καθεστώς θαλάσσιου πάγου στην Αρκτική μετά τη δεκαετία του 2050 (Aksenov et al., 2017). Η μετάβαση από το packice στο MIZ θα ενισχύσει τη διείσδυση του φωτός και θα αυξήσει την ανταλλαγή αερίων αέρα-θάλασσας, διευκολύνοντας την πρωτογενή παραγωγή, τις ροές θρεπτικών ουσιών στην ευφωτική ζώνη και την ανταλλαγή άνθρακα στη διεπιφάνεια αέρα-θάλασσας (Aksenov et al., 2017).

Η μείωση των θαλάσσιων πάγων αυξάνει επίσης την παράκτια διάβρωση και την κατάρρευση της Αρκτικής. Η παράκτια διάβρωση της Αρκτικής αποτελεί απειλή για τις υποδομές, τους παράκτιους πληθυσμούς και το ευρύτερο θαλάσσιο οικοσύστημα. Οι ρυθμοί διάβρωσης των ακτών της Αρκτικής είναι μια τάξη μεγέθους υψηλότεροι από εκείνους του υπόλοιπου πλανήτη και αυξάνονται τις τελευταίες δεκαετίες, φθάνοντας τα 25-50 m ετησίως σε συγκεκριμένες περιοχές στη Σιβηρία και την Αλάσκα. Η μείωση του συμπυκνωμένου θαλάσσιου πάγου στα ύδατα της αρκτικής υφαλοκρηπίδας επιτρέπει τη μετάδοση μεγαλύτερων κυμάτων προς την ακτογραμμή (Hošeková et al., 2021), με αποτέλεσμα τη διάβρωση των ακτών (Blockley et al., 2023).

Arctic Sea Ice Loss



Εικόνα 5: Απεικόνιση της απώλειας Πάγων σε χάρτη (Πηγή εικόνας:
<https://www.weforum.org/agenda/2015/08/5-reasons-to-care-about-arctic-ice/>)

Η ακτογραμμή της Σιβηρίας υφίσταται επί του παρόντος μια μετατόπιση από ένα λιγότερο σοβαρό σε ένα πιο σοβαρό πρότυπο παράκτιας διάβρωσης λόγω της απώλειας των θαλάσσιων πάγων στην περιοχή. Η παρατηρούμενη παράκτια υποχώρηση έχει ήδη φθάσει τα 400-1100 μέτρα κατά τις προηγούμενες έξι δεκαετίες σε θερμά σημεία στις θάλασσες Beaufort και Laptev. Η παρατηρούμενη σήμερα διάβρωση και η συσσώρευση παράκτιων ιζημάτων αυξάνονται στα θερμά σημεία στην Αλάσκα και τη Σιβηρία, αν και η διάβρωση εξακολουθεί να κυριαρχεί έναντι της συσσώρευσης (Blockley et al., 2023). Η μείωση του θαλάσσιου πάγου στην Αρκτική προκαλεί σημαντική αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής κατά 30-60%. Η αύξηση αυτή υποστηρίζεται σήμερα από τη μεγαλύτερη εισροή θρεπτικών ουσιών στον ωκεανό. Ο πρωταρχικός παράγοντας που συμβάλλει σε αυτή την αύξηση είναι η επέκταση του φυτοπλαγκτόν του ανοικτού ωκεανού. Ωστόσο, παρατηρείται επίσης αξιοσημείωτη αύξηση των ανθίσεων φυτοπλαγκτόν κάτω από τον πάγο και της ανάπτυξης των φυκιών του θαλάσσιου πάγου, η οποία διευκολύνεται από τη μείωση της κάλυψης από χιόνι και πάγο (Blockley et al., 2023). Για παράδειγμα, ασκήσεις μοντελοποίησης αποκάλυψαν ότι οι μεταβαλλόμενες συνθήκες θαλάσσιου πάγου υποστηρίζουν ανθίσεις φυτοπλαγκτόν κάτω από τον πάγο σε όλο το 30% του παγωμένου Αρκτικού Ωκεανού, αν και πριν από 20 χρόνια αυτές οι ανθίσεις ήταν ασυνήθιστες (Horvat et al., 2017). Η ποικιλομορφία και η σύνθεση των πρωτογενών παραγωγών στην Αρκτική αλλάζει επίσης, με αυξανόμενη αφθονία πιο βορειοδυτικών ειδών σε ορισμένα ύδατα της υφαλοκρηπίδας και απώλειες της βιοποικιλότητας στις πιο απειλούμενες περιοχές. Οι αλλαγές στη σύνθεση των φυκιών στις ανθίσεις είναι σημαντικές, επειδή μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγικότητα των ανθίσεων, την ποιότητα της τροφής (όπως η σύνθεση των λιπιδίων) και την ικανότητα δέσμευσης άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Επιπλέον, η εμφάνιση των ανθίσεων φυτοπλαγκτόν και φυκιών μεταβάλλεται λόγω φυσικών μεταβολών στον παγωμένο ωκεανό (Blockley et al., 2023).

Αυτή η μετατόπιση θα μπορούσε να έχει σημαντικές επιπτώσεις για τους υδρόβιους οργανισμούς που βασίζονται σε αυτές τις ανθίσεις για την αναπαραγωγή και τη διατροφή τους. Τα θαλάσσια είδη εξαρτώνται από τον άνθρακα που προέρχεται από τον πάγο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η μείωση του θαλάσσιου πάγου θα έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο στη θαλάσσια πανίδα από ότι θεωρούσαν οι επιστήμονες. Ακόμη, η μείωση του θαλάσσιου πάγου έχει αντίκτυπο στη μετακίνηση θρεπτικών ουσιών και ρύπων. Ο θαλάσσιος πάγος

είναι σημαντικός ως μεταφορέας θρεπτικών ουσιών, ιζημάτων και βιολογικών ουσιών. Η παρουσία του θαλάσσιου πάγου διευκολύνει τη μετακίνηση των ρύπων. Μελέτες έχουν καταδείξει ότι τα επίπεδα μικροπλαστικών στον αρκτικό θαλάσσιο πάγο είναι σημαντικά μεγαλύτερα από εκείνα που παρατηρούνται σε εξαιρετικά μολυσμένα υδάτινα σώματα. Το μεγαλύτερο μέρος του υλικού που μεταφέρεται από τον πάγο ενσωματώνεται στον πρόσφατα δημιουργημένο θαλάσσιο πάγο στην ρηχή υφαλοκρηπίδα της Σιβηρίας. Επομένως, το Transpolar Drift παίζει καθοριστικό ρόλο στη διέλευση αυτού του υλικού σε όλη την Αρκτική, από την υφαλοκρηπίδα της Σιβηρίας προς το στενό Fram και την ενδεχόμενη εξαγωγή του σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη (Krumpfen et al., 2019). Παρά την προφανή αύξηση της ταχύτητας της παρασυρσης των θαλάσσιων πάγων, η μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις των υλικών που προέρχονται από τον πάγο μέσω των θαλάσσιων πάγων βρίσκεται σε πώση, η οποία συνδέεται με τη μείωση των πολυετών πάγων. Η μειωμένη βιωσιμότητα του θαλάσσιου πάγου που μεταφέρεται από την υφαλοκρηπίδα της Σιβηρίας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του σχηματισμού πάγου σε περιοχές με ρηχά νερά (Blockley et al., 2023).

2.3. Γεωπολιτικές συνέπειες και προοπτικές

Εδώ και αιώνες, οι ναυτικοί και οι εξερευνητές διερευνούσαν την Αρκτική Θάλασσα αναζητώντας μια κερδοφόρα θαλάσσια διαδρομή. Στη Βόρεια Αμερική, η ιστορική ονομασία αυτής της διαδρομής ήταν το Βορειοδυτικό Πέρασμα, το οποίο προσέλκυσε εμπόρους και ναυτικούς εξαιτίας της δυνατότητάς της να μειώσει σημαντικά το χρόνο και τα έξοδα του ταξιδιού. Παλαιότερα, η παρουσία πάγων στον Αρκτικό Ωκεανό εμπόδιζε τη χρήση τόσο του Βορειοδυτικού Περάσματος στην αμερικανική ήπειρο όσο και της Βόρειας Θαλάσσιας Οδού στην ευρασιατική ήπειρο. Επί του παρόντος, υπάρχει η πιθανότητα η κατάσταση αυτή να μετασχηματιστεί. Οι πάγοι της Αρκτικής υποχωρούν φυσιολογικά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού λόγω της παρατεταμένης έκθεσης στην ηλιοφάνεια και η τήξη των πάγων κατά τα τελευταία έτη έχει ξεπεράσει σε σημαντικό βαθμό τους ιστορικούς μέσους όρους. Οι επιστήμονες προβλέπουν ότι οι θαλάσσιοι δρόμοι της Αρκτικής θα καταστούν πλωτοί για εποχιακή ναυσιπλοΐα κατά τη διάρκεια του επόμενου αιώνα, ως αποτέλεσμα της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας (Mendez, 2009).

Επιπλέον, η τήξη των πάγων θα διευκολύνει την πρόσβαση στους πολύτιμους φυσικούς πόρους της Αρκτικής. Ο βυθός της Αρκτικής είναι γνωστό ότι περιέχει άφθονα κοιτάσματα ορυκτών, και οι γεωλόγοι πιστεύουν ότι υπάρχουν σημαντικά αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου κάτω από αυτόν. Είναι ειρωνικό το γεγονός ότι η τήξη των πάγων της Αρκτικής αναμένεται να αποκαλύψει περισσότερα ορυκτά καύσιμα, τα οποία συνέβαλαν εξ αρχής στην τήξη τους.

Η αυξανόμενη ζήτηση για τα μειούμενα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι πιθανό να παρακινήσει τις εταιρείες πετρελαίου και φυσικού αερίου να εξορύξουν τους πόρους που πιστεύεται ότι υπάρχουν κάτω από την Αρκτική θάλασσα. Ως αποτέλεσμα των ανταγωνιστικών συμφερόντων στην περιοχή, η απέραντη έκταση της Αρκτικής έχει κατά κύριο λόγο αγνοηθεί ή παραβλεφθεί καθ' όλη τη διάρκεια της σύγχρονης ιστορίας. Λόγω της έλλειψης ενός σαφούς και συμφωνημένου καθορισμού της κυριαρχίας επί της Αρκτικής, είναι πιθανό να υπάρξουν στο μέλλον διαμάχες σχετικά με τα δικαιώματα στα περάσματα της Αρκτικής και τους φυσικούς πόρους κάτω από το νερό (Carmichael, 2018).

Κατά συνέπεια, η οριοθέτηση της εδαφικής κυριαρχίας, εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο διαμάχης στην Αρκτική. Καθώς τα κράτη αναγνωρίζουν τη σημασία της Αρκτικής, αρχίζουν να εγκαθιδρύουν και να υποστηρίζουν τα αποκλειστικά δικαιώματα κυριαρχίας τους. Τα τελευταία χρόνια, υπήρξε σημαντική κλιμάκωση του παγκόσμιου ανταγωνισμού για την κυριαρχία επί των πολύτιμων φυσικών πόρων, των δυνατοτήτων ναυσιπλοΐας και των στρατιωτικών πλεονεκτημάτων της Αρκτικής. Το διεθνές δίκαιο είναι ζωτικής σημασίας για τη διευθέτηση αυτής της συνεχιζόμενης σύγκρουσης (Mendez, 2009).

Οι κανόνες και η ορολογία που περιγράφονται στη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας ["United Nations Convention on the Law of the Sea» (UNCLOS)] προσφέρουν κρίσιμη βοήθεια στα έθνη της Αρκτικής στις προσπάθειές τους να θεμελιώσουν αξιώσεις κυριαρχίας (Tamnes, 2014). Η UNCLOS θεσπίζει επιπλέον διαδικασίες επίλυσης των διαφορών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξακρίβωση της εδαφικής ιδιοκτησίας στην Αρκτική σε περίπτωση που οι κυβερνήσεις δεν είναι σε θέση να καταλήξουν σε αμοιβαία αποδεκτά αποτελέσματα. Επιπλέον, αν και δεν έχει εγκριθεί επίσημα από τις Ηνωμένες Πολιτείες, η Σύμβαση αυτή θεωρείται ως επισημοποίηση των

καθιερωμένων διεθνών νομικών πρακτικών. Ως εκ τούτου, η UNCLOS θα πρέπει να θεωρείται ως το κύριο σημείο αναφοράς για την επίλυση των διαφορών στην Αρκτική (Pegna, 2013). Πολλοί παρατηρητές προβληματίζονται για το γιατί η Αμερική δεν έχει προσχωρήσει στην UNCLOS, παρόλο που οι ΗΠΑ αναγνωρίζουν ότι η UNCLOS αντικατοπτρίζει σε μεγάλο βαθμό το εθιμικό διεθνές δίκαιο. Σύμφωνα με το Σύνταγμα των ΗΠΑ, και συγκεκριμένα το άρθρο II, τμήμα 2, ο Πρόεδρος έχει την εξουσία να συνάπτει συνθήκες με τη συμβουλή και τη συναίνεση της Γερουσίας των ΗΠΑ, υπό τον όρο ότι τα δύο τρίτα των παρόντων γερουσιαστών συμφωνούν. Η ρήτρα του αμερικανικού Συντάγματος και οι διαδικασίες της Γερουσίας επέτρεψαν σε μια μικρή ομάδα δεξιών γερουσιαστών να εμποδίσουν τις ΗΠΑ να προσχωρήσουν στην UNCLOS (Beckman, 2022).

Οι διαφορές κυριαρχίας αποτελούν εκδήλωση των γεωπολιτικών συνθηκών στην περιοχή. Η γεωπολιτική αναφέρεται στην εξέταση του τρόπου με τον οποίο η γεωγραφία, η ιστορία και οι κοινωνικές επιστήμες επηρεάζουν τη χωρική πολιτική και τα πρότυπα σε διάφορα επίπεδα. Επί του παρόντος, η ισορροπία δυνάμεων στην Αρκτική υφίσταται σημαντικές αλλαγές λόγω της μεταβαλλόμενης γεωγραφίας της περιοχής (Wegge & Keils, 2018).

Η οικονομική και γεωπολιτική σημασία της γεωγραφίας της Αρκτικής αυξάνεται λόγω της αυξανόμενης εμπορικής προσβασιμότητας των πόρων στην περιοχή. Η γεωπολιτική, με την εστίασή της στα σύνορα, τους πόρους, τις ροές, τις περιοχές και τις ταυτότητες, προσφέρει ένα μέσο για τη διεξαγωγή μιας ενδελεχούς ανάλυσης των πιθανών μελλοντικών συγκρούσεων. Επιπλέον, ο συσχετισμός μεταξύ ισχύος και γεωγραφίας μπορεί να χρησιμεύσει ως μέσο για την κατανόηση και την πρόβλεψη προτύπων στο διεθνές νομικό πλαίσιο της περιοχής (Mendez, 2009).

Οι βόρειοι θαλάσσιοι δρόμοι παρέχουν οικονομικά, στρατηγικά και πολιτικά πλεονεκτήματα. Η Βόρεια Θαλάσσια Οδός και το Βορειοδυτικό Πέρασμα θα μπορούσαν να βοηθήσουν το διεθνές εμπόριο μειώνοντας τους υφιστάμενους χρόνους διέλευσης κατά ημέρες με αποτέλεσμα να εξοικονομούν οι ναυτιλιακές εταιρείες από χιλιάδες μίλια ταξιδιού (Carmichael, 2018). Η τρέχουσα διαδρομή από το Ρότερνταμ και τη Γιοκοχάμα μέσω της διώρυγας του Σουέζ εκτείνεται σε 11.200 ναυτικά μίλια. Η Βόρεια Θαλάσσια

Διαδρομή θα μπορούσε να μειώσει την απόσταση πλεύσης σε μόλις 6.500 ναυτικά μίλια, εξοικονομώντας περισσότερο από 40 τοις εκατό. Ομοίως, το Βορειοδυτικό Πέρασμα θα μπορούσε να μειώσει το ταξίδι από το Σιάτλ στο Ρότερνταμ κατά 2.000 ναυτικά μίλια, καθιστώντας το σχεδόν 25 τοις εκατό συντομότερο από την τρέχουσα διαδρομή, μέσω της διώρυγας του Παναμά. Οι διεθνείς επιχειρήσεις θα επηρεαστούν επίσης βαθιά από την τήξη των πάγων της Αρκτικής. Λαμβάνοντας υπόψη τα τέλη της διώρυγας, το κόστος των καυσίμων και άλλες μεταβλητές που καθορίζουν τις τιμές των εμπορευματικών μεταφορών, οι συντομότερες διαδρομές θα μπορούσαν να μειώσουν το κόστος ενός μεμονωμένου ταξιδιού ενός μεγάλου πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων κατά 20%, από περίπου 17,5 εκατομμύρια δολάρια σε 14 εκατομμύρια δολάρια. Η εξοικονόμηση θα ήταν ακόμη μεγαλύτερη για τα μεγαθήρια που δεν μπορούν να περάσουν από τις διώρυγες του Παναμά και του Σουέζ και πρέπει επί του παρόντος να πλεύσουν γύρω από το Ακρωτήριο της Καλής Ελπίδας και το Ακρωτήριο Χορν. Επιπλέον, αυτές οι αρκτικές διαδρομές θα επέτρεπαν επίσης στα εμπορικά και στρατιωτικά πλοία να αποφύγουν να πλέουν μέσα από τα πολιτικά ασταθή ύδατα της Μέσης Ανατολής και τα μαστιζόμενα από πειρατές ύδατα στα ανοικτά των ακτών της Σομαλίας και στη Θάλασσα της Νότιας Κίνας (Mendez, 2009).

Αυτά τα πλεονεκτήματα έχουν οδηγήσει πολλούς ηγέτες και διανοούμενους να επανεξετάσουν την αξία της Αρκτικής- μια εγγενώς γεωπολιτική διαδικασία. Οι μελετητές του πεδίου της γεωπολιτικής υποστηρίζουν ότι ο κόσμος ενεργά χωροθετείται, διαιρείται, χαρακτηρίζεται και ταξινομείται σε μια ιεραρχία τόπων μεγαλύτερης και μικρότερης σημασίας. Τα κράτη εκφράζουν στη συνέχεια την κυριαρχία τους με την επιβολή δικαιωμάτων ιδιοκτησίας στις περιοχές που έχουν σημασία για εκείνες.

Καθώς οι χώρες της Αρκτικής κατανοούν όλο και περισσότερο τη σημασία των βόρειων περιοχών, αγωνιούν να τις κατέχουν. Το ενδιαφέρον για την Αρκτική μετριάζεται κάπως, ωστόσο, από τα σημαντικά μειονεκτήματα των διαδρομών της Βόρειας Θάλασσας. Η Αρκτική όχι μόνο θα παραμένει καλυμμένη με πάγο καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα, αλλά ο παχύς, πολυετής πάγος θα παραμείνει κυρίαρχος για αρκετές δεκαετίες ακόμη (Tamnes, 2014). Σε αντίθεση με τον πάγο του πρώτου έτους που έχει συνήθως πάχος 3 πόδια [περίπου 0,91 έως 1 μέτρο] και σχηματίζεται κατά τη διάρκεια ενός μόνο χειμώνα, ο πολυετής πάγος μπορεί να έχει πάχος πάνω από 16 πόδια [περίπου 4,8 έως 5 μέτρα] και

να είναι αρκετά αιχμηρός ώστε να καταστρέψει ένα πλοίο. Τα μοντέλα έχουν δείξει ότι η τήξη του πάγου των πρώτων ετών θα ανοίξει ετησίως το Βορειοδυτικό Πέρασμα, αλλά η τήξη μπορεί επίσης να ανοίξει το δρόμο για μεγάλα κομμάτια πολυετούς πάγου που θα παρασυρθούν από το Αρχιπέλαγος του Βόρειου Καναδά (Carmichael, 2018). Αυτός ο πολυετής πάγος μπορεί να είναι εξαιρετικά επικίνδυνος. Μια μελέτη έδειξε ότι οι πολυετείς πάγοι ευθύνονται για το 74% των ζημιών που υπέστησαν τα πλοία που ταξίδευαν στην καναδική Αρκτική μεταξύ 1976 και 2007. Επομένως, εάν οι πλοιοκτήτες επιχειρήσουν ποτέ να επωφεληθούν από τα περάσματα, θα πρέπει να λάβουν σημαντικές προφυλάξεις. Για να μπορέσουν να διαπλεύσουν αυτούς τους επικίνδυνους, ανοιχτούς θαλάσσιους δρόμους, πολλά από τα ναυπηγεία του κόσμου κατασκευάζουν πλοία με ενισχυμένα υλικά. Το δέλεαρ της Βόρειας Θαλάσσιας Οδού και του Βορειοδυτικού Περάσματος οδηγεί στην ανάπτυξη και κατασκευή νέων τύπων πλοίων, όπως ένα δεξαμενόπλοιο με διπλή πλώρη που μπορεί να ταξιδεύει με την πλώρη πρώτα σε ανοιχτά νερά και στη συνέχεια να κάνει αναστροφή και να προχωρήσει με την πλώρη πρώτα για να διαπεράσει τον πάγο (Mendez, 2009).

Η Ρωσία έχει ήδη αποκτήσει δεκατέσσερα παγοθραυστικά για τον στόλο της και πολλοί Αμερικανοί ειδικοί του ναυτικού υποστηρίζουν ότι τα δύο παγοθραυστικά που διαθέτουν σήμερα οι Ηνωμένες Πολιτείες είναι εντελώς ανεπαρκή. Η ίδια η πράξη της αγοράς παγοθραυστικών αποκαλύπτει το ενδιαφέρον για την περιοχή και καταδεικνύει τις μελλοντικές προθέσεις (Tamnes, 2014).



Εικόνα 6: Ρωσικό πυρηνικό παγοθραυστικό πλοίο

<https://www.ot.gr/2022/11/22/epikairothta/vlantimir-routin-provallei-tin-isxy-tis-rosias-stin-arktiki-me-tin-kathelkysi-pyrinikon-pagothraystikon/>

Η Αρκτική μπορεί να είναι το επόμενο, και πιθανότατα το τελευταίο, μεγάλο ενεργειακό σύνορο. Οι επιστήμονες εκτιμούν ότι οι πόροι στην Αρκτική αντιπροσωπεύουν περίπου το 22% των μη ανακαλυφθέντων, τεχνικά ανακτήσιμων πόρων υδρογονανθράκων στον κόσμο. Συνήθως, οι μη ανακαλυφθέντες πόροι είναι εκείνοι που δεν έχουν μετρηθεί ή ακόμη και πλήρως προσδιοριστεί, αλλά χαρακτηρίζονται από κάποιο βαθμό γεωλογικής βεβαιότητας (Carmichael, 2018).

Οι τεχνικά ανακτήσιμοι πόροι είναι εκείνοι οι πόροι που μπορούν να παραχθούν με τη χρήση της διαθέσιμης σήμερα τεχνολογίας και των πρακτικών της βιομηχανίας. Οι επιστήμονες της αμερικανικής κυβέρνησης πιστεύουν ότι 90 δισεκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου και τεράστιες ποσότητες φυσικού αερίου μπορεί να βρίσκονται κάτω από τον Αρκτικό Ωκεανό (Tamnes, 2014). Αυτή η ποσότητα πετρελαίου θα μπορούσε να καλύψει επαρκώς την τρέχουσα παγκόσμια ζήτηση για περίπου τρία χρόνια. Με τέτοια τεράστια δυνητικά κέρδη σε κίνδυνο, έχει αρχίσει ο αγώνας μεταξύ των αρκτικών εθνών για τον έλεγχο των πόρων σε περιοχές που κάποτε θεωρούνταν πολύ δύσβατες για εξερεύνηση. Καθώς οι τιμές των καυσίμων γίνονται εξαιρετικά ευμετάβλητες, η πιθανότητα αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου στην Αρκτική αποκτά πρόσθετη γεωπολιτική σημασία. Επειδή οι πολιτικά ασταθείς χώρες κατείχαν επί του παρόντος την πλειονότητα των πόρων

καυσίμων, τα έθνη της Αρκτικής μπορεί να αγωνιστούν για να αποκτήσουν πετρέλαιο και φυσικό αέριο στην περιοχή και να επιτύχουν ενεργειακή ανεξαρτησία (Pegna, 2013). Ενώ οι επιστήμονες αρχίζουν να κατανοούν καλύτερα τους πόρους στην Αρκτική, οι ακριβείς τοποθεσίες αυτών των πόρων παραμένουν σχετικά άγνωστες. Περίπου το 84% των εκτιμώμενων πόρων αναμένεται να βρίσκονται στην ανοικτή θάλασσα. Το ένα τρίτο του μη ανακαλυφθέντος πετρελαίου, ή περίπου 30 δισεκατομμύρια βαρέλια, πιστεύεται ότι βρίσκεται στα ανοικτά των ακτών της Αλάσκας, ενώ σχεδόν τα δύο τρίτα των μη ανακαλυφθέντων πόρων φυσικού αερίου βρίσκονται σε δύο ρωσικές επαρχίες, τη λεκάνη της Δυτικής Σιβηρίας και τη λεκάνη του Ανατολικού Μπάρεντς (Mendez, 2009).

Πολλές χώρες -συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Πολιτειών- έχουν σπεύσει να ξεκινήσουν αποστολές γεωλογικών ερευνών για να κατανοήσουν καλύτερα και να διεκδικήσουν τα εδάφη τους (Carmichael, 2018). Τα ασαφή όρια στην Αρκτική έχουν καταστήσει διφορούμενη την κυριότητα των υπεράκτιων πόρων της Αρκτικής. Εάν η πλειονότητα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου της Αρκτικής μπορεί να βρεθεί στα χωρικά ύδατα, οι μακροπρόθεσμες συγκρούσεις είναι λιγότερο πιθανές.



Εικόνα 7: Χάρτης της Αρκτικής (Πηγή εικόνας: Ebigner & Zambetakis, 2009)

Προς το παρόν, ωστόσο, η έλλειψη βεβαιότητας και οι τεράστιες οικονομικές δυνατότητες των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου αυξάνουν τις εντάσεις

μεταξύ των αρκτικών εθνών. Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο δεν είναι οι μόνοι πόροι που είναι πιθανό να βρεθούν στην Αρκτική - πολύτιμα ορυκτά μπορεί επίσης να υπάρχουν στον πυθμένα της θάλασσας. Οι επιστήμονες γνωρίζουν εδώ και καιρό για μη συμβατικά κοιτάσματα μεταλλευμάτων, γνωστά ως οζίδια μαγγανίου, τα οποία αποτελούν σφαιρικές συσσωρεύσεις μαγγανίου, κοβαλτίου, χαλκού και νικελίου που καθιζάνουν από το θαλάσσιο νερό σε βάθος. Σχηματίζονται όταν θερμά διαλύματα διαλυμένων μετάλλων από τον φλοιό της γης εκπλέκονται σε ψυχρά ωκεάνια νερά και βρίσκονται περίπου στο ένα τέταρτο του πυθμένα των ωκεανών. Η ανάκτηση των σφαιριδίων μπορεί να είναι τεχνικά δύσκολη, καθώς βρίσκονται συνήθως κάτω από τουλάχιστον 2 μίλια νερού και η εκσκαφή τους αναδύει μεγάλες ποσότητες ιζημάτων που διαταράσσουν σοβαρά τους θαλάσσιους οικοτόπους. Έτσι, ο ενθουσιασμός γύρω από τα ορυκτά έχει καταλαγιάσει σημαντικά από τη δεκαετία του 1970. Όχι μόνο η τεχνολογία πρέπει να γίνει φθηνότερη και ευρύτερα διαθέσιμη, αλλά και οι τιμές των βιομηχανικών πρώτων υλών πρέπει επίσης να παραμείνουν υψηλές για να καταστήσουν τα συγκεκριμένα ορυκτά κερδοφόρα (Tamnes, 2014).

Επειδή η Αρκτική μπορεί να είναι σχετικά ασταθής και πολλά παραμένουν άγνωστα σχετικά με τις συγκεκριμένες συνθήκες, περιβαλλοντικά ζητήματα περιβάλλουν όλες τις μορφές εξόρυξης πόρων στην περιοχή. Οι ανησυχίες σχετικά με τους χερσαίους πόρους, όπως το πετρέλαιο στο Εθνικό Καταφύγιο Άγριας Ζωής της Αλάσκας, έχουν κυριαρχήσει στις συζητήσεις σχετικά με την ανάπτυξη της Αρκτικής στις Ηνωμένες Πολιτείες μέχρι σήμερα. Ωστόσο, στο μέλλον οι περισσότεροι πόροι πιθανότατα θα ανακαλυφθούν στην ανοικτή θάλασσα. Η ανάπτυξη της Αρκτικής θα δημιουργήσει σίγουρα περιβαλλοντικές συνέπειες. Η ακτοφυλακή των Ηνωμένων Πολιτειών έχει ήδη αρχίσει να προετοιμάζεται για τη στιγμή που θα αυξηθεί η κίνηση δεξαμενόπλοιων και άλλων πλοίων στην περιοχή, λαμβάνοντας προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση μιας αναπόφευκτης πετρελαιοκηλίδας (Mendez, 2009).

Η Ρωσία, από την άλλη πλευρά, έχει λάβει πολύ λίγα μέτρα για την πρόληψη και τη διαχείριση των πετρελαιοκηλίδων. Για ολόκληρη την περιοχή του Μπάρεντς, η Ρωσία διαθέτει μόνο δύο βάσεις με τον απαραίτητο εξοπλισμό για την αντιμετώπιση μιας πετρελαιοκηλίδας, ενώ η Νορβηγία διαθέτει τουλάχιστον 50 βάσεις αυτού του είδους. Οποιαδήποτε πετρελαιοκηλίδα συμβεί στην Αρκτική θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο για να

διαλυθεί, επειδή τα κύματα δεν είναι τόσο ισχυρά στην περιοχή και η φυσική αποσύνθεση γίνεται αργά σε ψυχρότερες θερμοκρασίες. Ως εκ τούτου, ακόμη και καθώς οι χώρες αναζητούν την Αρκτική για να συμπληρώσουν τα μειούμενα αποθέματα πετρελαίου, η περιβαλλοντική ασφάλεια μπορεί να γίνει ένα ζήτημα που διχάζει επίσης τις χώρες. Η γεωπολιτική είναι εγγενώς συνδεδεμένη με τη χρήση και τον έλεγχο των πόρων. Η Αρκτική, ως σχετικά παρθένο έδαφος, δεν διαθέτει τη γεωπολιτική σταθερότητα που έχει εδραιωθεί στις περισσότερες άλλες περιοχές του κόσμου. Το γεγονός ότι η ίδια η γεωγραφία βρίσκεται σε μεταβαλλόμενη κατάσταση επιτείνει την αστάθεια της περιοχής. Συνεπώς, οι χώρες θα διεκδικούν τη θέση τους μέχρι να καθιερωθεί ένα αποτελεσματικό νομικό καθεστώς στην περιοχή (Mendez, 2009).

Σύμφωνα με τον Hamilton (2022), ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στην Αρκτική παρέχει περισσότερα μειονεκτήματα παρά πλεονεκτήματα στη γεωπολιτική θέση της Ρωσίας. Καθώς οι θερμοκρασίες της Αρκτικής αυξάνονται, η βόρεια ακτογραμμή και οι υποδομές της Ρωσίας αναμένεται να υποστούν σημαντική διάβρωση λόγω της απόψυξης του μόνιμου πάγου. Η διάβρωση αυτή θα επιδεινωθεί από τις υψηλότερες παλίρροιες, οδηγώντας σε αποσταθεροποίηση. Η πρωταρχική ανησυχία της Ρωσίας που θα προκύψει από τα ελεύθερα από πάγο αρκτικά ύδατα θα είναι η ανεπαρκώς αμυνόμενη νέα ευάλωτη περιοχή κατά μήκος της εκτεταμένης βόρειας ακτογραμμής της, μήκους 15.000 μιλίων. Μια πρόσθετη δυσκολία που θα παρουσιαστεί από την αύξηση των θερμοκρασιών στην Αρκτική θα είναι η ανάπτυξη εμπορικών δρόμων που θα ενισχύσουν την επιρροή των κινεζικών επιχειρηματικών συμφερόντων. Οι θαλάσσιοι διάδρομοι της Αρκτικής, όπως το Βορειοδυτικό Πέρασμα, η Βόρεια Θαλάσσια Οδός και η Διαπολική Θαλάσσια Οδός, έχουν μεγάλες δυνατότητες να μετασχηματίσουν τα παγκόσμια δίκτυα εφοδιασμού. Αναμφίβολα, τα ακατέργαστα οικονομικά οφέλη μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε στρατιωτική ισχύ. Η Κίνα στοχεύει να εκμεταλλευτεί τις οικονομικές ευκαιρίες που παρουσιάζει την τήξη των πάγων της Αρκτικής μέσω του σχεδίου της για τον Πολικό Δρόμο του Μεταξιού, προκειμένου να προωθήσει τους ηγεμονικούς της στόχους. Επιπλέον, οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν κίνητρο να εδραιώσουν την παρουσία τους στην περιοχή της Αρκτικής προκειμένου να διασφαλίσουν τα εκτεταμένα αποθέματα σπάνιων γαιών (REE) και να ανταγωνιστούν την Κίνα.

Συμπεράσματα

Μέσα από τη μελέτη της δευτερογενούς βιβλιογραφίας αλλά και των δεδομένων που προκύπτουν από τη μελέτη της κλιμάκωσης του φαινομένου της κλιματικής κρίσης και της τήξης των πάγων στην Αρκτική, διαπιστώνεται μία άμεση μετατόπιση του διεθνούς, γεωπολιτικού ενδιαφέροντος για τις αχανείς εκτάσεις της. Αυτές αποτελούν τόπο παρθένο και πλούσιο σε πόρους, η κυριαρχία στον οποίο μπορεί να επιφέρει κέρδη τόσο μέσω της εκμετάλλευσης των πόρων όσο και λόγω των θαλάσσιων περασμάτων που αποκαλύπτονται σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό.

Ο αγώνας για την κυριαρχία στην περιοχή της Αρκτικής έχει επιταχυνθεί τα τελευταία χρόνια, γεγονός αδιαμφισβήτητο. Οι αυξανόμενες εντάσεις και η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ικανές να υπονομεύσουν ακόμη περισσότερο την παγκόσμια ασφάλεια. Η περιοχή της Αρκτικής μετατρέπεται ταχέως σε αφετηρία για έναν νέο Ψυχρό Πόλεμο, όπου ζητήματα περιβάλλοντος και ασφάλειας περιπλέκονται επικίνδυνα. Ο πλούτος των διαθέσιμων φυσικών πόρων στην περιοχή υποδηλώνει πως αποτελεί έναν τομέα που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για τους σημαντικούς «παίκτες» του διεθνούς συστήματος (Οικονομικός Ταχυδρόμος, 2023). Η Αρκτική είναι κρίσιμης στρατηγικής σημασίας τόσο για το εμπόριο όσο και για την ασφάλεια, με την περιοχή να αμφισβητείται από μέλη και εταίρους του NATO καθώς και από τη Ρωσική Ομοσπονδία. Τα γεγονότα στην Ουκρανία σημαίνουν ότι ο ανταγωνισμός για την Αρκτική έχει αποκτήσει ακόμη μεγαλύτερη γεωπολιτική σημασία. Οι προβλέψεις για τις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένου του λιώσιμου του πάγου, έχουν τη δυνατότητα να καταλύσουν περαιτέρω την αστάθεια στην περιοχή. Η περιοχή της Αρκτικής υπήρξε ιστορικά περιοχή συνεργασίας. Στην κορύφωση του Ψυχρού Πολέμου κατά τον 20ό αιώνα, μια εποχή που οι εντάσεις μεταξύ των ΗΠΑ και της Ρωσίας ήταν στο πιο τεταμένο επίπεδο, η Αρκτική παρέμεινε πηγή κοινού ενδιαφέροντος. Έγινε επιστημονική συνεργασία σε θέματα όπως η οικολογική υποβάθμιση και η προστασία του περιβάλλοντος, και υπήρξε σημαντική προσπάθεια από επιστήμονες και φορείς χάραξης πολιτικής και στις δύο πλευρές του χάσματος να συνεργαστούν. Μετά την κατάρρευση της Σοβιετικής Ένωσης τον Δεκέμβριο του 1991, η συνεργασία στην Αρκτική συνέχισε να επιταχύνεται. Οι ΗΠΑ και η Ρωσία υπέγραψαν τη Ρωσοαμερικανική Μακροπρόθεσμη Απογραφή της Αρκτικής Συνθήκης

(RUSALCA) και συμμετείχαν σε μια σειρά κοινών επιστημονικών αποστολών στην Αρκτική. Αυτές οι συλλογικές προσπάθειες σταμάτησαν το 2015 καθώς αυξήθηκε ο ανταγωνισμός μεταξύ Ρωσίας και ΗΠΑ. Η σχέση της Ρωσίας με τη Δύση είναι διαταραγμένη και σε κακή φάση τούτη την περίοδο, μετά την εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία ενώ η Δύση στοχεύει τη Ρωσία με πρωτοφανείς κυρώσεις ως απάντηση. Οι διμερείς δεσμοί έχουν περικοπεί και η σχέση βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο από τον Ψυχρό Πόλεμο. Οι δραστηριότητες του οκταμελούς Αρκτικού Συμβουλίου έχουν σταματήσει ως απάντηση στην εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία, με την πλειονότητα των χωρών μελών του να αρνούνται να συμμετάσχουν σε συνεδριάσεις που πραγματοποιεί η Ρωσία. Ακόμη και η συνεργασία σε επιστημονικά θέματα, η οποία συνεχίστηκε στο απόγειο του Ψυχρού Πολέμου, φαίνεται να έχει σταματήσει. Από τα οκτώ κράτη μέλη του Αρκτικού Συμβουλίου, καμία χώρα δεν έχει ανέβει στην κλίμακα για την ειρήνη σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Δείκτη Ειρήνης (GPI) του 2022.

Change in GPI score, 2021–2022

Rank		Country	Change in Score
1	↔	Iceland	+0.039
4	↓ 1	Denmark	-0.003
12	↓ 4	Canada	-0.064
14	↓ 1	Finland	-0.033
17	↔	Norway	-0.018
26	↓ 6	Sweden	-0.067
129	↓ 1	US	-0.01
160	↓ 5	Russia	-0.033

Source: IEP

Εικόνα 8: Αλλαγές στον Παγκόσμιο Δείκτη Ειρήνης την περίοδο 2021-2022

Πηγή: <https://www.visionofhumanity.org/the-melting-arctic-and-a-new-cold-war/>

Η Ρωσία γνώρισε την τέταρτη μεγαλύτερη μείωση στη βαθμολογία της ειρήνης, υποχωρώντας κατά πέντε θέσεις και κατατάσσεται ως η τέταρτη λιγότερο ειρηνική χώρα στον κόσμο. Άλλα μέλη του Αρκτικού Συμβουλίου έχουν επίσης υποστεί σημαντική

επιδείνωση με τη Σουηδία να υποχωρεί κατά έξι θέσεις, τη Φινλανδία κατά μία, τη Δανία κατά μία και τις ΗΠΑ κατά μία σύμφωνα με τον δείκτη GPI. Ο Καναδάς έπεσε κατά τέσσερις θέσεις, αποχωρώντας από τις δέκα πιο ειρηνικές χώρες του κόσμου για πρώτη φορά στην ιστορία του GPI. Η Ισλανδία και η Νορβηγία παρέμειναν στην ίδια θέση, αν και η Νορβηγία έχει επιδεινωθεί ελαφρά ως προς την ειρήνη συνολικά. Το λιώσιμο των πάγων μείωσε επίσης δραματικά την απόσταση μεταξύ της Ρωσίας και των χωρών του NATO στην Αρκτική σε απόσταση περίπου 100 μιλίων, με τα δύο στρατιωτικά μπλοκ να βρίσκονται το ένα στο κατώφλι του άλλου. Ενώ υπάρχει μια παγκόσμια τάση μείωσης της στρατιωτικοποίησης από το 2008, όπως τονίζεται από το GPI, ο πόλεμος στην Ουκρανία που μαίνεται δύο χρόνια πλέον, έχει οδηγήσει σε μαζική στρατιωτική συσσώρευση από ορισμένες χώρες. Αυτή η συσσώρευση ήταν ιδιαίτερα ορατή στην περιοχή της Αρκτικής, όπου δυνάμεις του NATO υπό την ηγεσία των ΗΠΑ έχουν αρχίσει να συμμετέχουν σε στρατιωτικές ασκήσεις της Αρκτικής με περιφερειακούς εταίρους.



Εικόνα 9: Η εξάπλωση του πάγου στην Αρκτική 1980-2026

Πηγή:https://www.economist.com/graphic-detail/2017/05/01/the-decline-of-arctic-sea-ice?utm_medium=cpc.adword.pd&utm_source=google&ppccampaignID=18151738051&ppcadID=&utm_campaign=a.22brand_pmax&utm_content=conversion.direct-response.anonymous&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwoa2xBhACEiwA1sb1BPPKdz9045USyEzsmItITqmYvH-aXFUaWuYKfpHVLqisocoQWskZ5xoCAo4QAvD_BwE&gclid=aw.ds

Εάν οι εκπομπές άνθρακα συνεχίσουν να αυξάνονται με τον σημερινό τους ρυθμό, έως το 2040 η Αρκτική θα είναι πιθανότατα απαλλαγμένη από πάγους κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Εκτός από τις οικολογικές απειλές, αυτό είναι επίσης πιθανό να έχει τεράστιες γεωπολιτικές προεκτάσεις.

Επί του παρόντος, ορισμένα δρομολόγια πλοίων είναι βατά μόνο με τη χρήση εξαιρετικά εξειδικευμένων παγοθραυστικών πλοίων. Εάν η διαδρομή της Αρκτικής καταστεί απαλλαγμένη από πάγο, αυτή η διαδρομή πιθανότατα θα καταστεί πλεύσιμη από πολλά εμπορικά πλοία. Ενώ αυτές οι αλλαγές έχουν τη δυνατότητα να βλάψουν το εύθραυστο οικοσύστημα της Αρκτικής, σίγουρα θα επηρεάσουν επίσης την αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτά τα δρομολόγια θα προσφέρουν χαμηλότερο κόστος παράδοσης και ταχύτερους χρόνους παράδοσης για δεξαμενόπλοια και φορτηγά πλοία, μειώνοντας πιθανώς τους χρόνους αποστολής έως και 40%. Τούτη την ώρα, η Ρωσία κυριαρχεί στις ναυτιλιακές διαδρομές της Αρκτικής, και η αύξηση της ναυτιλιακής ικανότητας στην περιοχή θα μπορούσε να προσφέρει τη δυνατότητα στη Ρωσία να αυξήσει το εμπόριο με την Κίνα, ενισχύοντας περαιτέρω τις διμερείς σχέσεις τους. Αυτή η περιοχή διαθέτει τεράστια ποσότητα ανεκμετάλλευτων φυσικών πόρων, συμπεριλαμβανομένου περίπου του 13% του αναξιοποίητου πετρελαίου στον κόσμο, του 30% του υποθαλάσσιου φυσικού αερίου και έως και 1 τρισεκατομμύριο δολάρια σε μέταλλα και ορυκτά (συμπεριλαμβανομένων πολλών από τα κρίσιμα ορυκτά που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρονική). Ο πιθανός διαθέσιμος πλούτος από την περιοχή της Αρκτικής έχει εντείνει τον ανταγωνισμό μεταξύ των αρκτικών εθνών, με περιοχές όπως η κορυφογραμμή Lomonosov που διεκδικούν η Ρωσία, η Γροιλανδία, η Δανία και ο Καναδάς (Ναυτεμπορική, 2023). Αυτός ο ανταγωνισμός είναι απίθανο να υποχωρήσει σύντομα. Αν δεν υπάρξει σημαντική βελτίωση στη σχέση της Ρωσίας με τη Δύση, παράγοντες όπως αυτοί συνδυαστικά με την αυξανόμενη στρατιωτικοποίηση στην περιοχή έχουν τη δυνατότητα να εντείνουν τις εντάσεις και να πυροδοτήσουν μια σημαντική απειλή για την διεθνή ασφάλεια.

Πέρα επομένως από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές συνέπειες του φαινομένου της τήξης των πάγων στην Αρκτική, δεν πρέπει να υποτιμάται σε καμία περίπτωση ο ρόλος της τήξης των πάγων στην γεωπολιτική και το πεδίο των διεθνών σχέσεων, καθώς σημαντικές δυνάμεις, όπως η Ρωσία, οι Η.Π.Α. και ο Καναδάς, μεταξύ άλλων, έχουν αρχίσει

ήδη να διεκδικούν τα δικαιώματά τους στην Αρκτική. Παρά την ταχεία εξέλιξη του περιβαλλοντικού φαινομένου, οι προσπάθειες για ρύθμιση του ζητήματος του διαμοιρασμού ή της ουδετερότητας των εδαφών, έχει ρυθμιστεί μόνο εν μέρει από την UNCLOS, την οποία μάλιστα, οι Η.Π.Α. δεν αποδέχονται. Η άρνηση μίας από τις μεγαλύτερες δυνάμεις να συμμορφωθούν με τον ρυθμιστικό αυτό κανονισμό, δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο τις προβλέψεις για τη διατήρηση της γεωπολιτικής ισορροπίας με την πάροδο του χρόνου, καθώς, δυστυχώς, προκύπτει ένα σημαντικότερο κενό που αφορά τη ρύθμιση των διεκδικήσεων και των διεθνών σχέσεων στην περίπτωση που η τήξη των πάγων στην Αρκτική προχωρήσει με τον ρυθμό τον οποίο οι επιστήμονες προβλέπουν.

Το γεγονός αυτό, δείχνει πως η τήξη των πάγων αποτελεί ταυτόχρονα ένα επικίνδυνο περιβαλλοντικό φαινόμενο, ένα πολλά υποσχόμενο πεδίο ανάπτυξης και οικονομικής ενίσχυσης και ένα δυνητικό πεδίο σημαντικών και σφοδρών συγκρούσεων, λόγω της ταυτόχρονης διεκδίκησης συμφερόντων. Για να αποφευχθούν δυσάρεστες εξελίξεις σε επίπεδο διεθνών σχέσεων είναι απαραίτητο, πέρα από τις περιβαλλοντικές ρυθμίσεις για την αναστροφή του φαινομένου, να γίνουν προσπάθειες για την πρόληψη γεωπολιτικών συγκρούσεων, σε περίπτωση που λόγω της τήξης των πάγων ή της τεχνολογικής εξέλιξης δοθούν ευκαιρίες εκμετάλλευσης της Ανταρκτικής.

Είναι σαφές ότι η σημασία της Αρκτικής, αν και είναι ήδη ορατή, αναμένεται να αυξηθεί κατά τις επόμενες δεκαετίες, με συνέπειες οι οποίες είναι απρόβλεπτες, τόσο για τις χώρες οι οποίες έχουν διεκδικήσεις επί των εδαφών της, όσο και γενικότερα για την παγκόσμια ισορροπία δυνάμεων. Ακόμη και αν μία από τις υπερδυνάμεις καταφέρει να υπερισχύσει αναίμακτα έναντι των άλλων, είναι αναμενόμενο, ότι ως αποτέλεσμα της υπέρμετρης δύναμης την οποία θα αποκτήσει, θα διαταράξει την ισορροπία δυνάμεων στον πλανήτη.

Μέσα από το πρίσμα αυτό, αναδεικνύεται ότι οι συνέπειες της κλιματικής κρίσης δεν περιορίζονται μόνο στις περιβαλλοντικές και πως αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη, την αντιμετώπιση αλλά και την προσαρμογή στην περιβαλλοντική αλλαγή, αναμένεται να προκύψει ανισορροπία δυνάμεων και ανεπαρκής και άνιση εκμετάλλευση των πόρων της Αρκτικής. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητο, να διαμορφωθεί άμεσα και

προληπτικά ένα ρυθμιστικό πλαίσιο αποδεκτό από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, το οποίο θα διασφαλίζει ότι η όποια εκμετάλλευση των πόρων της Αρκτικής θα γίνει με τρόπο βιώσιμο και ισορροπημένο και ταυτόχρονα, να ισχυροποιηθούν οι κανονισμοί για τον περιορισμό και την επιβράδυνση του φαινομένου της τήξης των πάγων.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση:

- ✓ Aksenov Y., Popova, E., Yool, A., et al. (2017) On the future navigability of Arctic sea routes: Highresolution projections of the Arctic Ocean and sea ice. *Marine Policy*, 75, 300–317. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2015.12.027>
- ✓ Anwar, M. R., Liu, D. L., Macadam, I., & Kelly, G. (2013). Adapting agriculture to climate change: a review. *Theoretical and applied climatology*, 113, 225-245.
- ✓ Beckman, R. (2022). On the United States, the UN Convention on the Law of the Sea and US Freedom of Navigation Operations. <https://fulcrum.sg/on-the-united-states-the-un-convention-on-the-law-of-the-sea-and-us-freedom-of-navigation-operations/>
- ✓ Blockley, E. W., Aksenov, Y., Campbell, K., Hewitt, H. T., Oltmanns, M., Screen, J. A., & Tsamados, M. (2023). Impacts of Climate Change on Arctic Sea Ice. *MCCIP Science Review 2023*.
- ✓ Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *science*, 320(5882), 1444-1449.
- ✓ Borenstein, S. (2022). Hot poles: Antarctica, Arctic 70 and 50 degrees above normal. https://apnews.com/article/climate-science-colorado-arctic-antarctica-eda9ea8704108bdab2480fa2cd4b6e34?fbclid=IwAR0SxMeiSIRHu4SCtQ0q0F6Qce_nLSP62x6xfbeaQyvtJa36wiFRH22KA7M_aem_AZ6-

sG21FuU504AJHZx5elzuo5QC-

AODSaMI1waJ5caOlrLJVeFzZcHDMv8eD86CQoxNgikhoAgVhCYykcw7CkX

- ✓ Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2021, July 24). Arctic Ocean summary. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/summary/Arctic-Ocean>
- ✓ Caney, S. (2015). Climate change. In The Routledge handbook of global ethics (pp. 384-398). Routledge.
- ✓ Carmichael, C. (2018). The United States, UNCLOS, and the "Race to the Arctic" (Doctoral dissertation).
- ✓ Colgan, J. (2021). Climate Change, Grand Strategy, and International Order. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.wilsoncenter.org/article/climate-change-grand-strategy-and-international-order>
- ✓ Ebinger, C. K., & Zambetakis, E. (2009). The geopolitics of Arctic melt. *International Affairs*, 85(6), 1215-1232.
- ✓ Eckersley, R. (2013). Poles apart?: the social construction of responsibility for climate change in Australia and Norway. *Australian Journal of Politics & History*, 59(3), 382-396.
- ✓ Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2023). Συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Climate change. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_el#:~:text=%CE%9F%CE%B9%20%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%80%CF%84%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CF%83%CF%84%CE%B7%20%CE%B4%CE%B1%CF%83%CE%BF%CE%BA%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1%20%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CF%89,%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%81%CE%AC%CF%83%CF%83%CE%BF%CF%85%CE%BD%20%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CF%85%CE%B3%CE%B5

%CE%AF%CE%B1%20%CF%84%CF%89%CE%BD%20%CE%B4%CE%B1%CF%83%CF%8E%CE%BD.

- ✓ Fortna, P. (2022). The International Politics of Climate Change Political Science G8836. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://watson.brown.edu/climatesolutionslab/files/csl/imce/Climate%20Change%20syllabus%20-%20Virginia%20Page%20Fortna.pdf>
- ✓ Fox-Kemper, B., Hewitt, H. T., Xiao, C. et al. (2021) Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, pp. 1211–1362. doi:10.1017/9781009157896.011.
- ✓ Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and planetary change*, 63(2-3), 90-104.
- ✓ Hamilton. T. (2022). The Geopolitics of Arctic Warming. <https://www.americansecurityproject.org/geopolitics-of-arctic-warming/>
- ✓ Hardy, J. T. (2003). *Climate change: causes, effects, and solutions*. John Wiley & Sons.
- ✓ Ηνωμένα Έθνη (2023). Causes and Effects of Climate Change. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.un.org/en/climatechange/science/causes-effects-climate-change>
- ✓ Horvat, C., Jones, D. R., Iams, S., Schroeder, D., Flocco, D. and Feltham, D. (2017) The frequency and extent of sub-ice phytoplankton blooms in the Arctic Ocean. *Scientific Advances*, 29(3). <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/sciadv.1601191>.
- ✓ Hošeková, L., Eidam, E., Panteleev, G., Rainville, L., Rogers, W. E. and Thomson, J. (2021) Landfast ice and coastal wave exposure in northern

Alaska. *Geophysical Research Letters*, 48, e2021GL095103. <https://doi.org/10.1029/2021GL095103>.

- ✓ IPCC (2021) Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp. 3–32. doi:10.1017/9781009157896.001.
- ✓ Krumpen, T., Belter, H. J., Boetius, A. et al. (2019) Arctic warming interrupts the Transpolar Drift and affects long-range transport of sea ice and ice-rafted matter. *Scientific Reports*, 9, 5459. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41456-y>.
- ✓ Krumpen, T., von Albedyll, L., Goessling, H. F., Hendricks, S., Juhls, B. et al. (2021) MOSAiC drift expedition from October 2019 to July 2020: sea ice conditions from space and comparison with previous years. *The Cryosphere*, 15, 3897–3920. <https://doi.org/10.5194/tc-15-3897-2021>.
- ✓ Kwok, R. (2018) Arctic sea ice thickness, volume, and multiyear ice coverage: losses and coupled variability (1958–2018). *Environmental Research Letters*, 13, 105005. doi:10.1088/1748-9326/aae3ec.
- ✓ Landy, J. C., Dawson, G. J., Tsamados, M., Bushuk, M., Stroeve, J. C., Howell, S. E., Krumpen, T., Babb, D. G., Komarov, A. S., Heorton, H. D. and Belter, H. J. (2022) A year-round satellite sea-ice thickness record from CryoSat-2. *Nature*, 609, 517-522. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05058-5>
- ✓ Mallett, R. D., Stroeve, J. C., Tsamados, M., Landy, J. C., Willatt, R., Nandan, V. and Liston, G. E. (2021) Faster decline and higher variability in the sea ice thickness of the marginal Arctic seas when accounting for dynamic snow cover. *The Cryosphere*, 15, 2429-2450. <https://doi.org/10.5194/tc-15-2429-2021>

- ✓ Matouq, M., El-Hasan, T., Al-Bilbisi, H., Abdelhadi, M., Hindiyeh, M., Eslamian, S., & Duheisat, S. (2013). The climate change implication on Jordan: A case study using GIS and Artificial Neural Networks for weather forecasting. *Journal of Taibah University for Science*, 7(2), 44-55.
- ✓ Mendez, T. (2009). Thin ice, shifting geopolitics: The Legal implications of Arctic ice melt. *Denv. J. Int'l L. & Pol'y*, 38, 527.
- ✓ National Geographic (2023). Climate Change. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://education.nationalgeographic.org/resource/climate-change/>
- ✓ Olonscheck, D., Mauritsen, T. and Notz, D. (2019) Arctic sea-ice variability is primarily driven by atmospheric temperature fluctuations. *Nature Geoscience*, 12, 430-434. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0363-1>.
- ✓ OSI SAF (2020) EUMETSAT Ocean and Sea Ice Satellite Application Facility, Sea ice index 1979 onwards (v2.1), OSI-420. Available at <https://osisaf-hl.met.no/v2p1-sea-ice-index>.
- ✓ OSI SAF (2022) EUMETSAT Ocean and Sea Ice Satellite Application Facility, Global sea ice concentration climate data record 1978-2020 (v3.0), OSI-450-a. Available at <https://osisaf.eumetsat.int/products/osi-450-a>.
- ✓ Pegna, M. R. (2013). US Arctic policy: The need to ratify a modified UNCLOS and secure a military presence in the Arctic. *J. mar. l. & com.*, 44, 169.
- ✓ Perovich, D. K. and Polashenski, C. (2012) Albedo evolution of seasonal Arctic sea ice. *Geophysical Research Letters*, 39, L08501. <https://doi.org/10.1029/2012GL051432>.
- ✓ Petty, A. A., Keeney, N., Cabaj, A., Kushner, P. and Bagnardi, M. (2023) Winter Arctic sea ice thickness from ICESat-2: upgrades to freeboard and snow loading estimates and an assessment of the first three winters of data

collection. *The Cryosphere*, 17, 127-156. <https://doi.org/10.5194/tc-17-127-2023>.

- ✓ Polyakov, I. V., Alkire, M. B., Bluhm, B. A., Brown, K. A., Carmack, E. C., Chierici, M., Danielson, S. L., Ellingsen, I., Ershova, E. A., Gårdfeldt, K., Ingvaldsen, R. B., Pnyushkov, A. V., Slagstad, D. and Wassmann, P. (2020) Borealization of the Arctic Ocean in Response to Anomalous Advection From Sub-Arctic Seas. *Frontiers in Marine Science*, 7, 491. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00491> .
- ✓ Reader, M. C. and Steiner, N. (2022) Atmospheric trends over the Arctic Ocean in simulations from the Coordinated Regional Downscaling Experiment (CORDEX) and their driving GCMs. *Climate Dynamics*, 59, 3401–3426. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06274-5>.
- ✓ Reid, P. C., Fischer, A. C., Lewis-Brown, E., Meredith, M. P., Sparrow, M., Andersson, A. J., ... & Washington, R. (2009). Impacts of the oceans on climate change. *Advances in marine biology*, 56, 1-150.
- ✓ Riordon, J. (2024). Antarctic sea ice near historic lows: Arctic ice continues decline. https://phys.org/news/2024-03-antarctic-sea-ice-historic-lows.html?fbclid=IwAR1EXzWp0mX9blcjt4kbeU312AmKiVH2n4KJSomyvIEIAUageRiypKZe4Is_aem_AZ5ZSkL00NI2FfxsWFFqmXu2036jpApag1510BNnR8D2nhB3ZYkjlqzeFDwjTvpajQmrXDY6UL77iu0Vh0F6yl8z#google_vignette
- ✓ Stern, D. I., & Kaufmann, R. K. (2014). Anthropogenic and natural causes of climate change. *Climatic change*, 122, 257-269.
- ✓ Strong, C. and Rigor, I. G. (2013) Arctic marginal ice zone trending wider in summer and narrower in winter. *Geophysical Research Letters*, 40, 4864-4868. <https://doi.org/10.1002/grl.50928>.

- ✓ Tamnes, R., & Offerdal, K. (Eds.). (2014). Geopolitics and security in the Arctic: regional dynamics in a global world. Routledge.
- ✓ UNCLOS. United Nations Convention on the Law of Sea. https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf
- ✓ <https://www.visionofhumanity.org/the-melting-arctic-and-a-new-cold-war/>
- ✓ https://www.economist.com/graphic-detail/2017/05/01/the-decline-of-arctic-sea-ice?utm_medium=cpc.adword.pd&utm_source=google&ppccampaignID=18151738051&ppcadID=&utm_campaign=a.22brand_pmax&utm_content=conversion.direct-response.anonymous&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwoa2xBhACEiwA1sb1BPPKDz9045USyEzsmItlTqmYvH-aXFUaWuYKfpHVIqisocoQWskZ5xoCAo4QAvD_BwE&gclidsrc=aw.ds
- ✓ Webster, M., Gerland, S., Holland, M. et al. (2018) Snow in the changing sea-ice systems. Nature Climate Change, 8, 946–953. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0286-7>.
- ✓ Wegge, N., & Keil, K. (2018). Between classical and critical geopolitics in a changing Arctic. Polar Geography, 41(2), 87-106.

Ελληνόγλωσση:

- ✓ Σταυρίδη, Η. Ι. (2015). Ζητήματα περιβαλλοντικής δικαιοσύνης στο πλαίσιο του θεσμικού καθεστώτος για την κλιματική κρίση. Πάντειο Πανεπιστήμιο.
- ✓ Δελιάς, Σ. Π. (2015). Κλιματική αλλαγή και συνέπειες υπό το πρίσμα της Ευρώπης: η Ελλάδα ως μελέτη περίπτωσης. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- ✓ Βερτσώνης, Κ. (2014). *Κλιματική αλλαγή και ναυτιλία* (Doctoral dissertation, University of Piraeus (Greece)).

- ✓ <https://www.ot.gr/2023/11/14/green/klimatiki-allagi/lekkas-perimename-tin-klimatiki-krisi-to-2040-alla-ti-vionoume-poly-pio-prin/>, επίσκεψη στις 03/05/2024
- ✓ <https://greenagenda.gr/%CE%BB%CE%AD%CE%BA%CE%BA%CE%B1%CF%82-%CE%B3%CE%B9%CE%B1%CF%84%CE%AF-%CF%80%CF%81%CE%AD%CF%80%CE%B5%CE%B9-%CE%BD%CE%B1-%CE%BC%CE%B9%CE%BB%CE%AC%CE%BC%CE%B5-%CF%80%CE%BB%CE%AD%CE%BF%CE%BD-%CE%B3%CE%B9/>, επίσκεψη στις 03/05/2024
- ✓ <https://www.naftemporiki.gr/society/1187820/efth-lekkas-den-vionoume-klimatiki-allagi-alla-klimatiki-krisi/>, επίσκεψη στις 03/05/2024
- ✓ <https://www.naftemporiki.gr/kosmos/1467800/se-poion-anikei-o-voreios-polos-o-neos-polemos-anamesa-se-rosia-kai-dysi-xekinaei-stin-arktiki/>, επίσκεψη στις 04/05/2024
- ✓ <https://www.naftemporiki.gr/kosmos/1467800/se-poion-anikei-o-voreios-polos-o-neos-polemos-anamesa-se-rosia-kai-dysi-xekinaei-stin-arktiki/>, επίσκεψη στις 04/05/2024
- ✓ <https://www.ot.gr/2023/03/18/diethni/arktiki-syγκrousi-giganton-me-to-lemma-se-petrelaio-kai-fysiko-aerio/>, επίσκεψη στις 04/05/2024
- ✓ <https://www.ot.gr/2022/11/22/epikairothta/vlantimir-poutin-provallei-tin-isxy-tis-rosias-stin-arktiki-me-tin-kathelkysi-pyrinikon-pagothraystikon/>

