



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Ειδίκευση Γ: Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης & Λιμένων

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία με Τίτλο:

**Μεθοδολογικό Πλαίσιο Αξιολόγησης Τρωτότητας
σε Παράκτιες Περιοχές και Λιμένες**



Μαρία Σ. Κουλούρη

Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός, Α.Μ. 21020039

Επιβλέπουσα: Βασιλική Τσουκαλά, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

**Β.Κ. Τσουκαλά
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.**

Copyright © Μαρία Κουλούρη, 2022

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τη συγγραφέα αποκλειστικά και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Δηλώνεται υπεύθυνα ότι η συγγραφέας είναι κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της παρούσας εργασίας, η οποία δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

1. **Βασιλική Τσουκαλά**, Καθηγήτρια, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., **Επιβλέπουσα**
2. **Κίμων Χατζημπίρος**, Ομότιμος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
3. **Συμεών Μαλαμής**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.

*Στους γονείς μου και τα
αδέρφια μου...*

Πρόλογος & Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της φοίτησής μου στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου «Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» κατά το ακαδημαϊκό έτος 2021-2022, με επιβλέπουσα την Καθηγήτρια κα Βασιλική Τσουκαλά.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθ. κα Βασιλική Τσουκαλά για την ανάθεση του θέματος, για τις πολύτιμες συμβουλές της και για το ενδιαφέρον της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ομότιμο καθηγητή κο Κίμωνα Χατζημπίρο και τον καθ. κο Συμεών Μαλαμή για τη συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή.

Δεν θα μπορούσα να μην αναφερθώ ιδιαίτερα στην οικογένειά μου, στην αγάπη και τη στήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια. Χωρίς τις θυσίες και τις δικές τους στερήσεις δεν θα κατάφερνα να πραγματοποιήσω τους στόχους μου και να ολοκληρώσω τις μεταπτυχιακές σπουδές μου. Για την υπομονή και την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν και για τις αξίες που μου δίδαξαν.

Από τις ευχαριστίες μου δεν θα μπορούσα να παραλείψω την υποψήφια διδάκτορα κ. Βασιλική Χαλασάνη, για την υποστήριξη και βοήθεια που μου προσέφερε όλους αυτούς τους μήνες. Η συνεργασία μας, οι γνώσεις και οι παρατηρήσεις της ήταν καθοριστικοί παράγοντες για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να αναφερθώ σε όλους εκείνους τους ανθρώπους που με συμβούλεψαν σε διάφορα κομμάτια της εργασίας μου και στους συνεργάτες μου για τη στήριξή τους όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Ευχαριστώ πολύ,
Μαρία Σ. Κουλούρη

Περίληψη

Η παράκτια ζώνη αποτελεί ένα δυναμικό και συνεχώς μεταβαλλόμενο σύστημα υποβαλλόμενο στις δυνάμεις της θάλασσας και στις ανθρώπινες υποδομές και δραστηριότητες τις οποίες φιλοξενεί. Οι παράκτιες περιοχές αποτελούσαν ανέκαθεν την πρώτη επιλογή εγκατάστασης και ανάπτυξης των κοινωνιών, ενώ εντός των ζωνών τους κατασκευάζονται μεγάλα έργα υποδομής, όπως οι λιμένες και τα τουριστικά συγκροτήματα. Σε αυτό το πλαίσιο, δημιουργείται ένα σύνολο λειτουργιών και χρήσεων που συνδέονται άμεσα και αλληλεξαρτώνται. Από τη μία πλευρά λαμβάνουν χώρα οι φυσικές διεργασίες της ακτής και από την άλλη αναπτύσσεται η τουριστική βιομηχανία και το πλήθος των λιμενικών λειτουργιών για την εξυπηρέτηση της ναυτιλίας.

Σήμερα, υπό το πρίσμα των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο σύνολο της παράκτιας ζώνης, η αντιμετώπιση και προσαρμογή των συστημάτων αποτελεί ένα πολύπλευρο θέμα διαχείρισης, που απαιτεί στρατηγικό σχεδιασμό με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται η κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική ισορροπία. Η έλλειψη ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης και σχεδιασμού, η ανεπαρκής νομοθεσία, η επιστημονική άγνοια των προηγούμενων δεκαετιών και η ένταση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής οδήγησαν στην επιβάρυνση των ακτών με ρυπαντικό φορτίο, στην οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, στην άναρχη παράκτια χωροταξία και έθεσαν σε κίνδυνο τη βιοποικιλότητα. Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης αποτελεί τη στρατηγική για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση σχεδιασμού λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη με τρόπο συμμετοχικό.

Για την αξιολόγηση της τρωτότητας των συστημάτων στα φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής και τη χρήση των αποτελεσμάτων στα σχέδια διαχείρισης έχει αναπτυχθεί μια σειρά δεικτών τρωτότητας, που προκύπτουν από μαθηματικές σχέσεις λαμβάνοντας υπόψη διάφορες παραμέτρους. Στη διεθνή βιβλιογραφία, η τρωτότητα της παράκτιας ζώνης μελετάται μέσω του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας (CVI), ο οποίος αναδιαμορφώνεται μεθοδολογικά με το πέρασμα των ετών και ανά τους ερευνητές. Παράλληλα, μια λιμενική υποδομή και οι λειτουργίες αυτής μελετώνται ως ένα ξεχωριστό σύστημα που υπόκειται στις πιέσεις της κλιματικής αλλαγής μέσω Δεικτών Λιμενικής Τρωτότητας (PVI). Μέχρι σήμερα, δεν έχει επικρατήσει μία συγκεκριμένη μεθοδολογία και ο

υπολογισμός της τρωτότητας παραμένει αποσπασματικός, χωρίς να συνδυάζει την άμεση σχέση και εξάρτηση παράκτιας ζώνης και λιμενικών συστημάτων ως μια ενιαία περιοχή.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, αναλύεται το μεθοδολογικό πλαίσιο της αξιολόγησης της τρωτότητας της παράκτιας ζώνης και των λιμενικών υποδομών υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής. Παράλληλα μελετάται η περιοχή του Πατραϊκού κόλπου, που εντάσσεται στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης προσέγγισης παράκτιας περιοχής που διαθέτει λιμένα και χαρακτηρίζεται από πολύπλοκες χρήσεις και αλληλεξαρτώμενες δραστηριότητες.

Λέξεις Κλειδιά

Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας, Δείκτης Τρωτότητας Λιμένων, Κλιματική Αλλαγή, Πατραϊκός Κόλπος

Abstract

The coastal zone is a dynamic and constantly changing system subject to the forces of the sea and of the human infrastructure and activities that it hosts. Coastal areas have always been the primary option for settlement and development of societies, while large infrastructure projects, such as ports and tourist complexes, are built within their zones. In this context, a set of functions and uses is created that are directly connected and interdependent. On the one hand, the natural processes of the coast take place, and on the other, the tourism industry and the multitude of port functions to serve shipping are developed.

Today, due to the effects of climate change on the entire coastal zone, the response and adaptation of systems is a multifaceted management issue, which requires strategic planning in such a way as to ensure social, economic and environmental balance. The lack of integrated management and planning, inadequate legislation, scientific ignorance of the previous decades and the intensity of the impacts of climate change have led to the pollution overload on the coasts, the retreat of the coastline, the unregulated coastal planning and have put biodiversity at risk. Integrated Coastal Zone Management is the strategy for an integrated planning approach taking into account all stakeholders in a participatory manner.

To assess the vulnerability of the systems due to climate change phenomena and use the results in management plans, a series of vulnerability indices have been developed, resulting from mathematical relationships, taking into account various parameters. In the international literature, the vulnerability of the coastal zone is studied through the Coastal Vulnerability Index (CVI), which is methodologically reformulated by the years and by researchers. At the same time, a port infrastructure and its functions are studied as a separate system subject due to climate change pressures through Port Vulnerability Index (PVI). To date, no specific methodology has prevailed and the calculation of vulnerability remains piecemeal, without combining the direct relationship and dependence of coastal zone and port systems as a single area.

In this master's thesis, the methodological framework of the vulnerability assessment of the coastal zone and port infrastructures in the light of climate change is analyzed. Moreover, the area of the

Gulf of Patras is being studied, which is part of the integrated approach of a coastal area that has a port and is characterized by complex uses and interdependent activities.

Key words

Coastal Vulnerability Index, Port Vulnerability Index, Climate Change, Gulf of Patras

Extended Abstract

The coastal zone is a dynamic and constantly changing system subject to the forces of the sea and of the human infrastructure and activities that it hosts. In this context, a set of functions and uses is created that are directly connected and interdependent. On the one hand, the natural processes of the coast take place, and on the other, the tourism industry and the multitude of port functions to serve shipping are developed. Today, due to the effects of climate change on the entire coastal zone, the response and adaptation of systems is a multifaceted management issue, which requires strategic planning in such a way as to ensure social, economic and environmental balance.

The main goal of this master's thesis is to find an integrated approach to assess the vulnerability of a coastal area, which also includes a port facility. After the extensive literature review of vulnerability assessment methodologies, a new framework for assessing vulnerability due to the effects of climate change is developed, through the study of a new comprehensive index. For the needs of this research, the necessary data are collected from the wider area of the Gulf of Patras, which is a typical example of the Greek space, as a coastal area with special characteristics in which a port of international importance operates. Till today, the assessment of vulnerability remains piecemeal, without combining the direct relationship and dependence of coastal zones and port systems as a single area.

Today, one of the main risks that systems are facing is the negative effects of climate change. Human activity has affected the Earth's climate by adding large amounts of greenhouse gases to those that are naturally occurring in the atmosphere. Burning of minerals for energy production, agriculture or/and animal husbandry enhance greenhouse gases causing the rising of Earth's temperature. Compared to pre-industrial temperatures, the planet's temperature has already risen by 1 °C. Temperature rise causes ice melt resulting in global sea level rise, difference in the frequency of extreme events, increase in forest fires and ultimately consequences for human health and the planet's flora and fauna. The term of vulnerability is introduced in order to evaluate the systems' effects.

Since the beginning of human history, great civilizations and the first societies developed close to the coasts. Today, more than 60% of the world's population lives and works within 60 km of the sea. Based on Article 2 of the Protocol for the Integrated Management of Mediterranean Coastal Zones, the coastal zone is defined as the geomorphological area on either side of the coastline in which the interaction between the land and sea takes the form of complex systems of ecological elements and resources consisting of biotic and abiotic components that coexist and interact with human communities and related socio-economic activities. Coastal areas are a space for the interaction of different systems and the development of many productive activities. As part of the natural environment, coastal areas are affected by the consequences of climate change. The rise of the sea level combining with the intense weather phenomena can contribute negatively to the retreat of the coastline, to coastal flooding phenomena, to the flooding of coastal aquifers, to the intensity of erosion, to the degradation of coastal wetlands and ultimately to the failure of coastal projects.

People who settled within the coastal areas understood the need to create infrastructures for the safe docking of ships, in order to transport people and cargo, creating roads to connect goods and cultures. The operation of the ports contributes to the local, the national as well as the international economy. They are characterized as complex systems of a constantly evolving and dynamic nature. Due to their location, ports are the main coastal structures directly affected by sea level rise and the intensity of extreme weather events. More specifically, the sea level rise will lead to the increase of wave overtopping disturbing the conditions of the port basin. Extreme events will threaten the stability of projects due to the continuous occurrence of higher waves. The development of stronger currents will lead to the accumulation of transported materials in the port basin, while at the same time the change in the acidity of the sea may cause erosion of the materials. To deal with all of the above, it is proposed to develop plans so to adapt ports to the new conditions.

Based on the PIANC report, vulnerability is defined as the extent to which a system is susceptible or unable to cope with the effects of climate change, including climate variability and extremes events. Vulnerability is a function of the nature, magnitude and rate of climate change and variability to which a system is exposed. In the scientific community, the need to measure this quantity was created by developing evaluation methods using mathematical relationships, which

contained values of various parameters. These values came from a methodology, which uses the scale (1-5) to interpret the vulnerability caused by each parameter. In modern practices, the Coastal Vulnerability Index (CVI) is used to assess the coasts, while in recent years the corresponding Port Vulnerability Index (PVI) has been studied. In this study, key word combinations are used to study the bibliography, through Google Scholar & Scopus engines. The results differ on a case-by-case basis, due to the different libraries from which the results of the two search engines come from. Finally, this master's thesis investigates 1.292 publications resulting from the Scopus search engine using the keywords: Coastal Vulnerability Index, and 1.198 publications, using the keywords: Port Vulnerability.

Based on the Scopus search using the keywords: Coastal Vulnerability Index, the first reference to an integrated index is made by Gornitz V., in 1992. In this study, researchers propose seven (7) parameters. The index was calculated as the square root of the geometric mean of the parameter values chosen by the researchers. The most recent study (based on this search) was published on July 08, 2022 by Tanim A. H. et al., who proposes an integrated socio-environmental Coastal Vulnerability Index by combining data of five (5) parameters: physical, climatic, social- economic, ecological characteristics and shoreline changes.

The chart below tracks the number of publications in which CVI is applied, in the total of 1.292 results of the Scopus search engine (the check was made on all publications). This means that for the period of 2011-2015, the search results in 281 publications with a reference to the coastal vulnerability index, however only 45 of them actually concern the study of a coastal areas' vulnerability. It should be noted that the diagram monitors the data every 5 years, so the results that for the period 2021-2025 will change, after the new publications that will occur at the end of this period.

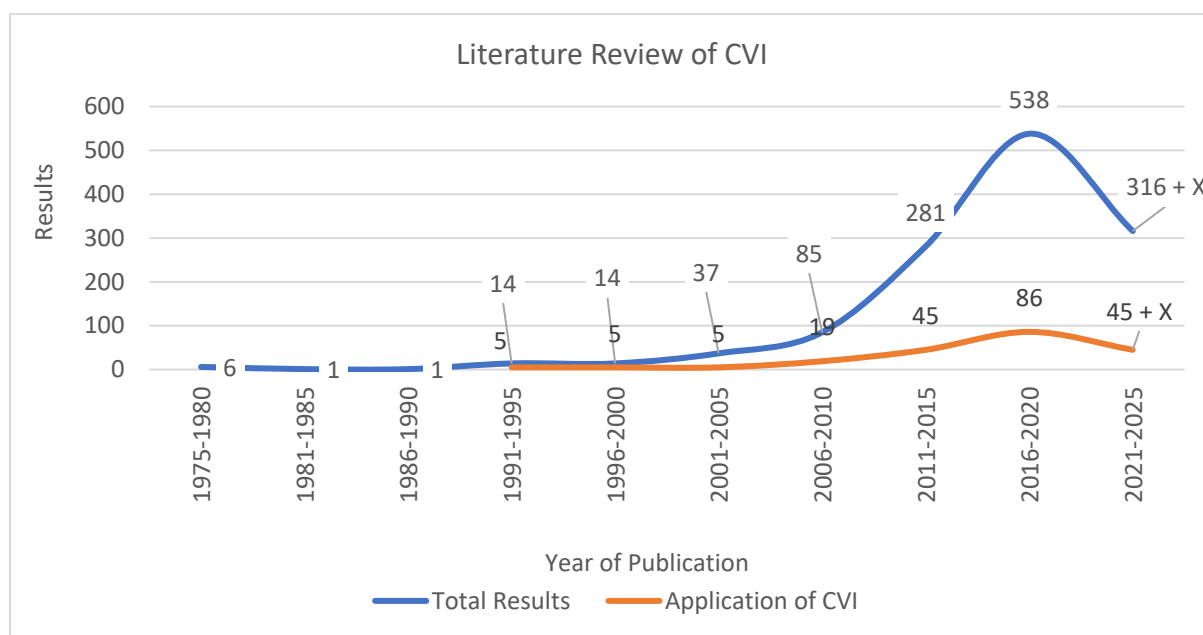


Figure 1 Scopus search results for the period 1975-2023 using the keywords: coastal vulnerability index, last update 08/2022.

Until 2000, the index was developed and implemented, as proposed in 1992 by researchers Gornitz & White. Publications with worldwide applications are increasing, while at the same time new variables are introduced concerning the social or the economic characteristics of each region under study. Each research group chooses a different set of variables, some of which remain constant from study to study. It is understood that the socio-economic parameters depend on the time period and the prevailing conditions. In the decade 2001-2010, the calculation of coastal vulnerability to sea level rise is a complex and multifactorial research subject. From 2011 until today, more methodologies have been published, in which the concept of weight values is introduced. The final presentation of the results uses Geographical Information Systems, as the most modern visualization tool. The Coastal Vulnerability Index is a useful and necessary tool for coastline categorization in the development of management plans. Index's adaptation to the particular characteristics of each region is necessary while taking into account the social, economic and technical parameters. Finally, while there are many studies, the process has not been modeled, while the performance of weight values is mainly based on the judgment of the researchers and not on the application of specific rules.

Then, all 1.198 results are studied using the keywords: port vulnerability. Ports are large infrastructures, which are subject to a multitude of pressures. So, the study of their vulnerability is

necessary in order to develop plans and take measures. When the study concerns one port, the vulnerability results help determine the measures that should be taken to protect this port, while in a multi-port study, the vulnerability results indicate the ports that are most exposed. Port vulnerability has occupied the research community since the end of the 90s, while the first substantial assessment with reference to a port vulnerability index was made in 2011. In the chart below, the 1.198 results per five years are presented for the three cases of searching the international literature. For example, in 2011-2015 the search results in 299 publications, of which 114 of them mention the word assessment. The positive trend and increase in publications around this specific scientific field is evident in the last decade, while for the period 2021-2025 the publications will change, after the new ones that will occur at the end of this period.

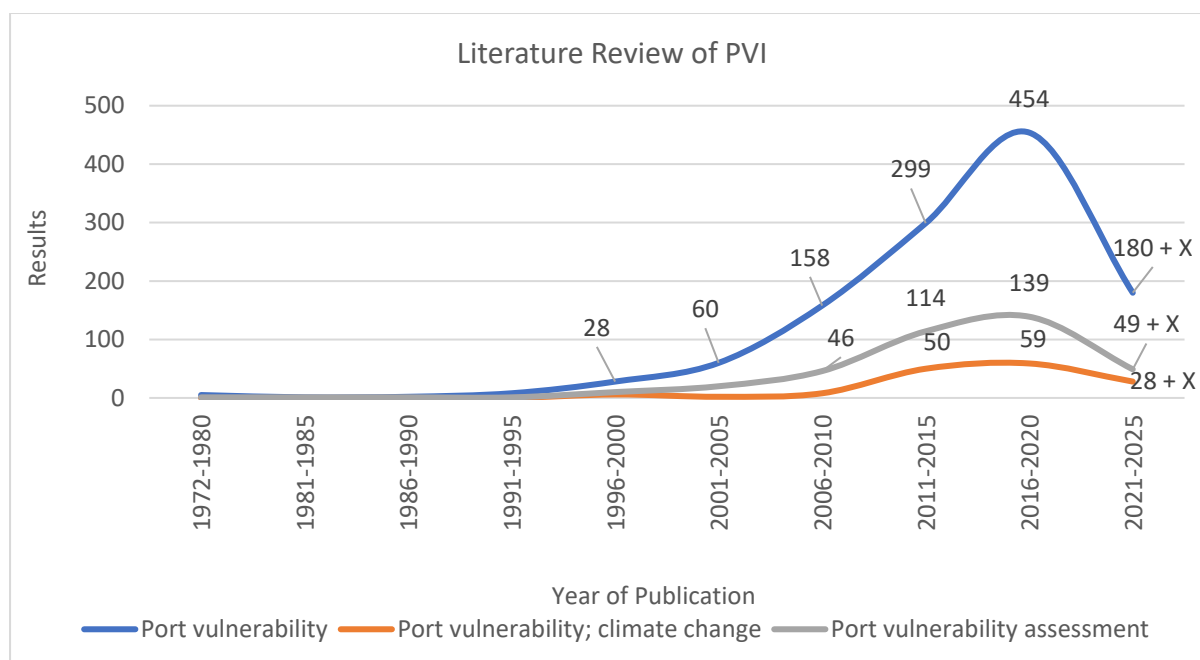


Figure 2 Scopus search results for the period 1972-2023 using the keywords: port vulnerability, port vulnerability; climate change, port vulnerability assessment, last update 08/2022.

The initial implementation of PVI followed the steps and the methodology of the CVI, however it is understood within the scientific community that the vulnerability assessment of a port differs from the wider coastal zone. The effects of climate change on the day-to-day operation of a port can directly affect the local community, the national economy and various parts of the shipping market. In the studies analyzed within this research, it is shown that the vulnerability assessment is applied to ports all over the world (USA, Australia, Asia, etc.), while the performance of weight values and

the ranking of the importance of variables is also a matter of concern. Expert judgment is used to evaluate the variables and multi-criteria analysis methods, while these values change based on the characteristics of the area to which a port belongs. The study of vulnerability is an integral part for the integrated management of ports against the effects of climate change. In this way, adaptation strategies are developed, countermeasures are taken and ports of high, medium and low vulnerability are evaluated, with the aim of protecting the highly vulnerable, but also shielding the others.

After the extensive study of the literature and the need to create a holistic coastal zone and port study, this master's thesis proposes the following integrated methodological framework for the vulnerability assessment of a single coastal and port system:

1. Selecting an area and capturing the existing situation,
2. Selection of evaluation parameters / comprehensive index,
3. Data collection & spatial mapping (today and future projections),
4. Score and apply of sensitivity analysis,
5. Vulnerability assessment & spatial mapping (today and future projections),
6. Making decisions and develop adaptation plans.

The study of the Gulf of Patras area is chosen, which is located in Western Greece and is a coastal area combining large urban centers and special habitats of high ecological and economic importance. For the evaluation of the area and for the purposes of this research, all the parameters found in the international literature are studied aiming to create a new single index to assess the system's vulnerability. For optimal categorization, the index follows three levels of organization (Subindexes-Categories-Parameters). Parameters are classified into categories based on the characteristics they describe. Therefore, the four sub-indexes include 12 categories within which the 40 selected parameters are configured.

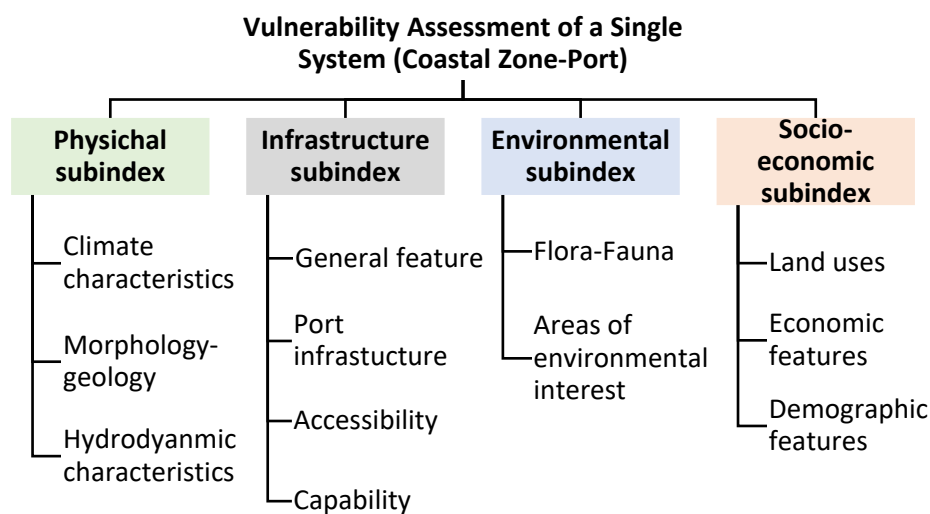


Figure 3 Subindexes and the corresponding categories of parameters given in this thesis to assess the vulnerability of a single coastal zone and port system.

The next step of the methodology requires data collection and their spatial mapping. A data base is created in order to evaluate the vulnerability of the system due to the effects of climate change. The Gulf of Patras is an inlet of the Ionian Sea with a maximum length of 33 km and a width of 22 km. In the study area there are six main types of spatial elements: two large urban centers, residential centers of local importance, coastal areas of tourist interest, estuaries with high environmental importance and natural lagoon environments, brackish areas and marshes of great ecological interest. On the one hand, the city of Patra is a spiritual, social and economic center of Western Greece, while at the same time there are areas of local interest, such as the village of Kyllini. To the north-east, the delta of the Acheloos river is formed, which is included in the NATURA 2000 network. At the same time, the lagoon of Messolonghi is found north of the gulf. In this area there are many fish farming units and due to the uniqueness of the wetlands, the ecological value of the area is indisputable. In the wider area of the Gulf of Patras there are areas that belong to and are protected by the NATURA 2000 network.

For the purposes of the study of the Gulf of Patra, the available data concerning the physiographic and oceanographic features of the area (the bathymetry was recorded), the geological and sedimentological features, the climatic features, the features of the flora and fauna of the area, as well as land use characteristics were collected creating a data base fully informed. For the comprehensive study of the area, the port of Patra is studied in detail.



Figure 4 Position of the port of Patras in the Gulf of Patras (source: Google Maps background & OL.PA collection).

The port of Patra is the country's gateway to Europe and is one of the most modern ports in the Mediterranean. It handles the largest volume of Ro-Ro cargo in the country. The North (old) port serves pleasure boats, while the South (new) port serves passengers, vehicles and container ships. Both parts are protected by windward breakwaters. By collecting and visualize this data, the spatial study of the area is completed. The methodology proceeds with the scoring of the parameters and finally the assessment the vulnerability of the area. The methodology proceeds with the evaluation of the parameters based on the area's characteristics combined in a single index (figure 3) so to assess the vulnerability of the area.

The research of this master's thesis mainly concludes that:

- Due to the inherent vulnerability of a system, which increases due to climate change and changes over time, the use of indicators to assess it is a key methodological tool.
- At the same time, the assessment of the vulnerability of a port system cannot be done without taking into account the surrounding area and especially the coastal zone.
- The functions of the coastal zone and ports create the need to comprehensively capture the vulnerability of an area by combining the CVI and PVI indexes in a new methodological framework.

-
- The categorization and combination of parameters, as proposed by this study for the calculation of an integrated index, are a good tool for monitoring vulnerability, which enables easy scoring and review of the parameters in the current situation and in the future.

Regarding the area under study:

- The Gulf of Patras is of particular interest due to the different profile of the northern and southern parts. The southern part is characterized by the intense economic activity of the city of Patras and the port while the northern part by the great ecological interest of the protected areas, lagoons and estuaries it hosts.
- At a distance of about 20 kilometers from the traffic flows of the port's ships, there are NATURA areas, lagoon environments, brackish areas and marshes of great ecological value and economic importance, which makes it imperative to assess the vulnerability of the area.
- The data in many cases is not up to date.

This effort aims to understand the importance of the study of a coastal zone and the port that exists in it, as a single system, directly dependent. The integrated-combined assessment of vulnerability is a complex field of research, which takes into account a multitude of variables (physical, social, economic & technical characteristics) and which must be determined and modified in every case.

Περιεχόμενα Πινάκων

- Πίνακας 1 Κατηγοριοποίηση των μεταβλητών για τον υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας κατά Gornitz V. & White T. (πηγή: Gornitz, V. M., White, T. W., & Daniels, R. C. (1992). A coastal hazards data base for the US east coast (No. ORNL/CDIAC-45; NDP-043A). Oak Ridge National Lab., TN Carbon Dioxide Information Analysis Center).....55
- Πίνακας 2 Αποτελέσματα αναζήτησης βάσει λέξεων-κλειδιά (CVI) στη μηχανή Scopus & Google Scholar, τελευταία ενημέρωση 08/2022.....56
- Πίνακας 3 Αποτελέσματα αναζήτησης βάσει λέξεων-κλειδιά (PVI) στη μηχανή Scopus & Google Scholar, τελευταία ενημέρωση 08/2022.....65
- Πίνακας 4 Συγκεντρωτικός πίνακας βιβλιογραφικής ανασκόπησης εφαρμογής και ανάπτυξης δείκτη λιμενικής τρωτότητας.....72
- Πίνακας 5 Κλιμακα Beaufort Ανέμων και χαρακτηρισμός εντάσεων.....79
- Πίνακας 6 Δίκτυο NATURA2000 ευρύτερης περιοχής Πατραϊκού κόλπου (πηγή: ίδια επεξεργασία-Υπουργείο Περιβάλλοντος)..... 98
- Πίνακας 7 Κατηγοριοποίηση χρήσεων Γης βάσει Corine Land Cover 2018.....110
- Πίνακας 8 Συγκεντρωτικά στοιχεία Βόρειου τμήματος λιμένος Πατρών.....119
- Πίνακας 9 Συγκεντρωτικά στοιχεία Νότιου τμήματος λιμένος Πατρών.....121
- Πίνακας 10 Παράμετροι Αξιολόγησης Τρωτότητας ενιαίου συστήματος παράκτιας ζώνης και λιμενικής εγκατάστασης..... 135

Περιεχόμενα Εικόνων

- Εικόνα 1 Η μεταβολή της θερμοκρασίας του πλανήτη (πηγή: NASA's Goddard Institute for Space Studies.) 10
- Εικόνα 2 Η πορεία του φαινομένου του θερμοκηπίου που προκαλεί την κλιματική αλλαγή (πηγή: ίδια επεξεργασία). 11
- Εικόνα 3 Απειλούμενα είδη στην Ελλάδα (γυπαετός, θαλάσσια χελώνα, φώκια και καφέ αρκούδα) (πηγή: www.wwf.gr)..... 12
- Εικόνα 4 Η ρύπανση των υδάτων με νιτρικά και φωσφορικά άλατα συντελούν στο φαινόμενο του ευτροφισμού..... 12
- Εικόνα 5 Οι κύριες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (άνοδος της θερμοκρασίας, αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων, δασικές πυρκαγιές και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία). 17
- Εικόνα 6 Δράσεις / Μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή των πλωτών και θαλάσσιων μεταφορών βάσει της ΕΣΠΚΑ (πηγή: ΕΣΠΚΑ, Απρίλιος 2016). 21
- Εικόνα 7 Ετήσιες εκπομπές CO₂ σε παγκόσμια κλίμακα (πηγή: Global Carbon Project <https://ourworldindata.org/co2-emissions>). 22
- Εικόνα 8 Αριστερά: Λιμένας Ευδήλου, Ικαρίας έπειτα από έντονα καιρικά φαινόμενα – Ιανουάριος 2018 (πηγή: <https://www.ertnews.gr/>), Δεξιά: Λιμένας Κυπαρισσίας,– Νοέμβριος 2021 (πηγή: <https://eleftheriaonline.gr/>). 37
- Εικόνα 9 Φυσικές αιτίες φθοράς σκυροδέματος (πηγή: Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2014). Concrete: microstructure, properties, and materials. McGraw-Hill Education). 39
- Εικόνα 10 Το Βόρειο Θαλάσσιο Πέρασμα & η διαδρομή μέσω της Διώρυγας του Σουέζ (πηγή: Verny, J., & Grigentin, C. (2009). Container shipping on the northern sea route. International Journal of Production Economics, 122(1), 107-117). 40
- Εικόνα 11 Τα τέσσερα στάδια του σχεδιασμού στρατηγικών προσαρμογής έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής όπως δίνονται στην έκθεση 178 του Οργανισμού της PIANC (πηγή: PIANC, EnviCom WG Report no 178 – 2020, Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways, ISBN 978-2-87223-001-3). 45
- Εικόνα 12 Διάρθρωση της μελέτης Chhetri P. et al., 2015 με στόχο την αξιολόγηση της τρωτότητας και τη δημιουργία στρατηγικής προσαρμογής στις κλιματικές αλλαγές της περιοχής Port Kembla. 69
- Εικόνα 13 Παράμετροι των υποδεικτών που προτείνονται για τον ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου δείκτη τρωτότητας λιμένων (PV) βάσει της μελέτης των Kontogianni A. et al., 2018..... 70

- Εικόνα 14 Παρουσίαση υποδεικτών και των αντίστοιχων κατηγοριών των παραμέτρων που δίνονται στην παρούσα εργασία για την αξιολόγηση της τρωτότητας ενός ενιαία συστήματος παράκτιας ζώνης και λιμένος (πηγή: ίδια επεξεργασία). 77
- Εικόνα 15 Παράμετροι υπό μελέτη ανά κατηγορίες φυσικού υποδείκτη (πηγή: ίδια επεξεργασία)..... 78
- Εικόνα 16 Παράμετροι υπό μελέτη ανά κατηγορίες τεχνικού υποδείκτη (πηγή: ίδια επεξεργασία)..... 82
- Εικόνα 17 Παράμετροι υπό μελέτη ανά κατηγορίες περιβαλλοντικού υποδείκτη (πηγή: ίδια επεξεργασία)..... 85
- Εικόνα 18 Παράμετροι υπό μελέτη ανά κατηγορίες κοινωνικό-οικονομικού υποδείκτη (πηγή: ίδια επεξεργασία). 87
- Εικόνα 19 Ο Πατραϊκός κόλπος μεταξύ δυτικής Στερεάς Ελλάδας και Πελοποννήσου (πηγή: δορυφορική εικόνα., Google Maps)..... 89
- Εικόνα 20 Εντός του Πατραϊκού κόλπου συναντώνται δύο μεγάλα αστικά κέντρα: η Πάτρα και το Μεσολόγγι (πηγή: ίδια επεξεργασία – γεωχωρικά δεδομένα GEODATA). 91
- Εικόνα 21 Αριστερά, άποψη της πόλης της Πάτρας και δεξιά ο ναός του Αγ. Ανδρέα, πολιούχου της πόλης (πηγή: προσωπικό αρχείο). 93
- Εικόνα 22 Η πόλη του Μεσολογγίου ανάμεσα σε δύο λιμνοθάλασσες (πηγή: ίδια επεξεργασία, γεωχωρικά δεδομένα GEODATA)..... 95
- Εικόνα 23 Αριστερά, η λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου, με έντονη την παρουσία ιχθυοκαλλιεργειών και δεξιά, το δάσος της Στροφιλιάς (πηγή: διαδικτυακή αναζήτηση). .. 98
- Εικόνα 24 Περιοχές που ανήκουν στο δίκτυο NATURA 2000 στην ευρύτερη περιοχή του Πατραϊκού κόλπου (πηγή: ίδια επεξεργασία – γεωχωρικά δεδομένα GEODATA). 99
- Εικόνα 25 Βαθυμετρία Πατραϊκού κόλπου και ευρύτερης περιοχής Ιονίου πελάγους (πηγή: ίδια επεξεργασία-ψηφιοποίηση ισοβαθών EMODnet). 101
- Εικόνα 26 Κατάταξη σε ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας βάσει (πηγή: Αριθ.Δ17α/115/9/ΦΝ275/2003 ΦΕΚ Β 1154/12.8.2003). 102
- Εικόνα 27 Αριστερά το διάγραμμα μέγιστης/ελάχιστης θερμοκρασίας στην πόλη της Πάτρας - σταθμός Αράξου και δεξιά οι ημέρες βροχόπτωσης (πηγή: <https://www.meteoblue.com>). 104
- Εικόνα 28 Ανεμολόγιο Πάτρας, με μέγιστη ταχύτητα 28 km/h διεύθυνσεως Νότιο-Νοτιοδυτικά (πηγή: <https://www.meteoblue.com>). 104
- Εικόνα 29 Χωρική κατανομή οικοτόπων: λιβάδια Ποσειδωνίας & κοραλλιογενή στον Πατραϊκό (και Κορινθιακό) κόλπο (πηγή: Issaris, Y. Et al., 2012). 106
- Εικόνα 30 Χωρική κατανομή κητωδών: ρινοδέλφινο, κοινό δελφίνι, πτεροφάλαινα (πηγή: Issaris, Y. Et al., 2012). 107
- Εικόνα 31 Σημαντικές περιοχές καταφυγίων για σημαντικά είδη πτηνών (πηγή: Issaris, Y. Et al., 2012). 108

-
- Εικόνα 32 Χρήσεις γης βάσει Corine Land Cover 2018 για την περιοχή του Πατραϊκού κόλπου (πηγή: ιδία επεξεργασία-Copernicus). 111
 - Εικόνα 33 Θέση του λιμένας Πατρών στον Πατραϊκό Κόλπο (πηγή: υπόβαθρο Google Maps & συλλογή ΟΛ.ΠΑ.) 112
 - Εικόνα 34 Αριστερά, δορυφορική εικόνα του λιμένα Πατρών (πηγή: Google Maps) και δεξιά με τη σειρά στις εικόνες παρουσιάζονται, η μαρίνα του λιμένα στο βορειότερο άκρο, ο Βόρειος λιμένας και ο νέος Νότιος λιμένας (πηγή: ΟΛ.ΠΑ. <https://www.patrasport.gr/>). . 114
 - Εικόνα 35 Κάτοψη του Βόρειου λιμένα Πατρών (πηγή: Γεωχωρικά στοιχεία δήμου Πατρών <https://gissrvweb.geopatras.gr/dpGIS/>). 118
 - Εικόνα 36 Κάτοψη του Νότιου λιμένα Πατρών (πηγή: Γεωχωρικά στοιχεία δήμου Πατρών <https://gissrvweb.geopatras.gr/dpGIS/>). 120
 - Εικόνα 37 Ροή εργασιών αξιολόγησης τρωτότητας ενιαίου συστήματος (πηγή: ιδία επεξεργασία)..... 123

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	6
1.1	Σκοπός της Εργασίας	6
1.2	Διάρθρωση της Εργασίας	7
2.	Παράκτια Ζώνη & Λιμενικές Υποδομές υπό το Πρίσμα της Κλιματικής Αλλαγής	8
2.1	Η Κλιματική Αλλαγή - Βασικοί Ορισμοί	8
2.2	Επιπτώσεις, Προσαρμογή & Ανθεκτικότητα.....	13
2.3	Η Κλιματική Αλλαγή στην Ελλάδα	22
2.4	Κλιματική Αλλαγή & Παράκτια Ζώνη.....	27
2.4.1	Η Σημασία της Παράκτιας Ζώνης	27
2.4.2	Οι Διεργασίες στην Παράκτια Ζώνη	29
2.4.3	Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης	32
2.5	Κλιματική Αλλαγή & Λιμενικές Υποδομές	34
2.5.1	Οι Λιμένες στην Παγκόσμια Οικονομία.....	34
2.5.2	Οι Συνέπειες της Κλιματικής Αλλαγής στους Λιμένες	36
2.5.3	Προσαρμογή και Αντιμετώπιση των Επιπτώσεων.....	41
2.6	Ο Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός & Αρχές Εφαρμογής	46
2.6.1	Ένα Νομοθετημένο Εργαλείο	46
2.6.2	Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός και Ο.Δ.Π.Ζ.....	50
3.	Μελέτη & Βιβλιογραφική Ανασκόπηση των Δεικτών Παράκτιας & Λιμενικής Τρωτότητας – CVI / PVI.....	52
3.1	Παράκτια Τρωτότητα – Δείκτης CVI.....	53
3.1.1	Γενικά Στοιχεία	53
3.1.2	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	56
3.1.3	Κριτική του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας – CVI.....	60
3.2	Λιμενική Τρωτότητα – Δείκτης PVI	62
3.2.1	Γενικά Στοιχεία	62
3.2.2	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	64
3.2.3	Κριτική του Δείκτη Λιμενικής Τρωτότητας – PVI	72
3.3	Αξιολόγηση Συνδυασμού CVI & PVI	74

4.	Εφαρμογή – Συνδυασμένος Δείκτης & Συλλογή Δεδομένων	76
4.1	Πλήρης Καταγραφή Ολοκληρωμένου Δείκτη Μελέτης Συστήματος	76
4.2	Περιοχή Μελέτης - Ο Πατραϊκός Κόλπος	88
4.2.1	Μεγάλα Αστικά Κέντρα	91
4.2.2	Φυσικά και Κλιματικά Χαρακτηριστικά	96
4.2.3	Χλωρίδα & Πανίδα Περιοχής.....	105
4.2.4	Χρήσεις Γης	109
4.3	Ο Λιμένας Πατρών.....	112
4.3.1	Ιστορία και Σημασία Λιμένα.....	112
4.3.2	Ο.Λ.ΠΑ. & Λειτουργία	115
4.3.3	Λιμενικές Υποδομές – Υφιστάμενη Κατάσταση.....	116
4.4	Εφαρμογή Μεθοδολογίας & Αξιολόγηση Περιοχής	122
5.	Συμπεράσματα.....	125
5.1	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	126
6.	Βιβλιογραφία	128
	Παράρτημα.....	135

1. Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της Εργασίας

Βασικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αναλυτική και πλήρης καταγραφή των μεθοδολογιών υπολογισμού της τρωτότητας της παράκτιας ζώνης και των λιμενικών συστημάτων λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού πραγματοποιείται η παρουσίαση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής τόσο στο σύνολο των διεργασιών της παράκτιας ζώνης, όσο και στη λειτουργία των λιμένων και αξιολογούνται οι πολιτικές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης της Παράκτιας Ζώνης και του Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού, σε επίπεδο νομοθετικών και κανονιστικών πλαισίων. Παρουσιάζεται ένα νέο μεθοδολογικό πλαίσιο και η ανάλυση των δεικτών που χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία για την αξιολόγηση της τρωτότητας των παράκτιων περιοχών στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας, αύξηση των ακραίων φαινομένων, κτλ.) αλλά και των λιμενικών υποδομών. Σε αυτό το πλαίσιο, ανασκοπείται η εξέλιξη της εφαρμογής των δεικτών της βιβλιογραφίας και αξιολογείται η έλλειψη μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης για την αξιολόγηση της τρωτότητας σε μία παράκτια περιοχή, εντός της οποίας λειτουργεί μία λιμενική υποδομή.

Στην μεθοδολογικό πλαίσιο που αναλύεται, αφού αποτυπωθεί η υφιστάμενη κατάσταση της υπό μελέτη περιοχής, γίνεται κατανοητή η ανάγκη συλλογής δεδομένων, με κεντρικό σημείο αναφοράς τον λιμένα που φιλοξενεί η περιοχή και τα στοιχεία του (τεχνικά & λειτουργικά), σε αλληλεξάρτηση με το φυσικό περιβάλλον και τις κοινωνικές και οικονομικές παραμέτρους που τη χαρακτηρίζουν. Στην παρούσα εργασία μελετάται το σύνολο των δεδομένων για την περιοχή του Πατραϊκού Κόλπου, αποτυπώνοντας χωρικά την περιοχή. Ο Πατραϊκός κόλπος συνδυάζει τις ιδιαιτερότητες των φυσικών ενδιατημάτων που φιλοξενεί, περιλαμβάνει μεγάλα αστικά κέντρα και έντονη τουριστική δραστηριότητα, ενώ παράλληλα χαρακτηρίζεται από τη λειτουργία ενός σημαντικού λιμένα, διεθνούς σημασίας, τον λιμένα Πατρών.

Η προσπάθεια αυτή αποσκοπεί στην κατανόηση της συλλογικής μελέτης των παράκτιων ζωνών και

των λιμένων που υπάρχουν σε αυτές, ως ενιαία συστήματα, άμεσα εξαρτώμενα σε μία πλέον ολοκληρωμένη προσέγγιση. Η ολοκληρωμένη-συνδυασμένη αξιολόγηση της τρωτότητας αποτελεί ένα πολύπλοκο πεδίο έρευνας, η οποία λαμβάνει υπόψη πληθώρα μεταβλητών (φυσικών, κοινωνικών, οικονομικών & τεχνικών χαρακτηριστικών) και που οφείλει να καθορίζεται και να τροποποιείται από τις εκάστοτε ιδιαιτερότητες, τόσο σε επίπεδο χαρακτηριστικών περιοχής μελέτης όσο και σε επίπεδο νομοθετικών και πολιτικών πλαισίων.

1.2 Διάρθρωση της Εργασίας

- Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά και το πλαίσιο των πολιτικών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, καθώς και το θεωρητικό υπόβαθρο των επιπτώσεων που προκαλεί. Παράλληλα εξετάζεται η σημασία της παράκτιας ζώνης, οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτή, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, αλλά και η αξία των λιμένων στην παγκόσμια οικονομία και η λειτουργία τους. Το 2^ο κεφάλαιο αποτελεί το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας εργασίας για την κατανόηση της σημασίας και της ανάγκης προσαρμογής στα νέα δεδομένα που ορίζει η κλιματική αλλαγή.
- Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται σε δύο επίπεδα η βιβλιογραφική ανασκόπηση των δεικτών και μεθοδολογιών για την αξιολόγηση της τρωτότητας (παράκτια ζώνη και λιμένας) και γίνεται η προσπάθεια κατανόησης της χρήση μίας συνδυασμένης μεθοδολογίας, ορθά οριοθετημένης με τη χρήση εκάστοτε πλήθους μεταβλητών για τη μελέτη ενός ενιαίου πλέον συστήματος παράκτιας ζώνης-λιμένα.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πλήθος των μεταβλητών που μπορεί να έχει στη διάθεσή του ο μελετητής για την αξιολόγηση του ενιαίου συστήματος παράκτια ζώνη-λιμένας, με σκοπό την επιλογή των εκάστοτε παραμέτρων ανά περίπτωση μελέτης. Ακόμη, αναλύεται η μεθοδολογικό πλαίσιο που προτείνεται στην παρούσα εργασία. Πραγματοποιείται η αποτύπωση και αξιολόγησης της υφιστάμενης κατάστασης για την περιοχή του Πατραϊκού κόλπου δημιουργώντας μία βάση δεδομένων, ως χαρακτηριστικό παράδειγμα περιοχής που οφείλει να μελετηθεί συλλογικά ως ένα ενιαίο σύστημα.
- Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας και οι σκέψεις για μετέπειτα έρευνα και ανάλυση.

2. Παράκτια Ζώνη & Λιμενικές Υποδομές υπό το Πρίσμα της Κλιματικής Αλλαγής

2.1 Η Κλιματική Αλλαγή - Βασικοί Ορισμοί

“Tough decisions by all leaders, all sectors and all people are needed now”, είναι το κεντρικό μήνυμα της συνεδρίασης για την 30^η επέτειο από την υπογραφή της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή. Η Σύμβαση - Πλαίσιο του ΟΗΕ είναι η πρώτη διεθνής συμφωνία για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, η οποία υπογράφηκε τον Ιούνιο του 1992 και τέθηκε σε ισχύ από το Μάρτιο του 1994. Η πρώτη έκθεση αξιολόγησης (FAR) της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) ολοκληρώθηκε το 1990 και αποτέλεσε τη βάση της Σύμβασης – Πλαίσιο (UNFCCC). Βάσει αυτής, οι 186 συμβαλλόμενες χώρες υποχρεούνται στην ανάπτυξη και τη θέσπιση εθνικών στρατηγικών για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και την τακτική παράδοση εκθέσεων αποτελεσμάτων.

Η IPCC δημιουργήθηκε το 1988 σε συνεργασία του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO) και του Περιβαλλοντικού Προγράμματος Ηνωμένων Εθνών (UNEP) με σκοπό την καταγραφή όλων των απαιτούμενων επιστημονικών δεδομένων για την ορθή ανάπτυξη των εθνικών σχεδίων και πολιτικών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Από το 1988, η IPCC, το 2022 προχώρησε στην έκδοση της 6^{ης} έκθεσης αξιολόγησης (1990, 1995, 2001, 2007, 2014), αναγνωρίζοντας την αλληλεξάρτηση κλίματος – οικοσυστημάτων – βιοποικιλότητας και ανθρώπινης κοινωνίας. Αποτελείται από ένα σύνολο εγκεκριμένων επιστημόνων διαφορετικών ειδικοτήτων, ερευνητικών κέντρων και εξειδικευμένων επιτροπών. Εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης και υπό το πρίσμα της UNFCCC, όλα τα κράτη μέλη έχουν υπογράψει τη Συμφωνία των Παρισίων (2016) δεσμευόμενα ότι η Ε.Ε. θα γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη οικονομία και κοινωνία έως το 2050.

Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν θεσπίσει την κατάλληλη νομοθεσία και ένα σύνολο μέτρων και δράσεων που αφορούν την κλιματική και ενεργειακή πολιτική. Οι αποφάσεις από τους αρχηγούς των κρατών στηρίχθηκαν στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20%, στη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε ποσοστό 20% της συνολικής

ενεργειακής κατανάλωσης και στη μείωση κατά 20% της πρωτογενούς ενέργειας. Οι παραπάνω προτάσεις είναι γνωστές και ως στόχοι 20-20-20. Ακολούθησε η έγκριση δεσμευτικής νομοθεσίας περιλαμβάνοντας ένα σύνολο νομοθετημάτων σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Ιδιαίτερο ρόλο στην εφαρμογή και την αποτελεσματικότητα των μέτρων, διαδραματίζει η εκάστοτε εθνική πολιτική αντιμετώπισης της αλλαγής του κλίματος. Η 6^η έκθεση αξιολόγησης της IPCC είναι πλέον διαθέσιμη, αποτελούμενη από τρία βασικά πακέτα εργασιών:

1. *The Physical Science Basis*, που περιέχει το σύνολο των σύγχρονων και ενημερωμένων επιστημονικών δεδομένων που αφορούν το κλίμα.
2. *Impacts, Adaptation and Vulnerability*, αναφέρεται στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που σχετίζονται με την αλληλεξάρτηση των οικοσυστημάτων και του ανθρώπινου περιβάλλοντος, καθώς και την ικανότητα προσαρμογής αυτών στην κλιματική αλλαγή.
3. *Mitigation of Climate Changes*, εκδόθηκε στις 4 Απριλίου το 2022 και αφορά σε προτάσεις και τρόπους περιορισμού σε σχέση με τους κλιματικούς στόχους που έχουν τεθεί παγκοσμίως.

Βασικοί Ορισμοί

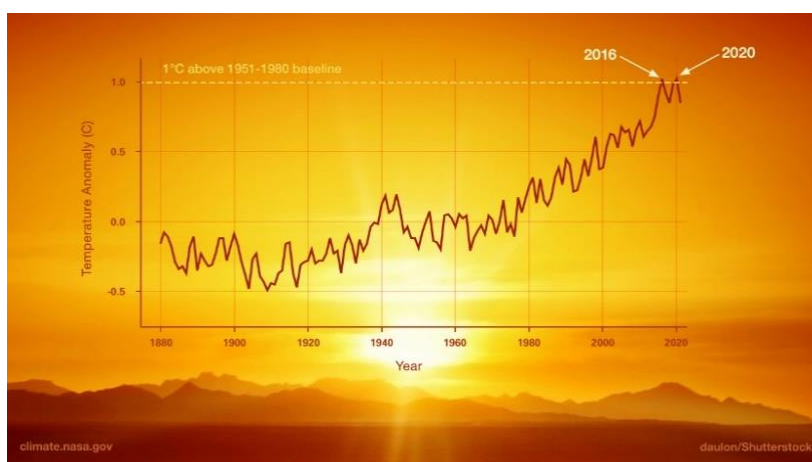
Το 1992, τα μέλη της Σύμβασης – Πλαίσιο του ΟΗΕ αναγνώρισαν ότι η αλλαγή στο κλίμα της Γης και οι επιπτώσεις αυτής είχαν αρχίσει να ανησυχούν τον άνθρωπο.

Κλιματική Αλλαγή, βάσει της UNFCCC, 1992 ορίζεται ως η αλλαγή του κλίματος που προέρχεται ευθέως ή έμμεσα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και προστίθεται στη φυσική μεταβολή που υπόκειται το κλίμα. Παράλληλα, ορίζεται το **κλιματικό σύστημα** που αποτελεί το δυναμικό σύνολο ατμόσφαιρας – υδρόσφαιρας – βιόσφαιρας - γεώσφαιρας και της μεταξύ τους αλληλεπίδρασης. Η κλιματική αλλαγή μεταβάλλει τη σύσταση της γήινης ατμόσφαιρας, την αναλογία των αέριων ατμοσφαιρικών στοιχείων προκαλώντας φαινόμενα με ανεπιθύμητες επιπτώσεις. **Ανεπιθύμητες** θεωρούνται οι **επιπτώσεις** που φέρουν αρνητικές συνέπειες στη ζωή και την ανάπτυξη των έμβιων όντων, την ευημερία του οικοσυστήματος και την ανθρώπινη υγεία.

Ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης απορροφάται, ενώ κατά ένα άλλο μέρος εκπέμπεται πίσω στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ένα μέρος αυτής της ακτινοβολίας δεσμεύεται από το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και τους υδρατμούς

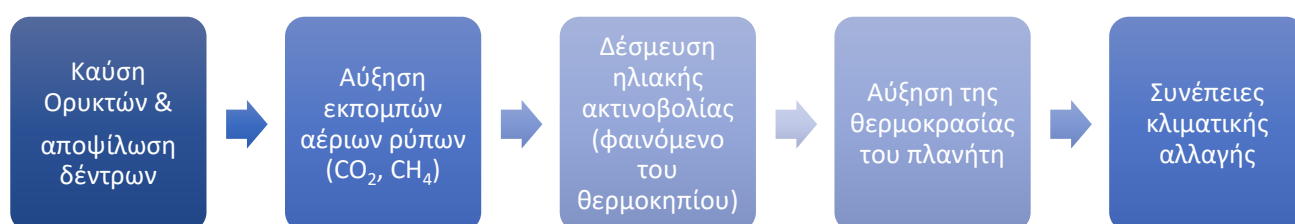
που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, γεγονός που οδηγεί στην ήπια αύξηση της θερμοκρασίας (Σε περίπτωση που δε δεσμευόταν η υπέρυθρη ακτινοβολία, η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν κοντά στους $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, αντί για τη μέση θερμοκρασία των $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ που είναι ευνοϊκή για τη ζωή.). Το υπόλοιπο μέρος αυτής διαπερνά την ατμόσφαιρα και διαφεύγει στο διάστημα, με αποτέλεσμα να αποτρέπεται η υπερθέρμανση του πλανήτη. Ωστόσο, από τα τέλη του 18^{ου} αιώνα η αλματώδης ανάπτυξη της βιομηχανίας με τη χρήση των ορυκτών καυσίμων, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξήθηκε. Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα επέφερε και την αύξηση του ποσοστού της ηλιακής ενέργειας που δεσμεύεται, προκαλώντας την άνοδο της θερμοκρασίας στη Γη.

Ο Γάλλος μαθηματικός Φουριέ, το 1824 (Fourier J., 1824), καθιέρωσε την ονομασία «**φαινόμενο του θερμοκηπίου**», θεωρώντας πως ο μηχανισμός της δέσμευσης της ηλιακής ακτινοβολίας από το διοξείδιο του άνθρακα είναι παρόμοιος με αυτόν που αυξάνει τη θερμοκρασία σε ένα θερμοκήπιο. Στα **αέρια του θερμοκηπίου**, πέραν του CO_2 συγκαταλέγονται οι υδρατμοί (H_2O), το μεθάνιο (CH_4), το μονοξείδιο του αζώτου (N_2O) και το όζον (O_3). Κύριες πηγές αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι η καύση των ορυκτών (άνθρακας, πετρέλαιο), η αποψίλωση των δασών, τα αζωτούχα λιπάσματα αλλά και τα φθοριούχα αέρια. Σύμφωνα με την 6^η έκθεση της IPCC, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ευθύνονται για την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά περίπου $1,1^{\circ}\text{C}$ από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Η τάση ανόδου της θερμοκρασίας τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα (1) από το Ινστιτούτο Διαστημικών Ερευνών της NASA.



Εικόνα 1 Η μεταβολή της θερμοκρασίας του πλανήτη (πηγή: [NASA's Goddard Institute for Space Studies.](https://climate.nasa.gov))

Οι κύριοι τομείς παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου είναι η ενέργεια (κατά 77%), η βιομηχανία (κατά 9,1%), η γεωργία (κατά 10,5%) και η διαχείριση αποβλήτων (κατά 3,3%). Παράλληλα, οι φυσικές μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας ή της ηφαιστειακής δραστηριότητας έχουν συμβάλει λιγότερο από 0,1°C στη συνολική αύξηση της θερμοκρασίας. Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου, ωστόσο τα υπόλοιπα αέρια δεσμεύουν με πολύ πιο αποτελεσματικό τρόπο τη θερμότητα. Το μεθάνιο CH₄, για παράδειγμα, είναι 80 φορές πιο ισχυρό ανά μονάδα μάζας από το CO₂ σε μία περίοδο 20 ετών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2021).



Εικόνα 2 Η πορεία του φαινομένου του θερμοκηπίου που προκαλεί την κλιματική αλλαγή (πηγή: ίδια επεξεργασία).

Τα επιτεύγματα της τεχνολογικής ανάπτυξης σε πολλούς τομείς βελτίωσαν εντυπωσιακά τα δεδομένα και την ποιότητα της ζωής του ανθρώπου. Η θετική αυτή, όμως, εξέλιξη έφερε ένα σημαντικό περιβαλλοντικό κόστος, βάσει του οποίου ο άνθρωπος δε μπορεί να εκμεταλλεύεται χωρίς όρια τον πλανήτη αδιαφορώντας για τις συνέπειες των επιλογών του. Ανάμεσα στα σοβαρότερα προβλήματα που δημιούργησε αυτή η συμπεριφορά, περιλαμβάνονται η ερημοποίηση, η μείωση της βιοποικιλότητας και η ρύπανση (εδάφους, νερού και αέρα). Χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση, τα ερημικά οικοσυστήματα βρίσκονται εκεί όπου η βροχόπτωση είναι πολύ χαμηλή. Οικοσυστήματα που χαρακτηρίζονται από άγονα εδάφη, μικρή παραγωγικότητα και μικρή βιομάζα συναντώνται και σε περιοχές όπου τα χαρακτηριστικά του κλίματος θα επέτρεπαν πλούσια βλάστηση. Τα οικοσυστήματα αυτά είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων παρεμβάσεων οι οποίες οδηγούν στην ερημοποίηση. Οι λόγοι για τους οποίους ένα οικοσύστημα μπορεί να ερημοποιηθεί είναι: η καταστροφή του από την όξινη βροχή, η αποψίλωση, όπως στην περίπτωση των τροπικών δασών, οι πυρκαγιές και η υπερβόσκηση των μεσογειακών συστημάτων.

Όσο πιο πολύπλοκο είναι ένα οικοσύστημα, όσο δηλαδή περισσότερα είναι τα διαφορετικά είδη οργανισμών που φιλοξενεί, τόσο περισσότερες και πολυπλοκότερες είναι και οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα το οικοσύστημα να είναι σταθερότερο, αφού

αυξάνονται οι ευνοϊκές συνθήκες για τη διατήρηση της ισορροπίας του. Σήμερα, η διαχείριση της βιόσφαιρας από τον άνθρωπο έχει οδηγήσει στη μείωση της βιοποικιλότητας (απειλούμενα είδη στην Ελλάδα – εικόνα 3). Κύριο αίτιο της εξαφάνισης των ειδών είναι η καταστροφή ή η αλλοίωση των περιοχών στις οποίες αυτά μπορούν να επιβιώσουν. Μεταξύ των βιοτόπων που έχουν υποστεί αλλοίωση περιλαμβάνονται οι υγρότοποι και τα τροπικά δάση.



Εικόνα 3 Απειλούμενα είδη στην Ελλάδα (γυπαετός, θαλάσσια χελώνα, φώκια και καφέ αρκούδα) (πηγή:

www.wwf.gr).

Από την άλλη μεριά, η ρύπανση ανάλογα με το τμήμα της βιόσφαιρας που πλήττει, διακρίνεται σε ατμοσφαιρική, ρύπανση των υδάτων και σε ρύπανση του εδάφους. Η διάκριση όμως αυτή δεν πρέπει να θεωρείται απόλυτη καθώς οι διάφορες μορφές ρύπανσης αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Το νερό μετά τον αέρα αποτελεί το πλέον αναντικατάστατο φυσικό αγαθό. Ωστόσο, η ρύπανσή του, δηλαδή κάθε φυσική, χημική ή βιολογική μεταβολή που το καθιστά ακατάλληλο για τους οργανισμούς οι οποίοι ζουν σε αυτό ή το χρησιμοποιούν, παρακολουθεί την ιστορία του ανθρώπου από τότε που οι πρώτοι οικισμοί απελευθέρωναν τα λύματά τους στα γειτονικά ποτάμια, λίμνες ή θάλασσες. Τα αστικά λύματα που καταλήγουν μέσω των αγωγών αποχέτευσης στα υδάτινα οικοσυστήματα (εικόνα 4) περιέχουν παραπροϊόντα του ανθρώπινου μεταβολισμού και διάφορες ουσίες καθημερινής χρήσης. Σοβαρή πηγή ρύπανσης είναι και η βιομηχανική δραστηριότητα, στα απόβλητα της οποίας περιέχεται ένα πλήθος από διαφορετικές χημικές ουσίες, όπως είναι τα βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, υδράργυρος κ.ά.) και τα πετρελαιοειδή.



Εικόνα 4 Η ρύπανση των υδάτων με νιτρικά και φωσφορικά άλατα συντελούν στο φαινόμενο του ευτροφισμού.

Οι πιο τοξικοί ρύποι, όμως, στη βιόσφαιρα είναι τα διάφορα παρασιτοκτόνα και εντομοκτόνα, τα ραδιενεργά απόβλητα και τα παραπροϊόντα των ραδιενεργών εκρήξεων.

Κατά το τέλος του 21^{ου} αιώνα, με βάση τα δύο ακραία σενάρια κλιματικής αλλαγής, αναμένεται ότι οι βροχοπτώσεις θα μειωθούν κατά 5-19% σε επίπεδο επικράτειας, ενώ η θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 3-4,5°C αντίστοιχα. Προβλέπονται σημαντικές μεταβολές στις κλιματικές παραμέτρους (υγρασία, νεφοκάλυψη, κτλ.) και αύξηση της έντασης των ανέμων κατά 10% μέσα στον 21^ο αιώνα. Αναμένονται μεταβολές στις ακραίες τιμές της βροχόπτωσης και τα πλημμυρικά φαινόμενα, ενώ το σύνολο των επιπτώσεων προσθέτει αρνητικό πρόσημο σε όλους τους τομείς της εθνικής οικονομίας (ΕΜΕΚΑ, 2011). Η αύξηση της συχνότητας και η ένταση των ακραίων φαινομένων θα αποτελέσουν τις κύριες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής για την Ελλάδα. Η Ελλάδα φαίνεται να ακολουθεί τις ευρωπαϊκές τάσεις των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και ένα σύνολο σημαντικών μέτρων πρέπει να ληφθούν υπόψη για την προσαρμογή της (Μιμίκου, 2013) βάσει των διεθνών αρχών που θέτει η IPCC.

Η ανθρώπινη δραστηριότητα που προκαλεί τις εκπομπές αερίων επιβλαβή για το περιβάλλον, με συνεισφορά στην ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου, αποτελεί καίριας σημασίας ζήτημα για την παγκόσμια κοινότητα. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας, η συνέχιση της καύσης ορυκτών για την παραγωγή της ενέργειας, η αύξηση του πληθυσμού και των αναγκών του, η διαχείριση των χρήσεων γης, του νερού και των αποβλήτων είναι οι βασικοί ανθρωπογενείς παράγοντες της κλιματικής αλλαγής. Ο πλανήτης βιώνει τις επίπονες επιπτώσεις της ανεξέλεγκτης ανθρώπινης δραστηριότητας, ενώ τα μέτρα, η ορθή διαχείριση και οι αποφάσεις της κοινής πορείας των κρατών θα καθορίσουν την επιβίωση των οικοσυστημάτων, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την προφύλαξη της ανθρώπινης υγείας. Η κλιματική αλλαγή είναι ένα σύγχρονο και ιδιαίτερα πολύπλοκο πρόβλημα που αφορά ένα ευρύ φάσμα επιστημόνων και οι συνέπειες αυτής μπορεί να είναι καταστροφικές για τα τεχνικά έργα.

2.2 Επιπτώσεις, Προσαρμογή & Ανθεκτικότητα

Βάσει της αναφοράς της IPCC το 2014, ο όρος **επίπτωση** (impact) χρησιμοποιείται για να περιγράψει την επίδραση μίας παραμέτρου ή διεργασίας που σχετίζεται με το κλίμα στο ανθρώπινο ή φυσικό περιβάλλον. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι εμφανείς σε πολλές

πτυχές του φυσικού περιβάλλοντος, αλλά και στις οικονομικές και κοινωνικές ανθρώπινες δραστηριότητες. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή οι βασικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής καταγράφονται ως εξής:

- Τήξη των πάγων και άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας,
- Ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων (πλημμύρες, υπερχειλίσεις),
- Αύξηση των φαινομένων δασικών πυρκαγιών και περιόδων ξηρασίας,
- Συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, τη χλωρίδα και την πανίδα του πλανήτη.

Η **αύξηση της θερμοκρασίας** προκαλεί την τήξη των πάγων στις πολικές περιοχές, με αποτέλεσμα την άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας. Η υπερθέρμανση του πλανήτη προκαλεί την κατάρρευση όγκων πάγου στους δύο πόλους της Γης και την τήξη των παγετώνων. Τομείς, όπως η γεωργία, η ενέργεια και ο τουρισμός που εξαρτώνται από το επίπεδο της θερμοκρασίας πλήττονται σε σημαντικό βαθμό. Παράλληλα, η άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας (ΜΣΘ) δημιουργεί φαινόμενα πλημμύρας και διάβρωσης των ακτών και των πεδινών παράκτιων περιοχών. Στο φαινόμενο της ΜΣΘ προστίθεται η θερμική διαστολή της ωκεάνιας μάζας, που οφείλεται στη διόγκωση του αλμυρού νερού, που προκαλεί η αύξηση της θερμοκρασίας (IPCC, 2018), ενώ τελικά η συγκέντρωση υψηλών ποσοστών CO₂ αυξάνουν την οξύτητα του νερού των ωκεανών, με άμεσες επιπτώσεις στα θαλάσσια και παράκτια οικοσυστήματα (EPA, 2001), τους κοραλλιογενείς υφάλους και στη θαλάσσια ζωή γενικότερα.

Η καταγραφή ολοένα και **συχνότερων και εντονότερων καιρικών φαινομένων** είναι μία από τις βασικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Τα ακραία φαινόμενα που παρατηρούνται προκαλούν έντονες πλημμύρες που δύνανται να επιφέρουν διάβρωση των γεωργικών εκτάσεων, να βλάψουν τις καλλιέργειες και τη συγκομιδή, να προκαλέσουν υλικές ζημιές αλλά και απώλειες ανθρώπινων ζωών. Οι χώρες της νότιας (Μεσογειακές χώρες) και κεντρικής Ευρώπης πλήττονται κυρίως από κύματα καύσωνα (μεγάλες περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες), δασικές πυρκαγιές και ξηρασίες, ενώ οι χώρες της βόρειας Ευρώπης δέχονται κυρίως εντονότερε βροχοπτώσεις και πλημμύρες. Τα ακραία αυτά φαινόμενα που παρατηρούνται, έχουν ως συνέπεια την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού (Μιμίκου Μ., 2013), καθώς και περιορισμό των διαθέσιμων υδατικών πόρων σε ορισμένες περιοχές, δημιουργώντας προβλήματα λειψυδρίας. Είναι γεγονός πως η κλιματική αλλαγή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές στις μεταβλητές και τις διαδικασίες που

επηρεάζουν την ποιότητα του νερού αλλά και τη βιοποικιλότητα του γλυκού νερού. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Φυσικές αλλαγές. Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, η μείωση των στρωμάτων πάγου στους ποταμούς και τις λίμνες, η σταθερότερη κατακόρυφη διαστρωμάτωση και η μειωμένη ανάμειξη νερού στα πιο βαθιά ύδατα των λιμνών επηρεάζουν τη στάθμη του και το χρόνο κατακράτησης.
- Χημικές αλλαγές. Παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών (DOC) και μειωμένη περιεκτικότητα σε οξυγόνο.
- Βιολογικές αλλαγές. Η μετανάστευση των ειδών και η αλλοίωση των ενδιαιτημάτων επηρεάζουν τη δομή και τη λειτουργία των οικοσυστημάτων του γλυκού νερού (Solheim et al., 2010).

Τα ευρωπαϊκά γλυκά νερά πλήττονται ήδη από πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες, με αποτέλεσμα οι αλλαγές στις χρήσεις γης και τη ρύπανση με θρεπτικά και επικίνδυνες ουσίες. Όσον αφορά τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ανθρώπινη υγεία, σε ορισμένες χώρες έχει καταγραφεί αύξηση των θανάτων που σχετίζονται με τις έντονες περιόδους καύσωνα. Παράλληλα, παρατηρούνται αλλαγές στην κατανομή των ασθενειών που μεταδίδονται με το νερό και τα μολυσμένα τρόφιμα. Πολλά νοσήματα συνδέονται με την αλλαγή των κατακρημνισμάτων, συμπεριλαμβανομένης της χολέρας και της ελονοσίας. Η κλιματική αλλαγή απειλεί να επιβραδύνει την πρόοδο που έχει σημειώσει η επιστήμη αναφορικά με την παγκόσμια υγεία (Cohen et al., 2004). Ακόμη, οι εκτιμώμενες επιβαρύνσεις στην ανθρώπινη υγεία που αποδίδονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ιδιαίτερα σημαντικές (Doherty et al., 2017). Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΕΑ) υπολόγισε ότι περίπου 467.000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους λόγω μακροχρόνιας έκθεσής τους σε επιβλαβή αιωρούμενα σωματίδια $PM_{2,5}$. Τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter – PM) μικρού μεγέθους αποτελούν ένα πολύπλοκο ρύπο με μεγάλη ποικιλία σε σχήμα, μέγεθος και σύσταση. Τα αερολύματα με μικρή διάμετρο ($PM_{2,5}$) θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνα για την υγεία, λόγω της διείσδυσής τους στον ανθρώπινο οργανισμό (WHO). Όλοι οι πληθυσμοί είναι ευάλωτοι, κάποιιοι σε μεγαλύτερο βαθμό. Ο βαθμός στον οποίο θα επηρεαστεί η υγεία των πληθυσμών ποικίλει, ανάλογα με το πού ζουν, τον τρόπο και τις συνθήκες της ζωής τους.

Τα έντονα καιρικά φαινόμενα, η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου και τα πλημμυρικά φαινόμενα προκαλούν υλικές ζημιές και βλάβες στα τεχνικά έργα και τις υποδομές με μεγάλο οικονομικό κόστος στην κοινωνία. Το διάστημα 1980-2011, οι πλημμύρες έπληξαν πάνω από 5 εκατομμύρια άτομα προκαλώντας ζημιές της τάξης των 90 δις ευρώ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018). Οι ακραίες τιμές των μεγεθών στο σχεδιασμό των έργων και οι περίοδοι επαναφοράς οφείλουν να επαναπροσαρμοστούν λόγω της κλιματικής αλλαγής. Τι γίνεται όμως με τα ήδη υπάρχοντα έργα; Για παράδειγμα, αν επικρατήσει ένα από τα σενάρια της κλιματικής αλλαγής είναι πιθανό ένα φράγμα να δεχτεί έως και 20% περισσότερο πλημμυρικό όγκο νερού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται η εκ νέου αποτίμηση της φέρουσας ικανότητάς του στις νέες συνθήκες, αλλά και η περίπτωση ενίσχυσής αυτής. Τα έργα εξωτερικής προστασίας ενός λιμένα, στις περιπτώσεις που πρόκειται να δεχθούν κυματικά ύψη μεγαλύτερα από αυτά για τα οποία σχεδιάστηκαν θα χρειαστούν θωράκιση και επιπλέον μελέτη και σχεδιασμό. Παρόμοιες καταπονήσεις θα δεχτούν και άλλα τεχνικά έργα (γέφυρες, κρηπιδότοιχοι, κτλ.) που σχετίζονται με τα μεγέθη των φορτίων των κλιματικών χαρακτηριστικών (άνεμος, χιόνι, κτλ.). Η επαναλαμβανόμενη και περιοδική καταπόνηση των έργων οδηγεί σε αστοχίες με πολλές αρνητικές συνέπειες.

Τέλος, οι ραγδαίες αλλαγές στο οικοσύστημα, λόγω της κλιματικής αλλαγής, επηρεάζουν άμεσα τόσο τη χλωρίδα όσο και την πανίδα του πλανήτη. Πολλά είδη φυτών και ζώων φαίνεται να προσπαθούν να επιβιώσουν και να προσαρμοστούν στη νέα κατάσταση. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί τη μετακίνηση διαφόρων πληθυσμών από πολλά είδη με κίνδυνο την τελική τους εξαφάνιση. Παράλληλα οι περίοδοι καύσωνα, οι δασικές πυρκαγιές αλλά και οι πλημμύρες ευθύνονται για την απώλεια της βλάστησης και διαφόρων φυτών σε πολλές γεωγραφικές περιοχές. Η επιστημονική κοινότητα έχει αναγνωρίσει την απώλεια της βιοποικιλότητας ως άμεση επίπτωση της κλιματικής αλλαγής και συμβάλει ενεργά στη σύνταξη των σχετικών σχεδίων διαχείρισης. Το 2019 δημοσιεύτηκε έκθεση του ΟΗΕ βάσει της οποίας αναμένεται να απειληθούν με εξαφάνιση έως και ένα εκατομμύριο είδη πανίδας και χλωρίδας. Δεδομένης της αλληλεπίδρασης των οργανισμών, η εξαφάνιση ενός είδους μπορεί να προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις στην τροφική αλυσίδα και στην ποικιλομορφία της φύσης.



Εικόνα 5 Οι κύριες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (άνοδος της θερμοκρασίας, αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων, δασικές πυρκαγιές και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία).

Σήμερα, οι αρνητικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής αναγνωρίζονται παγκοσμίως και πλέον οι μελέτες και οι στρατηγικές τείνουν να συμπεριλαμβάνουν όχι μόνο μέτρα αντιμετώπισης στη κλιματική αλλαγή αλλά και μέτρα προσαρμογής πλέον σε αυτή (Yang Z. et al., 2017).

Ο όρος προσαρμογή συχνά χρησιμοποιείται όταν αναφέρονται οι συνέπειες και οι μέθοδοι αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Βάσει της PIANC, 2020 ο όρος **προσαρμοστικότητα** (adaptation) χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις διαδικασίες προσαρμογής για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή απαιτεί διατομεακά μέτρα βασιζόμενα σε θεσμούς τόσο εθνικής όσο και περιφερειακής εμβέλειας. Αν και έχουν ληφθεί αρκετά μέτρα προς την κατεύθυνση της διασφάλισης επαρκούς προσαρμογής στις αναπτυσσόμενες χώρες, η ανάγκη για μελλοντική και συνεχή προσαρμογή παραμένει, καθώς και η ενσωμάτωση του κλίματος στις γενικές πολιτικές ανάπτυξης (Mertz O. et al., 2009). Οι αναπτυσσόμενες χώρες θα βιώσουν διαφορετικά τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όχι μόνο λόγω της διαφοράς στις προβλεπόμενες αλλαγές των κλιματικών παραμέτρων, αλλά και στη διαφορά των τρωτών τους σημείων και της ικανότητάς τους να προσαρμοστούν σε αυτές, που ποικίλει ιδιαίτερα μεταξύ των εθνών και των περιοχών ανά τον πλανήτη (Mertz O. et al., 2009).

Οι πρώτες μελέτες και έρευνες που αφορούσαν την κλιματική αλλαγή δεν ανέφεραν την έννοια της προσαρμοστικότητας. Ιδιαίτερη έμφαση δινόταν στις επιπτώσεις και στις μεθόδους αντιμετώπισης και μείωσης των συνεπειών της (Kates R. et al., 2000), ενώ ο όρος της προσαρμοστικότητας εδραιώθηκε και καλύφθηκε εκτενέστερα στις εκθέσεις της IPCC (Mertz O. et al., 2009). Ένας ακόμη όρος που συχνά χρησιμοποιείται στις περιγραφές της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεων της, είναι ο όρος της **ανθεκτικότητας** (resilience) ενός συστήματος. Αναφέρεται στην ικανότητα να προβλεφθούν και να αντιμετωπιστούν οι διάφορες επιπτώσεις, και

τελικά το σύστημα να επιστρέψει γρήγορα στην αρχική του κατάσταση. Η ανθεκτικότητα δεν είναι μόνο φυσική, αλλά και κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική (PIANC, 2020).

Η ικανότητα πρόβλεψης και εκτίμησης της ανθεκτικότητας ενός συστήματος, τεχνητού ή φυσικού, προς τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής αποτελεί σύγχρονο και ιδιαίτερα πολύπλοκο επιστημονικό πεδίο. Οι προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή φέρουν μεγάλα ποσοστά αβεβαιότητας, τόσο επειδή εξαρτώνται από αβέβαια σενάρια ανθρωπογενών και φυσικών παραγόντων, όσο και λόγω της ελλιπούς κατανόησης των κλιματικών μοντέλων (Collins et al., 2013). Η *ανθεκτικότητα* είναι αντικείμενο στοχασμού και έρευνας για πολλά χρόνια με ιδιαίτερη απήχηση μεταξύ των επιστημόνων και των υπεύθυνων λήψεων αποφάσεων (Morecroft et al., 2012). Η αύξηση της ανθεκτικότητας ενός συστήματος ως δράση παρουσιάζει πολλές προκλήσεις και αυτό γιατί δημιουργούνται σημαντικές αβεβαιότητες για τον καλύτερο τρόπο ενίσχυσής της. Για παράδειγμα, η ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή των φυσικών συστημάτων είναι ένας συνδυασμός αντίστασης στις ολοένα και συχνότερες διαταραχές, ανάκαμψης αλλά και προσαρμογής στις νέες συνθήκες (Bernhardt R. et al., 2013).

Η ένταση των κλιματικών αλλαγών και των συνεπαγόμενων επιπτώσεων δεν είναι ίδια σε όλες τις περιοχές του πλανήτη, ενώ σε ορισμένες γεωγραφικές περιοχές και σε συγκεκριμένους τομείς είναι δυνατόν να προκύψουν ακόμη και οφέλη. Η προσαρμογή στο σύνολο των κλιματικών αλλαγών, θα πρέπει να περιλαμβάνει τόσο εθνικά όσο και περιφερειακά σχέδια δράσεων, μέτρων και προβλέψεων. Οι ευρωπαϊκές χώρες, στο πλαίσιο των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, σχεδιάζουν και θέτουν σε εφαρμογή εθνικές στρατηγικές και σχέδια προσαρμογής, με προτεραιότητα στους τομείς της υγείας, της γεωργίας, των υδάτινων πόρων και της στάθμης της θάλασσας. Ο ρόλος του κράτους καθίσταται ουσιαστικός για το σχεδιασμό των δράσεων καθώς οι επιπτώσεις και η αποτελεσματικότητα των μέτρων στηρίζονται σε υψηλά ποσοστά αβεβαιότητας. Σε συνεργασία του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, το Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών και η Τράπεζα της Ελλάδος, το Δεκέμβριο του 2014, υπέγραψαν μνημόνιο συνεργασίας που μεταξύ άλλων αφορούσε και τη σύνταξη του κειμένου της **Εθνικής Στρατηγικής για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ)**, όπως απαιτούσαν οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες, με σκοπό την υλοποίηση μιας σύγχρονης αποτελεσματικής και αναπτυξιακής στρατηγικής προσαρμογής. Η Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή

αποτελεί κείμενο στρατηγικού προσανατολισμού με στόχο τη χάραξη κατευθυντήριων γραμμών στηριζόμενη στη σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών και τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες. Βασικοί στόχοι της ΕΣΠΚΑ είναι:

- Η συστηματικοποίηση και βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων μέσω της απόκτησης πληρέστερων πληροφοριών και επιστημονικών δεδομένων σχετικών με την προσαρμογή,
- Η προώθηση της ανάπτυξης και εφαρμογής περιφερειακών/τοπικών σχεδίων δράσης,
- Η προώθηση δράσεων και πολιτικών προσαρμογής σε όλους του τομείς με έμφαση στους πιο ευάλωτους,
- Η δημιουργία μηχανισμού παρακολούθησης και αξιολόγησης των δράσεων και πολιτικών προσαρμογής και,
- Η ενδυνάμωση της προσαρμοστικής ικανότητας της ελληνικής κοινωνίας μέσα από δράσεις ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των πολιτών.

Μέσω της ΕΣΠΚΑ αναπτύσσεται το πλαίσιο, οι κατευθυντήριες αρχές και τα μέσα υλοποίησης μιας σύγχρονης εθνικής στρατηγικής προσαρμογής, όπως ορίζεται από τη σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή. Πιο συγκεκριμένα, οι κατευθυντήριες αρχές της ΕΣΠΚΑ είναι:

- Η συμβατότητα, οι διάφορες νέες πολιτικές και μέτρα που προτείνει δε θα πρέπει να έρχονται σε αντίθεση με τη γενικότερη περιβαλλοντική πολιτική της χώρας,
- Η επιστημονική ορθότητα και πληρότητα, οι δράσεις και οι πολιτικές θα πρέπει να βασίζονται στα αποτελέσματα της επιστημονικής κοινότητας και να αξιολογούνται συνεχώς,
- Η συμμετοχή και διαβούλευση όλων των εμπλεκόμενων μερών,
- Η κοινωνική αποδοχή, μέσω της υιοθέτησης μέτρων και πολιτικών με μικρό οικονομικό/κοινωνικό κόστος και
- Η ανάπτυξη, ο σχεδιασμός και οι δράσεις να προβλέπουν μακροπρόθεσμα αναπτυξιακές προοπτικές.

Ενώ, τα μέσα υλοποίησης αυτών είναι, η επιστημονική έρευνα και τεκμηρίωση, η παρακολούθηση της εφαρμογής της στρατηγικής, η ενημέρωση όλων των εμπλεκόμενων, η διαβούλευση και ο

διάλογος. Με τα άρθρα 42-45 του Ν.4414/2016 (Α' 149), θεσμοθετήθηκαν οι διαδικασίες εκπόνησης και έγκρισης της ΕΣΠΚΑ. Η αρμόδια Διεύθυνση Κλιματικής Αλλαγής και Ποιότητας της Ατμόσφαιρας του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας εξέτασε, εμπλούτισε και επεξεργάστηκε το τελικό κείμενο της ΕΣΠΚΑ. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε η σύνταξη των Περιφερειακών Σχεδίων από τις Περιφέρειες. Το περιεχόμενο των Περιφερειακών Σχεδίων για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή εξειδικεύτηκε με την Υπουργική Απόφαση 11258/2017 (ΦΕΚ Β'873), ενώ το Εθνικό Συμβούλιο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή συστάθηκε και συγκροτήθηκε με την Υπουργική απόφαση 34768/2017 (ΦΕΚ Β'3246).

Οι αναμενόμενες από την αλλαγή του κλίματος μεταβολές θα επηρεάσουν τις υποδομές και τα δίκτυα λειτουργίας των μεταφορών, ανεξαρτήτως μεταφορικού μέσου. Αναφορικά με τις πλωτές και θαλάσσιες μεταφορές, βάσει της ΕΣΠΚΑ δίνονται τέσσερα στάδια δράσεων, περιλαμβάνοντας τα εκάστοτε μέτρα, τα οποία δίνονται στο παρακάτω σχήμα – εικόνα 6.

«Η ΕΣΠΚΑ είναι το πρώτο βήμα για μια συνεχή και ευέλικτη διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης των απαραίτητων μέτρων προσαρμογής σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Φιλοδοξεί να αποτελέσει το μοχλό κινητοποίησης των δυνατοτήτων της ελληνικής πολιτείας, οικονομίας και ευρύτερα της κοινωνίας για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα χρόνια που έρχονται.» (ΕΣΠΚΑ, 2016)

Δράση 1: Οργάνωση & Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων

- M1: Ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης ναυσιπλοΐας, καθώς και περαιτέρω τυποποίηση και επέκταση των πληροφοριών που σχετίζονται με τη ναυσιπλοΐα.
- M2: Δημιουργία "task force" για τους σκοπούς της ταχείας αντίδρασης σε περιπτώσεις σοβαρών διαταραχών στην πλοήγηση που προκαλούνται από υδρομολικά/μετεωρολογικά φαινόμενα.
- M3: Αύξηση ευαισθητοποίησης (ενημερότητας) των διαφόρων ενδιαφερόμενων μερών σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην πλωτή ναυσιπλοΐα.
- M4: Συνεργασία μεταξύ υπηρεσιών καιρού, ωκεανογραφικών ινστιτούτων και άλλων φορέων που παρέχουν εμπειρία και πόρους.

Δράση 2: Τεχνικό Περιεχόμενο

- M1: Εξέταση αναγκαιότητας μετεγκατάστασης, επανασχεδιασμού και ενίσχυσης των κυματοθραυστών για την προστασία των λιμένων και γενικότερα των υποδομών θαλάσσιων μεταφορών μεγαλύτερα κύματα.
- M2: Παροχή επαρκών θέσεων ελλιμενισμού, αγκυροβολίων και εξοπλισμού ακτής για το χειρισμό (εξυπηρέτηση) μεγαλύτερου αριθμού σκαφών.
- M3: Παροχή επαρκών συστημάτων προφύλαξης (για σκάφη ελαφριάς κατασκευής ευαίσθητων σε μεγαλύτερη ζημία).
- M4: Μελέτη για αναγκαιότητα απομάκρυνσης ιζημάτων από το βυθό, λόγω μεγάλων κυμάτων και πλημμυρών και προγραμματισμός σχετικών έργων σε περιοχές αυξημένης τρωτότητας.

Δράση 3: Νομοθετικό Περιεχόμενο

- M1: Ασφάλιση των υποδομών για την αντιστάθμιση πιθανών ζημιών.
- M2: Έκδοση κατευθυντήριων οδηγιών για την εφαρμογή άμεσων μέτρων δράσης.

Δράση 4: Ροή Πληροφοριών και Χρήση Τεχνολογιών Επικοινωνίας & Πληροφορικής

- M1: Συνεχής παρακολούθηση των θερμοκρασιών περιβάλλοντος των έργων υποδομής.
- Συλλογή, καταγραφή, απεικόνιση και ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με το βάθος νερού.

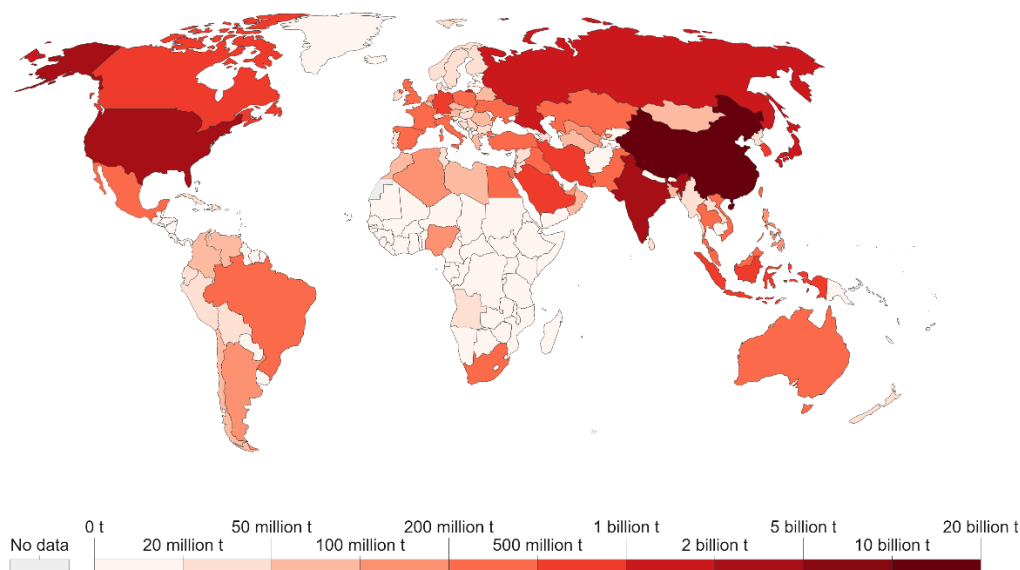
Εικόνα 6 Δράσεις / Μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή των πλωτών και θαλάσσιων μεταφορών βάσει της ΕΣΠΚΑ (πηγή: ΕΣΠΚΑ, Απρίλιος 2016).

2.3 Η Κλιματική Αλλαγή στην Ελλάδα

Η καύση του άνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, η αποψίλωση των δασών, αλλά και τα φθοριούχα αέρια είναι οι κύριες αιτίες αύξησης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Η Ασία υπολογίζεται ότι ευθύνεται για το 53% των παγκόσμιων εκπομπών, σε σύγκριση με την Ελλάδα που σα χώρα εκπέμπει ποσοστό 0,19% του συνολικού όγκου αέριων εκπομπών σε CO₂. Βάσει της έκθεσης του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (EEA, 2017) καταγράφονται μεταβολές σε κλιματικές παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, η χιονόπτωση αλλά και στη στάθμη της θάλασσας, ενώ αναμένεται η αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων. Η Ελλάδα κατάφερε το 2021, σε σχέση με το προηγούμενο έτος, να μειώσει τον όγκο των αέριων εκπομπών της κατά περίπου 25% (<https://www.statista.com/>).

Annual CO₂ emissions, 2020

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry. Land use change is not included.



Source: Global Carbon Project

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Εικόνα 7 Ετήσιες εκπομπές CO₂ σε παγκόσμια κλίμακα (πηγή: Global Carbon Project <https://ourworldindata.org/co2-emissions>).

Κύριες πηγές εκπομπών CO₂ είναι οι οικονομικές – βιομηχανικές δραστηριότητες της και οι μεταφορές, ενώ βασικός λόγος της ιδιαίτερης μείωσης των εκπομπών ήταν η πανδημία Covid-19 που έπληξε τη χώρα. Τα μέτρα περιορισμού των μετακινήσεων, αλλά και η υποχρεωτική εξ'

αποστάσεως εργασία ήταν οι βασικές παράμετροι μείωσης του ανθρακικού αποτυπώματος της χώρας σε παγκόσμια κλίμακα. Η περιβαλλοντική νομοθεσία στην Ελλάδα ακολουθεί τις διεθνείς και ευρωπαϊκές συντεταγμένες αρκετά στενά. Η χώρα υποστηρίζει και υιοθετεί τα μέτρα και τις δράσεις υπέρ του περιορισμού των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο πλαίσιο των Συμβάσεων και Οδηγιών του Παγκόσμιου Οργανισμού και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Εντός των υποχρεώσεων της είναι και η υποβολή εκθέσεως τόσο προς τη γραμματεία της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) όσο και προς την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 525/2013. Η μεγαλύτερη πρόκληση για την ελληνική κοινωνία είναι η δίκαιη, συλλογική και επιστημονικά τεκμηριωμένη μετάβαση με στόχο τη διαμόρφωση ουσιαστών μέτρων και πολιτικών με βασικούς πυλώνες το κλίμα, το φυσικό περιβάλλον και τους πολίτες.

Η Ελλάδα βρέχεται από την ανατολική Μεσόγειο και το κλίμα της σε γενικές γραμμές χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό, με ήπιους χειμώνες, θερμά καλοκαίρια και ηλιοφάνεια σχεδόν όλο το χρόνο. Λόγω της ιδιαίτερης τοπογραφίας της χώρας και της εναλλαγής ξηράς και θάλασσας, στο ηπειρωτικό της μέρος παρουσιάζεται μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα μέσα στα πλαίσια του μεσογειακού κλίματος. Το έτος θα μπορούσε να χωριστεί σε δύο κύριες εποχές από τα μέσα Οκτωβρίου έως και τα τέλη Μαρτίου και από τον Απρίλιο έως και τον Οκτώβριο. Η πρώτη περίοδος μπορεί να χαρακτηριστεί από χαμηλότερες - ψυχρότερες θερμοκρασίες και περισσότερες βροχοπτώσεις. Σε αντίθεση, κατά τη θερμή περίοδο ο καιρός είναι πιο σταθερός και ο ουρανός σχεδόν αίθριος. Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας παρατηρούνται το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και τον Αύγουστο, ενώ οι βροχοπτώσεις έχουν τη μορφή καταιγίδων μικρής διάρκειας. Στα παραπάνω χαρακτηριστικά, ωστόσο, τείνουν να προστεθούν φαινόμενα ακραίας πολλές φορές κλιματικής συμπεριφοράς, όπως οι δασικές πυρκαγιές, οι πλημμύρες, οι έντονες καταιγίδες και τα κύματα καύσωνα. Βάσει της 6^{ης} έκθεσης της IPCC η κλιματική αλλαγή είναι ένα σημαντικό και συνεχές παγκόσμιο φαινόμενο, το οποίο ευθύνεται για την ένταση και την εμφάνιση των παραπάνω φαινομένων.

Το 2009 με πρωτοβουλία της Τράπεζας της Ελλάδος ανακοινώθηκε η σύσταση της Επιτροπής Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής (ΕΜΕΚΑ) και δύο χρόνια αργότερα δημοσιεύθηκε μία ολοκληρωμένη μελέτη, που αφορά αποκλειστικά την Ελλάδα και παρουσιάζει

τις προβλεπόμενες κλιματικές μεταβολές και τις επιπτώσεις αυτών στην ελληνική οικονομία και κοινωνία. Η μελέτη είχε ως στόχο να συμβάλει καθοριστικά στο σχεδιασμό μίας επιστημονικά εμπειριστατωμένης πολιτικής και να αποτελέσει αφετηρία δράσεων και ενημέρωσης για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Τα βασικά συμπεράσματα ως προς τις συνέπειες στη Μεσόγειο και εν συνέχεια στην Ελλάδα, μπορούν να συγκεντρωθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Αύξηση της θερμοκρασίας και του ποσοστού των θερμών ημερών μέσα στο έτος,
- Μείωση και ανισοκατανομή των υδατικών πόρων στο εσωτερικό της χώρας,
- Αύξηση της συχνότητας εμφάνισης των ακραίων φαινομένων,
- Άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας και
- Αύξηση των δασικών πυρκαγιών.

Για την πρόβλεψη της αύξησης της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν μαθηματικά μοντέλα που προσομοιώνουν τις φυσικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των ωκεανών και των ατμοσφαιρικών συστημάτων (AOGCMs – Atmosphere Ocean Global Circulation Models). Η ετήσια επιφανειακή θερμοκρασία της χώρας πρόκειται να αυξηθεί κατά 1,6°C και έως 4,3°C μέχρι το τέλος του αιώνα. Η παραπάνω αλλαγή θα έχει ως συνέχεια την αύξηση των θερμών ημερών και των τροπικών νυχτών μέσα σε ένα έτος και την παράλληλη μείωση των ψυχρών ημερών το χειμώνα (Georgoulas et al., 2022). Έρευνα του Εθνικού Αστεροσκοπείου αναφέρει ότι η θερμή περίοδος σε πόλεις όπως η Αθήνα, η Κέρκυρα και η Ρόδος αυξάνεται κατά 10 ημέρες/δεκαετία (Founda D. et al., 2019). Κατά τα έτη 2007, 2010, 2016 & 2017, η Αθήνα επλήγη από πρώιμους καύσωνες στη διάρκεια του Ιουνίου. Η πρόωρη εμφάνιση των θερμών ημερών επηρεάζει σημαντικά διάφορους τομείς, όπως ο τουρισμός, η ενέργεια και η υγεία.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υποστήριξε το πενταετές πρόγραμμα ENSEMBLES, με στόχο τη δημιουργία ενός ενημερωμένου συστήματος πρόβλεψης της κλιματικής αλλαγής βασιζόμενο σε μοντέλα τελευταίας τεχνολογίας και υψηλής ανάλυσης. Μέσω του προγράμματος είναι δυνατή η ποσοτικοποίηση και η μείωση της αβεβαιότητας στις επιπτώσεις των φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένης της συμπεριφοράς των υδατικών πόρων (Hewitt C. et al., 2005). Έρευνα του προγράμματος ENSEMBLES στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα δείχνει μείωση των κατακρημνισμάτων τις τελευταίες πέντε δεκαετίες, που ξεκινά από 30 χιλιοστά και μπορεί να φθάσει μέχρι και τα 150 χιλιοστά ανά δεκαετία σε ορισμένες περιοχές. Τα παραπάνω

αποτελέσματα θα δημιουργήσουν σύγκρουση μεταξύ της ζήτησης (ύδρευση, άρδευση, οικιακή και βιομηχανική χρήση) και της υδατικής προσφοράς (μείωση των κατακρημνίσεων με παράλληλη αύξηση των περιόδων καύσωνα και την εμφάνιση περιόδων ξηρασίας).

Τα χαρακτηριστικά των υδατικών αποθεμάτων της χώρας και η συνολική διαχείρισή τους παρουσιάζει ενδιαφέρον λόγω των ιδιαιτεροτήτων της Ελλάδας αναφορικά με τους υδατικούς της πόρους. Στη χώρα παρουσιάζεται σημαντική ανισοκατανομή τόσο χρονικά όσο και χωρικά των διαθέσιμων υδατικών πόρων, δεδομένου ότι το 85% των κατακρημνίσεων αφορά τη χειμερινή περίοδο και κυρίως τη Δυτική Ελλάδα (λόγω της οροσειράς της Πίνδου). Παράλληλα, παρόμοια χρονική και χωρική ανισοκατανομή παρουσιάζει και η υδατική ζήτηση. Τους θερινούς μήνες, η ζήτηση είναι έντονη λόγω του τουρισμού και της άρδευσης, ενώ υπερκατανάλωση παρατηρείται στα μεγάλα αστικά κέντρα και στην περιοχή της παράκτιας ζώνης. Το πολύ μεγάλο μήκος της ελληνικής ακτογραμμής ευνοεί την είσοδο του θαλάσσιου ύδατος στην ενδοχώρα και παράλληλα το βόρειο τμήμα της Ελλάδος εξαρτάται τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά από σημαντικούς ποταμούς διακρατικών νερών (Νέστος, Έβρος, Αξιός). Σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής, αναμένεται η αύξηση της εξατμισοδιαπνοής, η υφαλμύρωση των παράκτιων υδροφορέων και η αύξηση του ρυπαντικού φορτίου. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το 75-80% του υδατικού δυναμικού της χώρας προορίζεται για την άρδευση (ΤτΕ, 2011), οι συνέπειες στον αγροτικό τομέα και τις καλλιέργειες θεωρούνται άμεσες και ζημιογόνες.

Στη νέα έκθεση που δημοσίευσε ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO, 2022) καταγράφεται η αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων σε όλον τον πλανήτη. Έντονα και μεγάλα σε διάρκεια κύματα καύσωνα, σοβαρές πλημμύρες, αλλά και περίοδοι ξηρασίας σημειώθηκαν μέσα στο 2021 από τον Καναδά μέχρι και την Κίνα. Σε παρόμοια συμπεράσματα καταλήγει και η ετήσια έκθεση της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας για τα σημαντικά καιρικά και κλιματικά γεγονότα του έτους. Καταγράφηκαν ισχυρές βροχοπτώσεις, καταιγίδες, έντονες χιονοπτώσεις και κύματα καύσωνα. Η μέση θερμοκρασία του έτους κυμάνθηκε από 0,9°C έως 1,7°C πάνω από τις κανονικές τιμές (ΕΜΥ, 2022) και καταγράφηκαν ιδιαίτερα ισχυρά συστήματα που προκάλεσαν καταιγίδες και μεγάλες ριπές ανέμου. Η αύξηση των ακραίων φαινομένων οδηγεί πολλές φορές σε μεγάλες υλικές ζημιές, ακόμη και σε απώλεια ανθρώπινων ζωών.

Μέχρι το 2100 εκτιμάται ότι η άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας στις ελληνικές ακτές θα κυμανθεί μεταξύ 0,2 και 2 μέτρων. Από το σύνολο της ακτογραμμής της χώρας (16.300 χλμ.) περίπου το 20% αποτελεί ακτές με μέτρια έως υψηλή ευπάθεια στις αναμενόμενες εξελίξεις, οι οποίες δε βασίζονται μόνο στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, αλλά και στις ακραίες κυματικές καταπονήσεις και σε άλλους γεωμορφολογικούς παράγοντες. Η παράκτια ζώνη αποτελεί σημαντικό φυσικό πόρο και οι απειλές που δέχεται προέρχονται είτε από φυσικούς κινδύνους, όπως η διάβρωση είτε από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, όπως η αστικοποίηση και η ρύπανση. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να προκαλέσει κατάκλυση των παράκτιων περιοχών με θαλασσινό νερό και υποχώρηση της ακτογραμμής με άμεσες συνέπειες στον τουρισμό και τον αγροτικό τομέα. Η μελέτη των επιπτώσεων περιπλέκεται ανάλογα των τοπικών χαρακτηριστικών, όπως η κίνηση των τεκτονικών πλακών, η μεταφορά και εναπόθεση των ιζημάτων και το είδος των πετρωμάτων (Kontogianni A. et al., 2014).

Η Ελλάδα, ως μεσογειακή χώρα, πρόκειται να αντιμετωπίσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε τομείς, όπως: η αλιεία και οι υδατοκαλλιέργειες, η γεωργία και η βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων της. Συνέπειες πρόκειται να αντιμετωπίσει και το δομημένο περιβάλλον, οι μεταφορές αλλά και η βιομηχανική της δραστηριότητα. Η χώρα έχει υιοθετήσει μέτρα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και έχει εντάξει στα αναπτυξιακά της σχέδια την αντιμετώπιση και παράλληλη προσαρμογή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η αύξηση της θερμοκρασίας, των ακραίων καιρικών φαινομένων και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας ανησυχούν την ελληνική κοινωνία, απειλώντας τον πλούτο της ελληνικής παράκτιας ζώνης. Η παράκτια περιοχή της χώρας αποτελεί ένα δυναμικό συνεχώς εξελισσόμενο σύστημα που συντελεί στην παραγωγή πολιτισμικών υπηρεσιών (αναψυχή, άθληση, τουρισμός) και στην επιβίωση του βιογενετικού αποθέματος της χλωρίδας και της πανίδας (ΤτΕ, 2011).

2.4 Κλιματική Αλλαγή & Παράκτια Ζώνη

2.4.1 Η Σημασία της Παράκτιας Ζώνης

Καθόλη τη διάρκεια της ιστορίας, η θάλασσα και το παράκτια στοιχείο ασκεί σταθερό ενδιαφέρον στον άνθρωπο. Είναι γεγονός ότι μεγάλοι αρχαίοι πολιτισμοί και οι πρώτες κοινωνίες αναπτύχθηκαν σε περιοχές κοντά σε φυσικά λιμάνια ή ποτάμια. Η επικοινωνία των λαών δια θαλάσσης, το εμπόριο και η διαθεσιμότητα αγαθών και τροφίμων από τα παράκτια ύδατα ευνόησαν την εγκατάσταση των ανθρώπων στις παράκτιες περιοχές, το κομμάτι εκείνο, δηλαδή, στο οποίο πραγματοποιείται η σύνδεση του θαλάσσιου και του χερσαίου χώρου. Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν χώρο αλληλεπίδρασης διαφορετικών συστημάτων και ανάπτυξης πολλών παραγωγικών δραστηριοτήτων. Σε μεγάλο βαθμό παγκοσμίως οι παράκτιες ζώνες είναι περιοχές υψίστης σημασίας για την οικονομία της ενδοχώρας στην οποία ανήκουν. Οι παράκτιες λιμνοθάλασσες, η αλιεία και οι ιχθυοκαλλιέργειες έχουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή τροφίμων. Παράλληλα, αποτελούν σπουδαίο πόρο, αλλά και πόλο έλξης ποικίλων δραστηριοτήτων αναψυχής και άθλησης, ενώ στις ζώνες αυτές πολλές φορές συναντώνται φυσικά και πολιτιστικά στοιχεία μοναδικής αξίας.

Παράκτια ζώνη ορίζεται η γεωμορφολογική περιοχή εκατέρωθεν της ακτογραμμής στην οποία η αλληλεπίδραση μεταξύ του θαλάσσιου και του χερσαίου τμήματος αποκτά τη μορφή πολύπλοκων συστημάτων οικολογικών στοιχείων και πόρων αποτελούμενων από βιοτικές και αβιοτικές συνιστώσες, που συνυπάρχουν και αλληλεπιδρούν με τις ανθρώπινες κοινότητες και τις σχετικές κοινωνικές και οικονομικές δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα, στις παράκτιες ζώνες επιτελείται ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών, όπως:

- Η γεωργική παραγωγή, που χρησιμοποιεί παράκτιους πόρους.
- Οι αλιευτικές δραστηριότητες,
- Η παραγωγή ενέργειας,
- Οι μεταφορές και το εμπόριο,
- Ο τουρισμός, η αναψυχή και τα θαλάσσια αθλήματα,
- Η άμυνα κατά των καταστροφικών δυνάμεων της θάλασσας και
- Η διάσπαση των ρύπων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1999).

Ιδιαίτερα στην Ελλάδα, με μήκος ακτογραμμής περίπου 16.200 χιλιόμετρα, η παράκτια ζώνη αποτελεί σημαντικό φυσικό πόρο, μέσα στον οποίο όχι μόνο κατοικεί ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού της χώρας αλλά και αναπτύσσεται ένα ευρύ πλήθος δραστηριοτήτων. Στην παράκτια ελληνική ζώνη στηρίζεται ο τουρισμός και κάθε οικονομική δραστηριότητα της τουριστικής βιομηχανίας, αναπτύσσονται μεγάλα έργα υποδομής, παραλιακό οδικό δίκτυο και διοργανώνεται ένα πλήθος αθλητικών δραστηριοτήτων. Ακόμη, στους ελληνικούς παράκτιους οικότοπους βρίσκουν καταφύγιο πολλά είδη πτηνών. Εκτιμάται ότι στην παράκτια ζώνη απαντώνται περισσότερα από 670 είδη σπονδυλωτών και περίπου 430 είδη ορνιθοπανίδας. Οι παράκτιες περιοχές φιλοξενούν υδροβιότοπους, εκβολές και δέλτα ποταμών και παράκτια δάση ιδιαίτερης περιβαλλοντικής αξίας. Περίπου το 33% του ελληνικού πληθυσμού κατοικεί σε παράκτιες περιοχές, ενώ αν υπολογιστεί ως παράκτιος ο πληθυσμός που κατοικεί σε απόσταση έως και 50 χιλιόμετρα από την ακτή, τότε πρόκειται για το 85% του συνολικού πληθυσμού της χώρας.

Τα μεγαλύτερα αστικά κέντρα (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Ηράκλειο) χωροθετούνται στην παράκτια ζώνη της χώρας. Μέσα σε αυτή φιλοξενούνται λιμάνια, σημαντικά για το εμπόριο και την παγκόσμια οικονομία και ναυτιλία, διακινώντας περισσότερο από ένα εκατομμύριο τόνους εμπορεύματος ετησίως. Προστιθέμενη αξία στην παράκτια ζώνη προσδίδει η υψηλή παραγωγικότητα της αλιείας και ο στόλος της που αποτελεί τον πολυπληθέστερο στην Ευρωπαϊκή Ένωση (13.950 σκάφη στις 31/12/2020, ΥΠΑΑΤ, 2021). Ο ελληνικός αλιευτικός στόλος αποτελείται κυρίως από σκάφη μικρής παράκτιας αλιείας με σημαντική διαφοροποίηση των εργαλείων και μεθόδων που χρησιμοποιούν ανά περιοχή. Ακόμη, στις ελληνικές υδατοκαλλιέργειες απασχολείται ένας σημαντικός αριθμός εργαζομένων σε παράκτιες ή απομακρυσμένες περιοχές, ενώ η Ελλάδα αντιπροσωπεύει το 59% της παραγωγής τσιπούρας και λαβρακίου στην Ε.Ε. (Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών, 2020) και είναι η 2^η χώρα παγκοσμίως σε παραγωγή ψαριών μεσογειακής υδατοκαλλιέργειας.

Στην Ευρώπη, αλλά κυρίως στις Μεσογειακές χώρες, ο τουρισμός είναι η πιο έντονη οικονομική δραστηριότητα που αναπτύσσεται εντός της παράκτιας ζώνης. Κατά μήκος αυτής αναπτύσσονται μεγάλα ξενοδοχειακά συγκροτήματα, θέρετρα, ενοικιαζόμενα δωμάτια, μαγαζιά εστίασης και μικρές ή μεσαίου μεγέθους διάφορες επιχειρήσεις, απασχολώντας εποχικά ένα σημαντικό μέρος εργαζομένων. Η έκθεση του Ινστιτούτου του Συνδέσμου Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων

(ΙΝΣΕΤΕ) που αφορά τη συμβολή του τουρισμού στην ελληνική οικονομία το 2020, αναφέρει ότι η οικονομική συνεισφορά του τουρισμού αντιστοιχεί στο 9,7% του ΑΕΠ της χώρας και απασχόλησε γι' αυτήν την περίοδο εργαζομένους σε ποσοστό 15,9%. Αντίστοιχα για το 2019, η συνολική συμμετοχή στο ΑΕΠ της χώρας άγγιξε το 20,8% ενώ απασχολήθηκαν περίπου 946.000 εργαζόμενοι. Λόγω της πανδημίας, των μέτρων και περιορισμών που τέθηκαν για τον περιορισμό της εξάπλωσής της, ο τουρισμός το 2020 παρουσίασε μείωση εσόδων κατά 77%. Παρόλα αυτά, ετησίως αποδεικνύεται η καταλυτική σημασία της τουριστικής βιομηχανίας στην εθνική οικονομία.

Τις τελευταίες δεκαετίες οι ανθρώπινες δραστηριότητες τείνουν να επιβαρύνουν και να δημιουργήσουν αρνητικές πιέσεις στις παράκτιες περιοχές. Η παράκτια ζώνη αποτελεί ένα δυναμικό και συνεχώς μεταβαλλόμενο σύστημα υποβαλλόμενο στις δυνάμεις της θάλασσας και στις ανθρώπινες υποδομές και δραστηριότητες. Οι παράκτιες περιοχές αποτελούσαν ανέκαθεν την πρώτη επιλογή εγκατάστασης και ανάπτυξης των κοινωνιών. Το παράκτιο περιβάλλον ξεχωρίζει λόγω της δυναμικής του φύσης, η οποία προκύπτει από τη μεταφορά της ύλης, της ενέργειας και των ζωντανών οργανισμών μεταξύ της ξηράς και της θάλασσας, με την παράλληλη επίδραση του κλίματος και της αλλαγής της στάθμης της θάλασσας. Η επιδείνωση της ποιότητας των υδάτων, η επιτάχυνση της διάβρωσης των ακτών και η αύξηση των επιπέδων ρύπανσης είναι οι βασικές αιτίες πίεσης του παράκτιου χώρου. Οι παράκτιες περιοχές συνδέουν υδρολογικά, γεωμορφολογικά, κοινωνικοοικονομικά και πολιτισμικά συστήματα, τα οποία υφίστανται αλληλένδετες δυνάμεις και πιέσεις. Σε αυτό το πλαίσιο, κρίνεται αναγκαία η διαχείριση των παράκτιων περιοχών με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται η κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική ισορροπία.

2.4.2 Οι Διεργασίες στην Παράκτια Ζώνη

Στον πλανήτη, το 71% της επιφάνειας καλύπτεται από νερό, ενώ μόλις το 29% αποτελεί τη ξηρά. Γι' αυτό το λόγο, η στεριά και η θάλασσα δημιουργούν ιδιαίτερες σχέσεις αλληλεπίδρασης στα 1,63 εκ. χλμ. ακτογραμμής που τις ενώνουν (Martinez et al., 2007). Ως **ακτή** χαρακτηρίζεται το τελευταίο κομμάτι ξηράς πριν τη θάλασσα, ή την όχθη μιας λίμνης ή ενός ποταμού. Οι ακτές αποτελούν δυναμικά οικοσυστήματα με ιδιαίτερο ρόλο στην οικονομική, τουριστική και οικιστική ανάπτυξη μιας περιοχής. Η ζώνη, μέσα στην οποία ανήκει αυτή η λωρίδα ξηράς (η ακτή),

ονομάζεται παράκτια και αναγνωρίζεται ως περιοχή μεγάλων δυνατοτήτων για τη σύγχρονη κοινωνία. Η επίδραση της παλίρροιας και οι εκβολές των ποταμών στις παράκτιες ζώνες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή τροφίμων, με τη διατήρηση της υδατοκαλλιέργειας και της αλιείας, αλλά και στην προστασία της φύσης και της βιοποικιλότητας. Η ελληνική ακτογραμμή μπορεί να ταξινομηθεί γεωμορφολογικά, σύμφωνα με το πρόγραμμα EUROSION (2001), σε τέσσερεις βασικούς τύπους ακτών:

- Δελταϊκές ακτές σε ποσοστό 6%, που χαρακτηρίζονται από απόθεση χαλαρών ιζημάτων και είναι υψηλής τρωτότητας σε μετατοπίσεις, αφού εξαρτώνται από τη συνολική λειτουργία του υδρογραφικού δικτύου που εκβάλλει στο συγκεκριμένο δέλτα.
- Ακτές μαλακών ιζημάτων σε ποσοστό 36%, μέσης τρωτότητας που υφίστανται έντονα φαινόμενα διάβρωσης σε περίπτωση ανόδου της στάθμης της θάλασσας.
- Βραχώδεις ακτές σε ποσοστό 44%, χαμηλής τρωτότητας που ωστόσο οι μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης μπορούν να επηρεάσουν την εκβολή των υπόγειων καρστικών υδάτων.
- Κρημνοί από κροκαλοπαγή και/ή μαλακούς βραχώδους σχηματισμούς σε ποσοστό 14%.

Η ακτή ως σύστημα υπόκειται στις δυνάμεις του ανέμου, της θάλασσας και της ξηράς και γι' αυτό το λόγο μεταβάλλεται συνεχώς. Η διάβρωση και η πρόσχωση είναι κάποιες από τις γεωμορφολογικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα, οδηγώντας τη σε διαρκείς μεταβολές. Τα φαινόμενα αυτά παρατηρούνται εδώ και αιώνες και οφείλονται στις παλίρροιας, τα κύματα, την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, τους σεισμούς και τα ρεύματα. Ιδιαίτερα στην Ελλάδα, το φαινόμενο της διάβρωσης απασχολεί πλήθος επιστημόνων λόγω της μεγάλης έκτασης της ακτογραμμής της. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας γίνεται μόνιμη λόγω της τήξης των πάγων, αλλά και της θερμικής διαστολής της ωκεάνιας μάζας, που οφείλεται στην διόγκωση του αλμυρού νερού με την αύξηση της θερμοκρασίας. Τα εντονότερα καιρικά φαινόμενα ευνοούν τη συσσώρευση υδάτων κοντά στη ξηρά, ενώ η αύξηση της συχνότητάς τους οδηγούν στη μεταβολή του κυματικού κλίματος καταγράφοντας νέα μεγαλύτερα ύψη και μεταβολές στις κύριες διευθύνσεις τους. Τέλος, με την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, το νερό των ωκεανών γίνεται πιο όξινο, με σημαντικές επιπτώσεις στα θαλάσσια και τα παράκτια οικοσυστήματα (EPA, 2011).

Οι σημαντικότερες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά μήκος των ακτών είναι η **μεταφορά φερτών υλών** είτε εγκάρσια είτε παράλληλα προς αυτές και η **διάβρωση**. Οι κύριες πηγές φερτών υλών είναι τα υδατορεύματα που εναποθέτουν το φορτίο τους σε αυτές. Τα πιο χονδρόκοκκα υλικά παραμένουν στις ακτές, ενώ τα υπόλοιπα καθιζάνουν στον πυθμένα τους. Μεταφορά ιζήματος, ωστόσο, πραγματοποιείται και από τη δράση των κυματισμών κάθετα και παράλληλα προς την ακτή. Η μεταφορά ιζήματος είναι αποτέλεσμα είτε της θραύσης των κυματισμών, που στη συνέχεια αναρριχώνται στην ακτή, είτε της δημιουργίας ρευμάτων, εξαιτίας αυτής της θραύσης.

Το φαινόμενο της διάβρωσης των ακτών είναι συνήθως αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης τόσο φυσικών όσο και ανθρωπογενών παραγόντων. Οι κύριοι φυσικοί παράγοντες διάβρωσης είναι ο άνεμος, οι καταιγίδες, τα παράκτια ρεύματα, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η θερμοκρασία αλλά και η κλίση της ακτής (Alexandrakis et al., 2010). Στη διάβρωση μιας ακτής συντελούν και οι μεγάλες περίοδοι χωρίς σημαντικές βροχοπτώσεις, που έχουν ως αποτέλεσμα τις μειωμένες απορροές των ποταμών και κατ' επέκταση τη φτωχή ροή ιζημάτων και φερτών. Επομένως, ο περιορισμός της διαθεσιμότητας των ιζημάτων μπορεί να οδηγήσει σε παράκτια διάβρωση. Διακρίνονται δύο κατηγορίες, η βραχυπρόθεσμη και η μακροπρόθεσμη διάβρωση. Η βραχυπρόθεσμη διάβρωση, παρατηρείται μετά από ακραία καιρικά φαινόμενα και συνήθως αποκαθίσταται φυσικά. Σε αντίθεση, η μακροπρόθεσμη διάβρωση οδηγεί σε μόνιμη υποχώρηση της ακτής (Doukakis E. et al., 2005) με κύριο αιτία την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Αναφορικά με τις ανθρωπογενείς πιέσεις που προκαλούν τη διάβρωση, κυριότερες αυτών είναι οι παράκτιες κατασκευές, η κατασκευή φραγμάτων ανάντη των ακτών για την οριοθέτηση των ποταμών, η εξόρυξη άμμου, η άντληση των υπόγειων νερών, που συμβάλλουν στην καθίζηση του εδάφους, η βυθοκόρηση και η καταστροφή της βλάστησης. Κατασκευές όπως τα λιμάνια, οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας (αιολικά πάρκα), οι μαρίνες αλλά και τα τουριστικά θέρετρα αποτελούν κύριες ανθρωπογενείς πιέσεις της παράκτιας διάβρωσης. Παρόλα αυτά, η διάβρωση οφείλεται κυρίως στα αυξημένα ύψη κύματος και στη μεγάλη ισχύ των θαλάσσιων ρευμάτων. Τα ακραία φαινόμενα ενισχύουν τα παράκτια ρεύματα και οδηγούν σε απώλεια εδαφών με ταχύτερους ρυθμούς (Doukakis E. et al., 2005). Η εγκάρσια προς την ακτή ορμή του κυματισμού

απορροφάται από τη θραύση ενώ η περίσσεια ορμής παράλληλα προς την ακτή διαμορφώνει το παράκτιο ρεύμα.

Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν ένα πολύπλοκο σύστημα υποβαλλόμενο στις δυνάμεις της φύσης και του ανθρώπου και ως μέρους του φυσικού περιβάλλοντος πλήττονται ήδη από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, ως απόρροια της κλιματικής αλλαγής πρόκειται να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στην παράκτια ζώνη, όπως:

- Η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής,
- Οι παράκτιες πλημμύρες και οι καταιγίδες,
- Η υφαλμύρωση των παράκτιων υδροφορέων και η αύξηση της αλατότητας ,
- Η ένταση του φαινομένου της παράκτιας διάβρωσης,
- Η αλλοίωση των παράκτιων υγροβιότοπων και
- Η αστοχία των τεχνικών παράκτιων έργων.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, η προστασία και ορθή διαχείριση των ακτών, αλλά και συνολικά της παράκτιας ζώνης κρίνεται άμεσα αναγκαία. Στη βιβλιογραφία, η μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παράκτια ζώνη, η ευπάθεια αυτής και η παρουσίαση νέων μέτρων προστασίας της αποτελεί σύγχρονο και εξελισσόμενο αντικείμενο έρευνας.

2.4.3 Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης

Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης ορίζεται μία δυναμική διαδικασία με σκοπό την αειφόρο διαχείριση και χρήση των παράκτιων ζωνών, κατά την οποία λαμβάνονται ταυτόχρονα υπόψη η ευπαθής φύση των παράκτιων οικοσυστημάτων και τοπίων, η ποικιλομορφία των δραστηριοτήτων και χρήσεων, οι αλληλεπιδράσεις της και ο αντίκτυπός της στο θαλάσσιο και χερσαίο περιβάλλον. Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης αποτελεί τη στρατηγική για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση σχεδιασμού λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη με τρόπο συμμετοχικό στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Βάσει του Άρθρου 69, στόχος της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης της Παράκτιας Ζώνης είναι η εφαρμογή της ολοκληρωμένης πρακτικής διαχείρισης του πολυσύνθετου βιολογικού, γεωφυσικού, αισθητικού, κοινωνικού, πολιτισμικού και οικονομικού πλούτου, κεφαλαίου και αποθέματος για την εξασφάλιση της

αιεφορίας (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Άρθρο 69, 2014). Στο ίδιο άρθρο αναφέρεται ότι η διαχείριση του παράκτιου χώρου περιλαμβάνει και τη μεταβατική παράκτια θαλάσσια ζώνη, η οποία αναφέρεται στα θαλάσσια ύδατα, τον πυθμένα και το υπέδαφος, ώστε να είναι ολοκληρωμένη.

Καθίσταται σαφές ότι η παράκτια ζώνη απαιτεί ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης (Integrated Coastal Management) (Ehler, C. N. et al., 2003) το οποίο θα απασχολεί ένα ευρύ φάσμα επιστημόνων σε συνεχή συνεργασία των κρατικών οργάνων και των πολιτών. Οι ακτές, όπως κάθε υδατικό σύστημα, εξαρτώνται από οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνιστώσες. Σημαντικό νομικό εργαλείο αποτελεί το Πρωτόκολλο Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιων Περιοχών, ως μέρος της Σύμβασης της Βαρκελώνης του Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών και είναι το πρώτο διεθνές νομικό εργαλείο, για την αειφόρο διαχείριση των παράκτιων ζωνών. Υπογράφηκε στις 16 Φεβρουαρίου 1976 και τροποποιήθηκε στις 10 Ιουνίου 1995. Η Σύμβαση άρχισε να ισχύει τον Ιούλιο του 2004 κι ο στόχος της ήταν η διαχείριση των παράκτιων φυσικών οικοτόπων και η διαφύλαξη της βιοποικιλότητας.

«Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο Ο.Δ.Π. ορίζεται η δυναμική διαδικασία για την αειφόρο διαχείριση και χρήση των παράκτιων ζωνών, λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλία των χρήσεων και των δραστηριοτήτων και τις επιπτώσεις τους στο θαλάσσιο περιβάλλον.» (ΥΠΕΝ, 2011)

Βασικά στοιχεία της Ο.Δ.Π.Ζ. είναι:

- Η προστασία και αειφόρος χρήση των παράκτιων ζωνών,
- Η διαφύλαξη των φυσικών πόρων από τις οικονομικές δραστηριότητες (γεωργία, βιομηχανία, αλιεία, υδατοκαλλιέργεια, τουρισμός, υποδομές, θαλάσσιες δραστηριότητες),
- Η προστασία των λειτουργιών των παράκτιων οικοσυστημάτων,
- Η διατήρηση και προστασία της πολιτιστικής και αρχαιολογικής κληρονομιάς των παράκτιων ζωνών,
- Η εξασφάλιση αποτελεσματικής συμμετοχής όλων των ενδιαφερομένων μερών,
- Η ευαισθητοποίηση, η εκπαίδευση και η έρευνα.

Σε αυτό το πλαίσιο, υιοθετούνται πλέον ηπιότερες και περιβαλλοντικά αποδεκτές μορφές έργων, με γνώμονα την προστασία του οικοσυστήματος, αλλά και της πανίδας και της χλωρίδας που

φιλοξενεί η εκάστοτε ακτή. Η ορθή εφαρμογή των σχεδίων της ΟΔΠΖ προστατεύει τις θαλάσσιες διεργασίες, αλλά και τις ανθρώπινες δραστηριότητες που θα μπορούσαν να εκλείψουν (Moreno A. et al., 2009). Η έλλειψη ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης, η ανεπαρκής νομοθεσία, η επιστημονική άγνοια των προηγούμενων δεκαετιών και η ένταση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής οδήγησαν στην επιβάρυνση των ακτών με ρυπαντικό φορτίο, στην οπισθοχώρηση της ακτογραμμής και έθεσαν σε κίνδυνο την παράκτια βιοποικιλότητα.

2.5 Κλιματική Αλλαγή & Λιμενικές Υποδομές

2.5.1 Οι Λιμένες στην Παγκόσμια Οικονομία

Το **λιμάνι** είναι το κομμάτι εκείνο της ακτής ειδικά διαμορφωμένο, όπου τα πλοία μπορούν να ελλιμενιστούν και να μεταφέρουν άτομα ή φορτία από και προς τη ξηρά (Dwarakish G. S. et al., 2015). Από την αρχαιότητα ακόμη, οι λιμένες διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στην οικονομική ζωή της πόλης που αναπτύσσεται γύρω τους (Nicholls R. J. et al., 2007, Becker A. et al., 2013). Πολλές φορές η ιδιαίτερη γεωφυσική και στρατηγική τους θέση συνέβαλλε σε μεγάλες κοινωνικές, πολιτισμικές και ιστορικές αλλαγές. Ανέκαθεν τα λιμάνια αποτελούσαν κόμβους για το εμπόριο και τον τουρισμό και βασικό παράμετρο για την εθνική οικονομία. Η σημασία των λιμένων στη διεθνή οικονομία θα συνεχίσει να αυξάνεται (Levinson M. et al., 2016). Σήμερα, τα λιμάνια χαρακτηρίζονται ως πολύπλοκα συστήματα που διαφέρουν μεταξύ τους στο μέγεθος και το είδος των δραστηριοτήτων τους. Η λειτουργία και η ανάπτυξή τους δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας. Συμβάλουν στην εθνική οικονομία, με την προϋπόθεση ότι υφίσταται ένα οργανωμένο σχέδιο της πολιτείας για την ανάπτυξη της χώρας και την υποστήριξη της μεταφορικής υποδομής, δηλαδή ένα ολοκληρωμένο εθνικό λιμενικό σύστημα. Οι νέες και ολοένα αυξανόμενες λιμενικές εγκαταστάσεις οφείλουν να είναι σε θέση να ανταποκριθούν από τη μία πλευρά στις σύγχρονες απαιτήσεις των νέων εξειδικευμένων πλοίων, του μοναδοποιημένου φορτίου και της ταχείας φορτοεκφόρτωσης, και από την άλλη στις συνήθεις ανάγκες του εξωτερικού και εσωτερικού εμπορίου της χώρας.

Η επιλογή της τοποθεσίας τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, με κύριο στόχο τη βελτιστοποίηση της πρόσβασης και της ζήτησης για τις μεταφορές αλλά και την προστασία των πλοίων από τα κυματικά μέτωπα. Η προστασία αυτή προσφέρεται συχνά από την ίδια τη φύση

εξαιτίας της γεωγραφικής διαμόρφωσης του λιμενικού χώρου (π.χ. μυχός κλειστού κόλπου). Σε αυτήν την περίπτωση, του φυσικού δηλαδή λιμένα, δεν απαιτούνται ιδιαίτερα τεχνικά έργα. Ωστόσο, συνήθως η κατασκευή προστατευτικών τεχνικών έργων κρίνεται απαραίτητη και τότε ο λιμένας χαρακτηρίζεται ως τεχνητός. Στην Ελλάδα υπάρχουν περισσότερες από 1.100 λιμενικές εγκαταστάσεις όλων των ειδών και κατηγοριών. Όσον αφορά την κατηγοριοποίηση των λιμένων με βάση το είδος των πλοίων που εξυπηρετούν διακρίνονται σε: εμπορικούς, επιβατικούς, πολεμικούς, αλιευτικούς, τουριστικούς (μαρίνες), σε ειδικές εγκαταστάσεις και τερματικούς σταθμούς εξυπηρέτησης πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, τύπου Ro-Ro κτλ., αλλά και σε μεικτούς λιμένες. Σκοπός όλων είναι η ασφαλής αγκυροβόληση των πλοίων και η άμεση και ταχεία εξυπηρέτηση των αναγκών της εκάστοτε χρήσης.

Οι λιμένες αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά τεχνικά έργα για τον άνθρωπο και είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της τοπικής, εθνικής αλλά και της παγκόσμιας οικονομίας (Becker A. et al., 2012), ενώνοντας τις αγορές διαφορετικών κοινωνιών του κόσμου (Ng, A. K. et al., 2013) και δημιουργώντας δρόμους σύνδεσης των ανθρώπων και των πολιτισμών. Εκτός από τον καθοριστικό τους ρόλο στο θαλάσσιο εμπόριο, οι λιμένες συχνά αλληλεξαρτώνται από παρακείμενα έργα, αεροδρόμια, γέφυρες αλλά και εγκαταστάσεις ψυχαγωγίας (Messner S. et al., 2013). Επομένως, οι ταχέως μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες και οι επικίνδυνες επιπτώσεις τους δε δίνουν πλέον το περιθώριο αμφισβήτησης προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (Zhang H. et al., 2017). Η αδυναμία προσαρμογής των λιμένων στις νέες συνθήκες θέτει ένα καίριο σύγχρονο πρόβλημα (Yang Z. et al., 2017). Κάθε λιμάνι λειτουργεί σαν ένας ζωντανός οργανισμός, συνεχώς εξελισσόμενου και δυναμικού χαρακτήρα, με στόχο την ευέλικτη ανταπόκριση στις σχεδόν καθημερινά μεταβαλλόμενες εξωτερικές συνθήκες, π.χ. τις νέες μορφές πλοίων, στα σύγχρονα είδη φορτωτικών μηχανημάτων, τις διαφαινόμενες τάσεις του τοπικού και διεθνούς εμπορίου και τις νέες πολιτικές και οικονομικές εξελίξεις. Για το λόγο αυτό, το λιμενικό σύστημα βρίσκεται σε καθεστώς συνεχούς επέκτασης και βελτίωσης.

2.5.2 Οι Συνέπειες της Κλιματικής Αλλαγής στους Λιμένες

Οι λιμένες αποτελούν σημαντική οικονομική συνιστώσα τόσο σε τοπική, όσο και εθνική και διεθνή κλίμακα (Becker A. et al., 2018), αφού περίπου το 80% του παγκόσμιου εμπορίου διενεργείται δια θαλάσσης (Becker A. et al., 2013). Οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σήμερα στα σύγχρονα λιμάνια έχουν εξελιχθεί και διαφοροποιηθεί τόσο, ώστε, να μην αρκεί μία απλή ερμηνεία να αποτυπώσει την πολυπλοκότητα των λειτουργιών τους (Chhetri P. et al., 2015). Λειτουργούν ως κρίσιμοι κόμβοι μεταξύ των τοπικών και διεθνών αγορών (Chhetri P. et al., 2015), επιτρέποντας τη μεταφορά και ανταλλαγή αγαθών (Izaguirre C. et al., 2020) ενώ παράλληλα προσφέρουν χιλιάδες θέσεις εργασίας. Λόγω της χωροθέτησής τους, τα λιμενικά έργα είναι οι κύριες παράκτιες κατασκευές που πλήττονται άμεσα από τις αλλαγές του κλίματος, που σχετίζονται με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και την ένταση των καιρικών φαινομένων (Becker A. et al., 2013, Messner S. et al., 2013, Chhetri P. et al., 2015, Izaguirre C. et al., 2020), ενώ οι παράκτιες πόλεις αντιμετωπίζουν μεγάλες προκλήσεις στη διαχείριση της έκθεσής τους στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Nicholls R. J. et al., 2007). Πέραν των φυσικών μεταβολών, η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει το ευρύτερο παράκτιο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένων των χημικών αλλαγών (οξίνιση των ωκεανών), των βιολογικών αλλαγών (κατανομή των ειδών), αλλά και τον τρόπο που τελικά οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τους φυσικούς πόρους (Messner S. et al., 2013)

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής επηρεάζουν τις υποδομές και τη λειτουργία ενός λιμένα, ενώ μακροπρόθεσμα δύναται να μεταβάλλουν, γενικότερα, τις σταθερές του κλάδου της ναυτιλίας. Η έκθεση της IFC (International Finance Corporation), το 2011, προσδιορίζει πέντε κύριες συνιστώσες της λειτουργίας των λιμένων που εκτίθενται σε κίνδυνο, περιλαμβάνοντας: 1. Υψηλό επίπεδο έκθεσης των λιμενικών δραστηριοτήτων στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας και στα ακραία κλιματικά φαινόμενα, 2. Δυσκολία ή/και διακοπή στο χειρισμό των μηχανημάτων και στη φόρτωση/εκφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων, 3. Διαταραχές στη μεταφορά και την αποθήκευση των κλιματικά ευαίσθητων προϊόντων (π.χ. γεωργικά προϊόντα ή καύσιμα), 4. Υψηλή ευαισθησία των μεταφορικών υποδομών και, 5. Υψηλή τρωτότητα των λιμένων σε προβλήματα παροχής ηλεκτρισμού ή νερού.

Η άνοδος της μέσης παγκόσμιας στάθμης εκτιμάται ότι αυξάνεται κατά 1-2 χιλιοστά/έτος (Bindoff N. L. et al., 2007), ενώ σύμφωνα με την έκθεση της IPCC υπολογίζεται ότι μέχρι το 2090, η

παγκόσμια στάθμη της θάλασσας θα βρίσκεται κατά 0,22-0,44 m πάνω από το επίπεδο που είχε το 1990. Η **άνοδος της στάθμης της θάλασσας** οδηγεί στην αύξηση της κυματικής υπερπήδησης μεταβάλλοντας τις συνθήκες στο εσωτερικό της λιμενολεκάνης. Η μεταβολή του ύψους κύματος που εισέρχεται στη λιμενολεκάνη διαταράσσει τις συνθήκες που επικρατούν. Γι' αυτό το λόγο, απαιτείται παρακολούθηση και έλεγχος των εκάστοτε λιμενικών υποδομών, αλλά και εκτίμηση της συνολικής επίπτωσης. Η διαταραχή εντός λιμενολεκάνης δυσχεραίνει την ασφαλή παραβολή των πλοίων, τη φορτοεκφόρτωση των εμπορευμάτων και τη μεταφορά των επιβατών. Το εύρος των προβλέψεων για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας προσθέτει προκλήσεις στο σχεδιασμό των λιμένων και στη διαχείρισή τους από τους Φορείς (Messner S. et al., 2013).

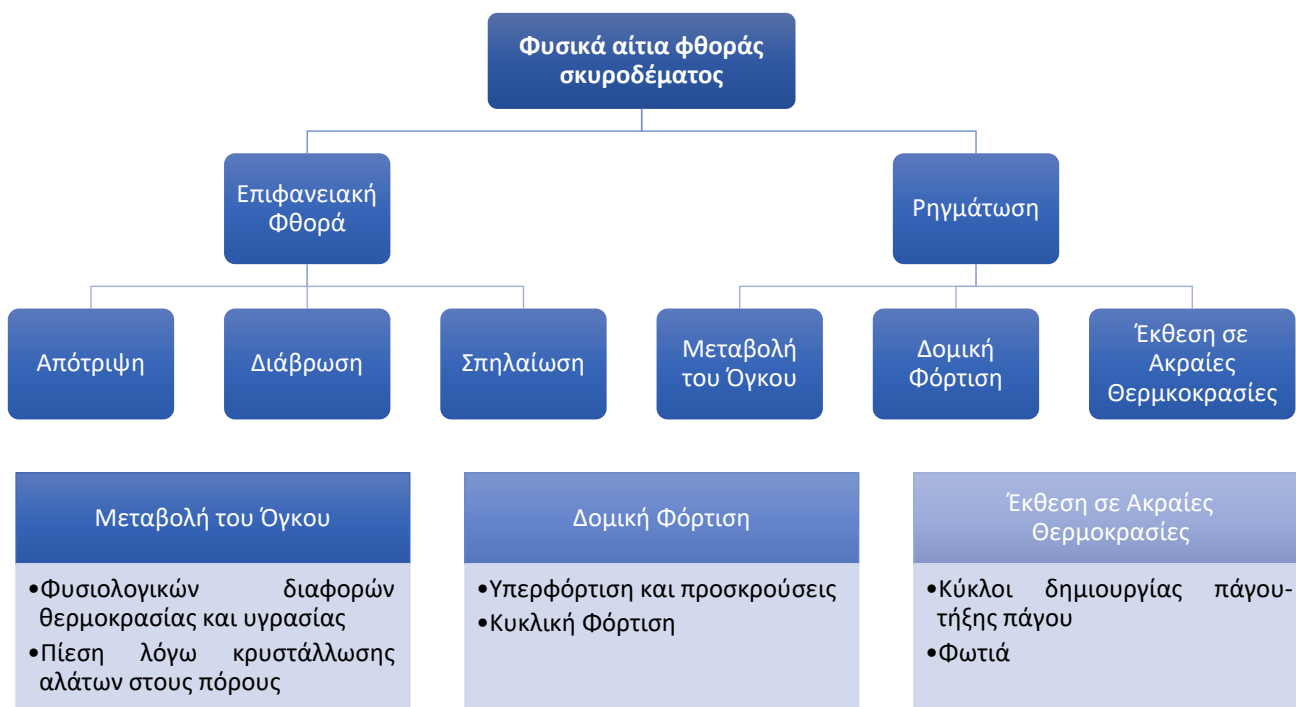
Παράλληλα, η πιο **συχνή εμφάνιση έντονων καιρικών φαινομένων** απειλούν την ευστάθεια των έργων (Christodoulou A. et al., 2019), λόγω συνεχούς πρόσπτωσης κυματισμών με μεγαλύτερα ύψη. Σε αυτό το πλαίσιο, θα πρέπει να μελετηθεί η ευστάθεια των έργων στις νέες καταπονήσεις, ώστε να αποφευχθούν τυχόν αστοχίες. Τα έντονα καιρικά φαινόμενα (καταιγίδες, υψηλά κυματικά μέτωπα, άνεμος) δύναται να επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις στη κανονική λειτουργία των μεταφορών (εικόνα 8 – επιπτώσεις λόγω ακραίων φαινομένων), τόσο των ατόμων όσο και των φορτίων. Καιρικά φαινόμενα, όπως ο τυφώνας Κατρίνα, ήταν η αιτία σημαντικών οικονομικών και περιβαλλοντικών καταστροφών ύψους 100 εκατομμυρίων δολαρίων στο λιμάνι του Μισισσιπή (Becker A. et al., 2013). Κάθε μεταβολή ή δυσχέρεια στην εφοδιαστική αλυσίδα έχει επίδραση στην εθνική οικονομία (Chhetri P. et al., 2015). Σε περίπτωση έντονης καταιγίδας, ένα μεγάλο εύρος ενδιαφερόμενων μερών θα υποστεί συνέπειες από τη διακοπή της λειτουργίας του (Becker A. et al., 2013). Είναι πλέον σημαντικό να αναπτυχθεί μία χωρική μεθοδολογία ικανή να χαρτογραφήσει τους κινδύνους που σχετίζονται με τις κλιματικές επιπτώσεις στους λιμένες (Chhetri P. et al., 2015).



Εικόνα 8 Αριστερά: Λιμένας Ευδήλου, Ικαρίας έπειτα από έντονα καιρικά φαινόμενα – Ιανουάριος 2018 (πηγή: <https://www.ertnews.gr/>), Δεξιά: Λιμένας Κυπαρισσίας, – Νοέμβριος 2021 (πηγή: <https://eleftheriaonline.gr/>).

Σε συνέχεια όσων αναφέρθηκαν, η ανάπτυξη ισχυρότερων ρευμάτων οδηγεί στη **συσσώρευση φερτών υλικών** στη λιμενολεκάνη ή στο διάυλο ναυσιπλοΐας, εμποδίζοντας την ασφαλή διέλευση πλοίων μεγάλου βυθίσματος. Το φαινόμενο συναντάται και στις περιπτώσεις, όπου στην ευρύτερη παράκτια περιοχή υπάρχουν εκβολές ποταμών (ή ακόμη και μικρότερων ρεμάτων). Μεγάλοι όγκοι φερτών υλικών φράσουν λειτουργικά μέρη του λιμένα, απαιτώντας βυθοκορήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα και συνεχή έλεγχο. Η όλη διαδικασία της βυθοκόρησης μπορεί να διακριθεί σε τρεις φάσεις: εκσκαφή, μεταφορά και απόθεση των βυθοκορημάτων (Μέμος Κ., 2013). Είναι γεγονός ότι η συσσώρευση των φερτών μπορεί να προέλθει και από τη στεριά λόγω της έντονης απορροής όμβριων υδάτων. Κατά τη διάρκεια έντονων καταιγίδων, είναι πιθανή η δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων κατά μήκος των κρηπιδωμάτων, με αποτέλεσμα ο λιμένας να καθίσταται μη λειτουργικός. Οι παράκτιες απορροές, μετά από έντονες καταιγίδες, συντελούν στη ρύπανση του εσωτερικού του λιμένα με βαρέα μέταλλα και άλλες ουσίες.

Η **μεταβολή της οξύτητας της θάλασσας** ενδέχεται να επιφέρει διάβρωση των έργων και των υλικών κατασκευής και σημαντικές συνέπειες στα έμβια όντα των ωκεανών, όπως τους κοραλλιογενείς υφάλους (Comeau S. et al., 2019). Η οξίνιση των ωκεανών προκαλείται από την απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) από την ατμόσφαιρα της Γης. Το θαλασσινό νερό διαθέτει ρυθμιστικούς μηχανισμούς για την εξουδετέρωση αυτής της οξύτητας (NOAA, 2020). Ωστόσο, καθώς αυξάνεται η απελευθέρωση των επιβλαβών αερίων (καύση ορυκτών, αποψίλωση δασών, κτλ.), μειώνεται η αποτελεσματικότητα απορρόφησης του διοξειδίου του άνθρακα από τους ωκεανούς. Στην έκθεση της IPCC προβλέπεται ότι μέχρι το τέλος του αιώνα, αν δε μετριάσουν οι ανθρωπογενείς εκπομπές, το pH των ωκεανών θα μειωθεί έως και 0,5 μονάδες (φυσιολογική τιμή $\text{pH}_{\omega\kappa\epsilon\alpha\upsilon\omega\acute{\nu}} = 7,9 < 8,2 < 8,5$, ελαφρώς αλκαλικό). Σε αντίθεση με τα φυσικά πετρώματα και τα ορυκτά, το σκυρόδεμα των κατασκευών (κρηπιδωμάτων κτλ.) είναι ουσιαστικά ένα αλκαλικό υλικό, επειδή όλες οι ενώσεις ασβεστίου που αποτελούν το προϊόν ενυδάτωσης του τσιμέντου Portland είναι αλκαλικές. Επομένως, τα όξινα νερά είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για το σκυρόδεμα (Mehta P. K. & Monteiro P. J., 2014). Ο ρυθμός διάβρωσης που προκαλείται μεταβάλλεται και εξαρτάται από τις εκάστοτε συνθήκες έκθεσης (Stewart M. G. et al., 2011).

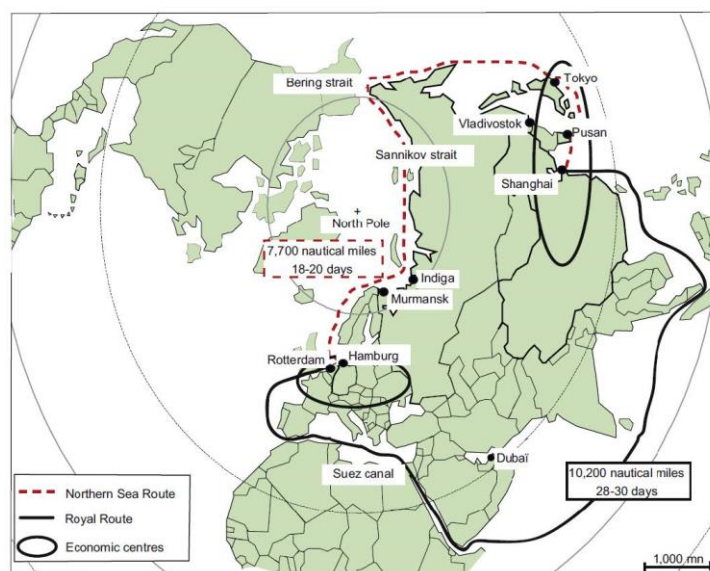


Εικόνα 9 Φυσικές αιτίες φθοράς σκυροδέματος (πηγή: Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2014). Concrete: microstructure, properties, and materials. McGraw-Hill Education).

Στα πορώδη στερεά, το νερό είναι το αίτιο πολλών τύπων φυσικών διαδικασιών αποσταθεροποίησης, ενώ παράλληλα μπορεί να είναι πηγή χημικών διαδικασιών αποσάθρωσης. Ο ρυθμός της φθοράς εξαρτάται από το εάν η χημική προσβολή περιορίζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος ή συμβαίνει μέσα στο ίδιο το υλικό. Ο ρυθμός της φθοράς επηρεάζεται από το είδος και τη συγκέντρωση των ιόντων που υπάρχουν στο νερό και από τη χημική σύνθεση του στερεού. Παράλληλα, η αυξημένη συγκέντρωση CO_2 αποτελεί μία από τις κύριες αιτίες διάβρωσης του οπλισμού των μεγάλων τεχνικών έργων (Stewart M. G. et al., 2011). Προοδευτική απώλεια μάζας από μια επιφάνεια σκυροδέματος μπορεί να εμφανιστεί λόγω απότριψης, διάβρωσης ή/και σπηλαιώσης. Τα φαινόμενα διάβρωσης και σπηλαιώσης πλήττουν κυρίως υδραυλικές κατασκευές (Mehta P. K. & Monteiro P. J., 2014). Η διάβρωση του σκυροδέματος των λιμενικών έργων απαιτεί τεχνικές συντήρησης και συνεχείς ελέγχους αντοχής των υλικών, αυξάνοντας το κόστος επισκευής (Nursey-Bray M. et al., 2013, Stewart M. G. et al., 2011).

Η κλιματική αλλαγή έχει επηρεάσει όλες τις περιοχές του πλανήτη, κάποιες σε μεγαλύτερο και κάποιες σε μικρότερο βαθμό. Πέραν όσων αναφέρθηκαν, ως άμεσες συνέπειες της κλιματικής

αλλαγής στις λιμενικές υποδομές, αναγνωρίζονται και έμμεσες συνέπειες στο σύνολο της αλυσίδας του κλάδου της ναυτιλίας που χρησιμοποιεί τους λιμένες ως κόμβους μεταφοράς. Η χρονική περίοδος από το 1983 μέχρι το 2012 ήταν η πιο θερμή 30ετία των τελευταίων 800 ετών βάσει της έκθεσης της IPCC, 2018. Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των πάγων της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής. Το φαινόμενο εντείνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, με ρυθμό μείωσης της επιφάνειας των παγόβουνων ανά δεκαετία για τα έτη 1979-2018, -12,8% (IPCC, 2018). Καθώς λοιπόν, μεταβάλλονται οι συνθήκες στο Βόρειο Ημισφαίριο του πλανήτη, γεννάται το ερώτημα εάν είναι εφικτή η δημιουργία **νέων θαλάσσιων περασμάτων**.



Εικόνα 10 Το Βόρειο Θαλάσσιο Πέρασμα & η διαδρομή μέσω της Διώρυγας του Σουέζ (πηγή: Verny, J., & Grigentin, C. (2009). Container shipping on the northern sea route. *International Journal of Production Economics*, 122(1), 107-117).

Από το 1991 μελετώνται νέες πιθανές διαδρομές στην παγκόσμια ναυτιλία, μία από αυτές είναι το Βόρειο Θαλάσσιο Πέρασμα (Brubaker R.D. & Ragner C.L., 2010). Το Βόρειο Θαλάσσιο Πέρασμα αποτελεί την πιο σύντομη απόσταση μεταξύ της Βόρειας Ευρώπης και της Βορειοανατολικής Ασίας και πρόκειται για την ένωση του Ατλαντικού και του Ειρηνικού Ωκεανού (Verny J. & Grigentin C., 2009).

Το μέγεθος των πλοίων δεν αποτελεί περιορισμό για τη διέλευσή τους από το Βόρειο Πέρασμα, όπως ισχύει στις περιπτώσεις κάποιας διώρυγας (Παναμά ή Σουέζ). Παράλληλα, μειώνεται ο χρόνος πλεύσης (πιο σύντομη διαδρομή), με αποτέλεσμα να μειώνεται και η κατανάλωση του καυσίμου. Στις νέες αυτές διαδρομές δεν δημιουργούνται προβλήματα αναφορικά με την κίνηση

των πλοίων, λόγω πιθανής συσσώρευσης τους στην είσοδο και την έξοδο κάποιας διώρυγας. Ωστόσο, για την πλεύση ενός πλοίου από το Βόρειο Θαλάσσιο Πέρασμα είναι απαραίτητη η πιστοποίησή του για πλεύση σε παγωμένα νερά, το οποίο εκφράζεται με τον όρο ice class. Συγκριτικά με ένα συμβατικό πλοίο, φέρει ενισχυμένη κατασκευή για την προστασία του από τον πάγο. Η διαδρομή εγκυμονεί κινδύνους λόγω των ακραίων φαινομένων (ισχυροί άνεμοι, ομίχλη, παγόβουνα ή κομμάτια πάγου που λιώνουν και είναι ασταθή) (Berglund R., 2007), ενώ για περίπου 2.500 ναυτικά μίλια κατά μήκος της ακτογραμμής της Σιβηρίας πρόκειται για ακατοίκητη περιοχή. Απαιτείται ιδιαίτερη εκπαίδευση του πληρώματος, ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί σε αυτές τις συνθήκες, ενώ για την ασφαλή πλεύση θα πρέπει να προπορεύεται ένα πλοίο παγοθραυστικό, το οποίο θα έχει το ρόλο του πλοηγού.

Οι πάγοι της Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας λιώνουν, ως συνέπεια του φαινομένου του θερμοκηπίου, δημιουργώντας ένα νέο θαλάσσιο δρόμο, μεταβάλλοντας τις συνθήκες στην παγκόσμια ναυτιλία. Από τη στιγμή που το Βόρειο Θαλάσσιο Πέρασμα θεωρηθεί εμπορευματοποιήσιμο, δύναται να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στα έως τώρα δεδομένα του θαλάσσιου εμπορίου. Προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία η συγκεκριμένη διαδρομή, είναι απαραίτητο να κατασκευαστούν λιμένες, τερματικοί σταθμοί εμπορευματοκιβωτίων και άλλες απαραίτητες εγκαταστάσεις κατά μήκος της Σιβηρικής ακτογραμμής. Θα απαιτηθεί ιδιαίτερη ανάλυση, έρευνα και πλήθος κριτηρίων για την επιλογή του Βόρειου Θαλάσσιου Πέρασματος ως νέα θαλάσσια διαδρομή, διότι μετατοπίζει τη ναυτιλιακή αγορά και μεταβάλλει τα μεγάλα, μέχρι σήμερα, λιμενικά εμπορικά κέντρα. Η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από συνεχείς μεταβολές και η κλιματική αλλαγή δε δύναται να επηρεάσει μόνο το λιμάνι, ως τεχνικό έργο, αλλά και τη συνολική λειτουργία, την ναυτιλιακή αγορά και τις μεταφορές.

2.5.3 Προσαρμογή και Αντιμετώπιση των Επιπτώσεων

Ο σχεδιασμός των λιμένων τις προηγούμενες δεκαετίες ενδέχεται να μη θέτει ως προτεραιότητα τους κινδύνους και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Wang T. et al., 2014), αφού τα λιμενικά έργα σχεδιάζονται με διάρκεια ζωής 30-50 χρόνια. Παρόλα αυτά, τέτοιου είδους υποδομές, όπως οι δρόμοι και οι γέφυρες αποτελούν θεμελιώδη έργα και η διάρκεια ζωής τους παρατείνεται. Τα έργα που κατασκευάζονται σήμερα θα παραμείνουν καθώς οι κλιματικές συνθήκες αλλάζουν στο

πέρας του αιώνα (Becker A. et al., 2012). Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, προτείνεται η **προσαρμογή** (adaptation) των λιμένων στα διάφορα μέρη του κόσμου. Στην έκθεση της PIANC, 2020 η προσαρμογή αφορά τη διαδικασία εναρμόνισης με τις παρούσες ή προβλεπόμενες κλιματικές συνθήκες και τις επιπτώσεις αυτών. Παράλληλα, η ενίσχυση της **ανθεκτικότητάς** τους (resilience) έναντι των έντονων καιρικών φαινομένων κρίνεται ζωτικής σημασίας (Becker A. et al., 2013). Το σύνολο των μέτρων και δράσεων προσαρμογής των τεχνικών έργων στις νέες κλιματικές συνθήκες περιγράφεται με τη γενική ονομασία «κλιματική προσαρμογή» (adaptation planning ή adaptation strategy).

Η ανάγκη για τεκμηριωμένη επιστημονική γνώση κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού είναι επιτακτική ανάγκη. Οι κυβερνήσεις, οι τοπικοί οργανισμοί, οι ανάδοχοι έργων και οι φορείς διαχείρισης οφείλουν να ενεργούν συλλογικά στη λήψη αποφάσεων, αποβάλλοντας τα προσωπικά οφέλη και αποφεύγοντας τις συγκρούσεις. Οι συγκρούσεις συμφερόντων καθιστούν δύσκολη τη διαδικασία ανταλλαγής απόψεων έως την τελική υλοποίηση των έργων (Zhang H. et al., 2017). Η ανάγκη για ολοκληρωμένα σχέδια διαχείρισης και προσαρμογής των λιμενικών έργων στην κλιματική αλλαγή αναγνωρίζεται σε παγκόσμια κλίμακα. Αποδεικνύεται ότι τα οφέλη του σωστού και πρόωρου σχεδιασμού είναι πολλαπλά, τόσο για το ίδιο το έργο αλλά και την κοινωνία (Hanson S. et al., 2011). Η συνεργασία της επιστημονικής κοινότητας, με την παροχή πληροφοριών για την αλλαγή του κλίματος, και των λιμενολόγων αποτελεί πρόκληση, ώστε να διασφαλιστεί η βέλτιστη λήψη αποφάσεων (Becker A. et al., 2012).

Κάθε λιμένας αποτελεί ένα ξεχωριστό σύστημα και ο Φορέας που το διαχειρίζεται οφείλει να εξετάσει και να ιεραρχήσει τα προβλήματα που αντιμετωπίζει, ώστε να συνεχίσει να επιβιώνει οικονομικά (Yang Z. et al., 2017). Οι αποφάσεις για τη λειτουργία ενός λιμένα, πρέπει να αφορούν τόσο τις δραστηριότητες εντός αυτού αλλά και τις οικονομικές δραστηριότητες που εξαρτώνται από αυτόν (Becker A. et al, 2012). Ο πλήρης προσδιορισμός των ενδιαφερόμενων μερών, η δημιουργία καναλιών διαλόγου μεταξύ των μηχανικών, των επενδυτών, των επιστημόνων, των φορέων αλλά των περιφερειακών αρχών είναι ένα κρίσιμο βήμα (Becker A. et al, 2013). Οι Στρατηγικές Προσαρμογής των λιμένων στις νέες συνθήκες διαχωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες, περιλαμβάνοντας κατασκευαστικές και λειτουργικές μεθόδους:

1. Στρατηγικές Προστασίας, πρόκειται για έργα που σκοπό έχουν να θωρακίσουν τον λιμένα και να αποτρέψουν την κατάκλιση των χώρων του από τα θαλάσσια ύδατα. Αφορούν άμεσες τεχνικές παρεμβάσεις όπως, η αναβάθμιση κυματοθραυστών με την προσθήκη προφυλακτηρίου τοίχου ή την επαναδιαμόρφωση των πρανών, ή η τοποθέτηση προσωρινών (σάκοι με άμμο) ή ημιμόνιμων ή μόνιμων φραγμάτων (τοιχία από οπλισμένο σκυρόδεμα ή αναβαθμούς) για τη προστασία του έργου.
2. Στρατηγικές Διαχείρισης, πρόκειται για μικρότερης κλίμακας έργα που επιτρέπουν την έκθεση του λιμένα στις κλιματικές αλλαγές ελέγχοντας, ωστόσο, τους πιθανούς κινδύνους. Σε αυτού του είδους τις παρεμβάσεις εντάσσεται η εντατική συντήρηση των έργων και αντικατάσταση υλικών, όπου κρίνεται απαραίτητο, οι συνεχείς έλεγχοι των ογκολίθων των κυματοθραυστών και η διαχείριση της στερεοπαροχής με βυθοκορήσεις.
3. Στρατηγικές Απομάκρυνσης, πρόκειται για την τελευταία λύση, όπου κάθε άλλη επιλογή/παρέμβαση κρίνεται ως μη εφικτή και αφορά την κατάργηση του έργου από την τρέχουσα θέση του και την επανατοποθέτησή του. Σε αυτήν την περίπτωση, ο λιμένας καθίσταται πλήρως μη λειτουργικός χωρίς την ικανότητα να επανέλθει πλήρως ή/και μερικώς στην αρχική του κατάσταση, ώστε η κατάργηση και μεταφορά της λειτουργίας του να αποτελεί τη βέλτιστη λύση σε νέα ασφαλή θέση.

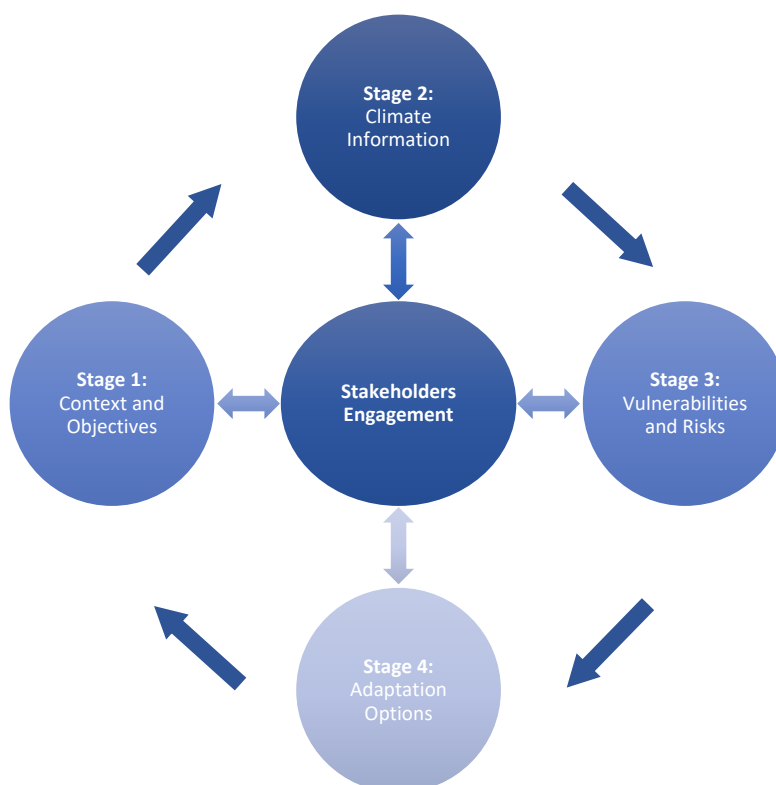
Η προσαρμογή περιλαμβάνει τόσο βραχυπρόθεσμο όσο και μακροπρόθεσμο σχεδιασμό, σκληρών ή ήπιων παρεμβάσεων (Becker A. et al., 2013). Οι σκληρές παρεμβάσεις (δηλ. τα τεχνικά έργα) έχουν ιδιαίτερο κόστος, τόσο οικονομικό όσο και σε ανθρώπινο δυναμικό. Οι παραπάνω στρατηγικές συναντούν ιδιαίτερη δυσκολία στην εφαρμογή τους, αφού οι λιμένες είναι ζωντανά συστήματα πολλαπλών χρήσεων και δραστηριοτήτων. Ενδεικτικά, από τη διεθνή βιβλιογραφία, έρευνες αποδεικνύουν ότι οι στρατηγικές προσαρμογής απαιτούν πολυκριτηριακή προσέγγιση και συμμετοχή των εκάστοτε κυβερνήσεων και υπευθύνων, ώστε να διαχειριστεί άμεσα ο σημερινός και μελλοντικός κίνδυνος έκθεσης στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Nicholls R. J. et al., 2007). Ο μηχανικός καλείται να προστατεύσει και να ενισχύσει τις παράκτιες υποδομές, αβέβαιος ως προς το χρόνο και την ένταση των φαινομένων που θα προκαλέσει η κλιματική αλλαγή. Οι αβεβαιότητες σε δεδομένα και προβλέψεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να αξιολογούνται. Υπό μελέτη βρίσκονται διαφορετικά σενάρια βαρύτητας μεταξύ του κόστους των έργων και της

μείωσης του κινδύνου, ενώ τελικά τα μέτρα προσαρμογής δείχνουν να μπορούν να μειώσουν σημαντικά τους κινδύνους.

Κάποια από τα μεγαλύτερα λιμάνια του κόσμου έχουν κάνει ήδη βήματα προς την προσαρμογή τους στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, προσφέροντας γνώση και δεδομένα για την ανάπτυξη της καλύτερης τεχνικής-παρέμβασης (Becker A. et al., 2013). Τα ενδιαφερόμενα μέρη του λιμένα του Ρότερνταμ ανέπτυξαν ένα σχέδιο προσαρμογής με στόχο την πλήρη θωράκιση της πόλης και των λειτουργιών του λιμένα μέχρι και το 2025 έναντι των κλιματικών συνεπειών, ώστε το Ρότερνταμ να παραμείνει ένα από τα πιο ασφαλή λιμάνια του κόσμου (Rotterdam Climate Proof, 2013). Για την αποτελεσματική ανταπόκριση των σχεδίων προσαρμογής στις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής απαιτείται οργάνωση, συλλογή δεδομένων, συνεχής παρακολούθηση και εστιασμένη έρευνα (Becker A. et al., 2013). Πολλές φορές, τα μέτρα που προτείνονται για τη θωράκιση των λιμένων, έναντι της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, οδηγούν σε ιδιαίτερη αύξηση του κόστους. Το παραπάνω οδηγεί στο αποτέλεσμα, να εξετάζονται εναλλακτικές μέθοδοι αρχικού περιορισμού των εκπομπών των αέριων του θερμοκηπίου (και άρα συνολική μείωση της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη και των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής), παρά να γίνεται απευθείας εφαρμογή τεχνικών μέτρων υψηλού κόστους (Esteban M. et al., 2020). Στο υψηλό κόστος, προστίθενται η μεγάλη αβεβαιότητα των σεναρίων των τελικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Τα σημαντικά ποσοστά αβεβαιότητας των βραχυπρόθεσμων κλιματικών συνεπειών δύναται να στηρίξουν, αρχικά, την ανάπτυξη στρατηγικών διαχείρισης κινδύνου που θα υποστηρίζουν τους γενικούς αναπτυξιακούς στόχους, και τελικά την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (Mertz O. et al., 2009).

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός PIANC (Permanent International Association Navigation Congresses) ιδρύθηκε το 1885 και μέχρι σήμερα παρέχει ένα σύνολο οδηγιών, τεχνικών προδιαγραφών και εκθέσεων για τη βιωσιμότητα των θαλάσσιων μεταφορών, των λιμενικών και πλωτών εγκαταστάσεων (<https://www.pianc.org/>). Το 2020, εκδόθηκε από τον Οργανισμό PIANC η έκθεση με αριθμό 178, η οποία παρέχει μία σύντομη εισαγωγή στις πιθανές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και εισάγει μία νέα μεθοδολογία τεσσάρων σταδίων για τη βέλτιστη προσαρμογή των λιμενικών και παράκτιων έργων στις παραπάνω επιπτώσεις. Στην ίδια έκθεση δίνονται δεκαέξι διεθνείς περιπτώσεις μελέτης έργων προσαρμογής προς ανάλυση και καθοδήγηση. Η ενίσχυση της

ανθεκτικότητας και η προσαρμογή ενός λιμένα ή μιας θαλάσσιας οδού στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δεν έγκειται μόνο στην ενίσχυση των τεχνικών υποδομών. Βάσει των εκάστοτε κινδύνων, αλλαγές στη λειτουργία ή τη διαχείριση μπορεί να είναι τελικά οικονομικά αποδοτικότερες (PIANC, 2020). Η οδηγία της PIANC εφαρμόζει τέσσερα βασικά βήματα (εικόνα 11) για το σχεδιασμό των πλάνων προσαρμογής, όπως δίνονται στο παρακάτω γράφημα.



Εικόνα 11 Τα τέσσερα στάδια του σχεδιασμού στρατηγικών προσαρμογής έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής όπως δίνονται στην έκθεση 178 του Οργανισμού της PIANC (πηγή: PIANC, *EnviCom WG Report no 178 – 2020, Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways*, ISBN 978-2-87223-001-3).

- Στάδιο 1: Περιλαμβάνει την πλήρη αναγνώριση των κρίσιμων παραμέτρων (identify critical assets), των ενδιαφερόμενων μερών ((identify relevant stakeholders), την ανάγκη σε δεδομένα (consider data needs) και θέτει τους στόχους (set goals) για έναν αποτελεσματικό σχεδιασμό.
- Στάδιο 2: Αποτελεί την ανάλυση των κλιματολογικών στοιχείων (establish climate information needs) και των συνεπειών από τα σενάρια της κλιματικής αλλαγής (explore possible future climate conditions).

- Στάδιο 3: Περιλαμβάνει τον υπολογισμό της τρωτότητας (vulnerability assessment), των διαφόρων δεικτών (agree on risk indicators and assess vulnerability) και της εκτίμηση των κινδύνων (risk analysis).
- Στάδιο 4: Τελική επιλογή των κατάλληλων μέτρων (use the portfolio of measures), σύνταξη (develop) και εφαρμογή (and impellent adaptation strategy) τεκμηριωμένης στρατηγικής προσαρμογής. (Η ορολογία για την περιγραφή των σταδίων δίνεται από την έκθεση PIANC, 2020.)

Η συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων μερών πραγματοποιείται σε κάθε βήμα του σχεδιασμού και είναι απαραίτητη για τη συλλογική λήψη δεδομένων, την εξέταση και ιεράρχηση των στόχων και των κινδύνων και την τελική επιλογή μέτρων. Οι έρευνες και οι μελέτες των διεθνών οργανισμών δημοσιεύονται με στόχο την καλύτερη προετοιμασία των φορέων διαχείρισης και τη σύνταξη ολοκληρωμένων σχεδίων προσαρμογής των λιμενικών και πλωτών έργων, ώστε να παραμείνουν βιώσιμα και λειτουργικά, με το μικρότερο δυνατό κόστος. Παράλληλα με τις στρατηγικές προσαρμογής (Climate Change Adaptation - CCA), πολλοί διεθνείς λιμένες αναπτύσσουν πολιτικές μετριασμού των επιπτώσεων (Climate Change Mitigation – CCM), π.χ. εφαρμόζοντας σχέδια μείωσης των εκπομπών CO₂. Η ανάπτυξη δράσεων κρίνεται επιτακτική, ενώ αποδεικνύεται ότι τόσο τα μέτρα προσαρμογής όσο και μετριασμού έχουν θετικό αντίκτυπο στον λιμένα που εφαρμόζονται (Jiank C. et al., 2020).

2.6 Ο Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός & Αρχές Εφαρμογής

2.6.1 Ένα Νομοθετημένο Εργαλείο

Η ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση για θαλάσσιο χώρο για διάφορους σκοπούς, όπως οι παράκτιες κατασκευές, τα τουριστικά θέρετρα, οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και δραστηριότητες θαλάσσιων μεταφορών και αλιείας, καθώς και οι πολλαπλές πιέσεις επί των παράκτιων πόρων απαιτούν μία ολοκληρωμένη προσέγγιση και συλλογικό σχεδιασμό. Στο παραπάνω πλαίσιο διαχείρισης του ωκεανού και της θαλάσσιας διακυβέρνησης αναπτύχθηκε η Ολοκληρωμένη Θαλάσσια Πολιτική για την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ο.Θ.Π.), περιβαλλοντικός πυλώνας

της οποίας αποτελεί η οδηγία 2008/56/ΕΚ. Ο όρος Ολοκληρωμένη Θαλάσσια Πολιτική εμφανίζεται στην ανακοίνωση της Ε.Ε. το 2007, γνωστή και ως «Γαλάζια Βίβλος».

Βασικοί Ορισμοί

Ως **Ολοκληρωμένη Θαλάσσια Πολιτική** νοείται η πολιτική της Ένωσης που έχει ως στόχο να προάγει τη συντονισμένη και συνεπή λήψη αποφάσεων με σκοπό τη μεγιστοποίηση της βιώσιμης ανάπτυξης, της οικονομικής ανάπτυξης και της κοινωνικής συνοχής των κρατών μελών, ιδίως σε ό,τι αφορά τις παράκτιες, νησιωτικές και εξόχως τις απόκεντρες περιοχές της Ένωσης, καθώς και τους θαλάσσιους τομείς της, μέσω συνεκτικών και συνδεδεμένων με τη θάλασσα πολιτικών και μέσω της διεθνούς συνεργασίας.

Ως **Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός** νοείται η διαδικασία με την οποία οι αρχές του οικείου κράτους μέλους αναλύουν και οργανώνουν τις ανθρώπινες δραστηριότητες στις θαλάσσιες περιοχές για την επίτευξη οικολογικών, οικονομικών και κοινωνικών στόχων.

Η Ολοκληρωμένη Θαλάσσια Πολιτική αποτελεί ένα πλαίσιο στρατηγικής που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση με σκοπό την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης όλων των θαλάσσιων δραστηριοτήτων και των παράκτιων περιοχών. Οι κύριοι στόχοι της Ο.Θ.Π. είναι:

- Η μεγιστοποίηση της βιώσιμης χρήσης των ωκεανών και των θαλασσών, με σκοπό την ανάπτυξη και καλή λειτουργία της ναυσιπλοΐας, των λιμένων, της αλιείας και γενικότερα των παράκτιων περιοχών.
- Η δημιουργία μιας ολοκληρωμένης βάσης γνώσεων θαλάσσιας πολιτικής για το βέλτιστο στρατηγικό σχεδιασμό της θαλάσσιας και ναυτιλιακής έρευνας.
- Η βελτίωση της ποιότητας της ζωής των κατοίκων των παράκτιων περιοχών μέσω της ενθάρρυνσης του παράκτιου και θαλάσσιου τουρισμού.
- Η προώθηση του ηγετικού ρόλου της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις διεθνείς θαλάσσιες υποθέσεις, μέσω της ενισχυμένης συνεργασίας των κρατών-μελών της.
- Η αύξηση της προβολής των θαλασσών της Ευρώπης μέσω διαδικτυακών εφαρμογών για την ανάδειξη της κοινής ευρωπαϊκής θαλάσσιας κληρονομιάς (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, <https://www.europarl.europa.eu/>).

Μέσω της Ο.Θ.Π. η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επιδιώκει να συντονίσει και να οργανώσει της επιμέρους πολιτικές της Ένωσης που σχετίζονται με τα διάφορα πεδία της θαλάσσιας δραστηριότητας: από το θαλάσσιο χωροταξικό και την ολοκληρωμένη θαλάσσια επιτήρηση μέχρι την έρευνα (δεδομένα και γνώσεις για τις θάλασσες), τη ναυτιλία και τις στρατηγικές για τις θαλάσσιες λεκάνες.

Στην Οδηγία 2014/89/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου θεσπίζεται το πλαίσιο του Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού, κατανοώντας την ανάγκη ύπαρξης ενός εργαλείου πολιτικής που θα επιτρέπει στις δημόσιες αρχές και τα ενδιαφερόμενα μέρη να εφαρμόζουν συντονισμένη και διασυνοριακή προσέγγιση. Η εφαρμογή του θέτει ως βάση το οικοσύστημα συμβάλλοντας στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης των θαλάσσιων και παράκτιων οικονομιών. Η Οδηγία απαιτούσε από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης της εκπόνηση χωροταξικών σχεδίων μέχρι τις 31 Μαρτίου 2021. Τα εν λόγω σχέδια θα πρέπει να αποτυπώνουν τις υπάρχουσες ανθρώπινες δραστηριότητες στα θαλάσσια ύδατα τους και να καθορίζουν την πλέον αποτελεσματική μελλοντική χωροταξική ανάπτυξή τους. Οι χάρτες θα πρέπει να συνεκτιμούν τις αλληλεπιδράσεις ξηράς-θάλασσα, τις περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές πτυχές, καθώς και τα θέματα ασφάλειας, ενώ στη διαδικασία οφείλουν να συμμετέχουν όλοι οι ενδιαφερόμενοι. Η Οδηγία 2014/89/ΕΕ εφαρμόζεται από τις 17 Σεπτεμβρίου 2014 και θα έπρεπε να νομοθετηθεί στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έως τις 18 Σεπτεμβρίου 2016.

Στην Ελλάδα, η ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία της Οδηγίας 2014/89/ΕΕ πραγματοποιήθηκε με το νόμο 4546/2018 «περί θεσπίσεως πλαισίου για το θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό και άλλες διατάξεις». Με αυτό το νόμο ορίστηκε η δομή και το περιεχόμενο του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού που περιλαμβάνει:

- Την εθνική χωρική στρατηγική για το θαλάσσιο χώρο η οποία αποτελεί μέρος της εθνικής στρατηγικής του άρθρου 3 του ν. 4447/2016.
- Τα θαλάσσια χωροταξικά σχέδια τα οποία αντιστοιχούν στο περιφερειακό επίπεδο σχεδιασμού του άρθρου 2 του ν. 4447/2016 και αναφέρονται σε θαλάσσιες και παράκτιες χωρικές ενότητες που μπορεί να είναι υπό-περιφερειακού, περιφερειακού ή δια-περιφερειακού επιπέδου.

Με βάση το Άρθρο 4 του ν.4546 ως στόχοι του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού ορίζονται:

1. Η στήριξη και προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης και της χωρικής συνοχής μεταξύ του θαλάσσιου και του παράκτιου χώρου, μέσα από τη σύνθεση των οικολογικών, περιβαλλοντικών, οικονομικών, κοινωνικών και πολιτισμικών παραμέτρων, λαμβάνοντας υπόψη τις αλληλεπιδράσεις ξηράς-θάλασσας, την οικοσυστημική προσέγγιση και γενικότερα τις αρχές της αειφορικής διαχείρισης.
2. Η ορθολογική και ολοκληρωμένη χωρική ανάπτυξη δραστηριοτήτων στο θαλάσσιο και παράκτιο χώρο, όπως είναι μεταξύ άλλων οι μεταφορές, η ναυτιλία, ο ενεργειακός τομέας, η εξόρυξη πρώτων υλών, ορυκτών και αδρανών υλικών, η αλιεία, η υδατοκαλλιέργεια και ο τουρισμός, καθώς και η διατήρηση, προστασία και βελτίωση του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος, λαμβάνοντας υπόψη εν γένει την ενάλια πολιτιστική κληρονομιά. Στο πλαίσιο αυτό επιδιώκεται η αρμονική συνύπαρξη όλων των σχετικών δραστηριοτήτων και χρήσεων και διασφαλίζεται η ανθεκτικότητα στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Σε αυτή τη βάση, μέσω του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού μπορούν να οριοθετούνται, μεταξύ άλλων, περιοχές για:
 - Υδατοκαλλιέργεια,
 - Αλιεία,
 - Εγκαταστάσεις και υποδομές για έρευνα, εκμετάλλευση και εξόρυξη πετρελαίου, φυσικού αερίου, καθώς και άλλων ενεργειακών πόρων, ορυκτών και αδρανών υλικών και για την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές,
 - Θαλάσσιες περιοχές και κυκλοφοριακές ροές,
 - Προστασία της βιοποικιλότητας και της υποθαλάσσιας πολιτιστικής κληρονομιάς,
 - Επιστημονική Έρευνα,
 - Διαδρομές υποβρύχιων καλωδίων και αγωγών και
 - Τουρισμό.

Για να επιτευχθούν οι στόχοι και η συνεκτικότητα μεταξύ του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού και του χωροταξικού σχεδιασμού του χερσαίου χώρου, η αρμόδια αρχή κατά την κατάρτιση της «Εθνικής Χωρικής Στρατηγικής για το Θαλάσσιο Χώρο» και των «Θαλάσσιων Χωροταξικών Σχεδίων», λαμβάνει υπόψη:

1. Τις σχετικές δραστηριότητες και χρήσεις στα θαλάσσια ύδατα και στις παράκτιες ζώνες,

2. Τις αλληλεπιδράσεις ξηράς-θάλασας,
3. Τις περιβαλλοντικές, οικονομικές, κοινωνικές και πολιτιστικές παραμέτρους, καθώς και ζητήματα κλιματικής αλλαγής και ασφάλειας και
4. Τον ασφαλή ενεργειακό εφοδιασμό των νησιωτικών περιοχών του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας.

Παράλληλα, εξασφαλίζει τη συμμετοχή των ενδιαφερόμενων φορέων, οργανώνει τη χρήση των βέλτιστων διαθέσιμων δεδομένων, εξασφαλίζει τη διασυνοριακή συνεργασία με άλλα κράτη-μέλη και προωθεί τη συνεργασία με τρίτες χώρες (Νόμος 4546/12.06.2018).

2.6.2 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός και Ο.Δ.Π.Ζ.

Για την εφαρμογή του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού λαμβάνονται υπόψη οι αλληλεπιδράσεις των δραστηριοτήτων και των χρήσεων, οι οποίες μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν: α) την αλιεία, β) την υδατοκαλλιέργεια, γ) τις εγκαταστάσεις, τις υποδομές και τα υποθαλάσσια έργα για την έρευνα, την εκμετάλλευση και την εξόρυξη πετρελαίου ή φυσικού αερίου, δ) τις θαλάσσιες οδούς και τις κυκλοφοριακές ροές, ε) τις λιμενικές εγκαταστάσεις κάθε είδους, στ) τις περιοχές διεξαγωγής στρατιωτικών ασκήσεων, ζ) τις προστατευόμενες περιοχές και τις περιοχές όπου εφαρμόζεται η νομοθεσία για την προστασία της βιοποικιλότητας και τα κρίσιμα ενδιαίτηματα των ειδών, καθώς και οι σχετικές διεθνείς συμβάσεις και συμφωνίες, η) την επιστημονική έρευνα, θ) τις οδεύσεις υποβρύχιων καλωδίων και αγωγών, ι) τον τουρισμό, ια) τους προστατευόμενους ενάλιους αρχαιολογικούς χώρους και τα ενάλια μνημεία και ιβ) τις παράκτιες χρήσεις γης. Ο νόμος 4546 για το θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό αποτελεί ένα **εργαλείο λήψης αποφάσεων**, λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των δραστηριοτήτων, των διεργασιών, των ανθρωπογενών παρεμβάσεων και των παραμέτρων που αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν την παράκτια ζώνη, επεκτείνοντας την εφαρμογή του μέσα στο θαλάσσιο χώρο. Πρόκειται για ένα νομοθετημένο πλέον πλαίσιο, το οποίο η χώρα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης καλείται να ολοκληρώσει.

Στην Ελλάδα, η διαχείριση των παράκτιων ζωνών ήταν πάντα ένα ζήτημα που αντιμετωπιζόταν κεντρικά, χωρίς η εξουσία να αφήνεται στην τοπική αυτοδιοίκηση. Οι αργές διαδικασίες σχετικά με

την προετοιμασία και την έγκριση των χωρικών σχεδίων καθιστούν ανεπίκαιρα τα δεδομένα και τις προτάσεις και δημιουργούν προβλήματα εφαρμογής. Δεν υπάρχουν αποτελεσματικοί τρόποι αστυνόμευσης των παράκτιων ζωνών και η επιβολή του νόμου συνήθως προκαλείται μετά από παράπονα και παρεμβάσεις των πολιτών για παράνομη κατοχή και χρήση γης στις ακτές. Τα προβλήματα γίνονται όλο και πιο σοβαρά, αν λάβει κανείς υπόψη τη μακρόχρονη απουσία κονδυλίων ή ανθρώπινων πόρων, ιδίως όσον αφορά στο τοπικό επίπεδο διοίκησης. Οι τοπικές αρχές έχουν συνήθως ελλιπή γνώση για τις πολιτικές και τις πρωτοβουλίες της Ο.Δ.Π.Ζ. που προέρχονται κυρίως από διεθνείς οργανισμούς και θεσμούς (ΕΕ, ΟΗΕ κ.λπ.), ενώ και οι αρμόδιες διοικητικές υπηρεσίες δεν έχουν σχεδόν καμία εκπαίδευση σε αυτά τα θέματα.

Τα παραπάνω κενά και τις νομικές ασάφειες προσπαθεί να καλύψει και να επιλύσει ο νόμος περί θεσπίσεως του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού ν. 4546. Η χώρα δεσμεύτηκε και νομοθέτησε την Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η ορθή εφαρμογή του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού προσπαθεί να ενσωματώσει μέρη της Ο.Δ.Π.Ζ. προωθώντας τη βιώσιμη ανάπτυξη και επιλύοντας τις παθογένειες των ελληνικών πρακτικών.

3. Μελέτη & Βιβλιογραφική Ανασκόπηση των Δεικτών Παράκτιας & Λιμενικής Τρωτότητας – CVI / PVI

Σύμφωνα με την IPCC (2007), **τρωτότητα** ορίζεται ως ο βαθμός κατά τον οποίο η κλιματική αλλαγή μπορεί να βλάψει ή να επηρεάσει ένα σύστημα και ο οποίος εξαρτάται όχι μόνο από την ευαισθησία (susceptibility) του συστήματος, αλλά και από την ικανότητά του να προσαρμόζεται (adaptive capacity) στις νέες κλιματικές συνθήκες. Στη μελέτη της ΕΜΕΚΑ (2011), η τρωτότητα ορίζεται ως ο βαθμός ευαισθησίας και αδυναμίας ενός συστήματος να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή, συμπεριλαμβανομένης της μεταβλητότητας και των ακραίων συνθηκών. Η τρωτότητα καθορίζεται από τρεις συνιστώσες, την έκθεση του συστήματος, την έκταση και το βαθμό αυτής της έκθεσης στις επιπτώσεις των φαινομένων της κλιματικής αλλαγής. Τα κύρια δεδομένα εκτίμησης δεικτών τρωτότητας περιλαμβάνουν δημοσιευμένα στατιστικά στοιχεία, βιβλιογραφικές αναφορές και ψηφιοποιημένους GIS χάρτες (Hsieh C. H. et al., 2014). Με αυτό τον τρόπο αξιολογείται ο βαθμός τρωτότητας της εκάστοτε περιοχής, αναπτύσσονται σχέδια διαχείρισης και εφαρμόζονται δράσεις με προτεραιότητα στις περιοχές υψηλότερης τρωτότητας.

Για την αξιολόγηση της ευαισθησίας των συστημάτων σε αυτά τα φαινόμενα έχει αναπτυχθεί μια σειρά δεικτών, που προκύπτουν από μαθηματικές σχέσεις λαμβάνοντας υπόψη διάφορες παραμέτρους (φυσικές, κοινωνικές ή οικονομικές κτλ.). Για την αξιολόγηση των δεικτών που υπολογίζουν τα διαφορετικά στοιχεία τρωτότητας, αναπτύσσεται ένα σύστημα βαθμολόγησης σε συνεργασία όλων των ενδιαφερόμενων, βασιζόμενο στις υπάρχουσες γνώσεις και δεδομένα (Moreno A. et al., 2009). Η συνολική τρωτότητα δε μπορεί να είναι ένας απλός μέσος όρος των παραμέτρων που επιλέγονται, καθώς διαφορετικά βάρη εφαρμόζονται σε καθεμία από αυτές τις παραμέτρους (Moreno A. et al., 2009). Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης, οι υπεύθυνοι θα πρέπει να διερευνήσουν έναν αριθμό σεναρίων και να εκτιμήσουν πως η μελλοντική κατάσταση θα επηρεάσει την τρωτότητα των συστημάτων, θέτοντας προτεραιότητες στην προστασία και στις ενέργειες που θα πρέπει να ληφθούν. Στις σύγχρονες πρακτικές για την αξιολόγηση των ακτών χρησιμοποιείται ο Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας (CVI), ενώ τα τελευταία χρόνια μελετάται ο αντίστοιχος Δείκτης Τρωτότητας των Λιμενικών Υποδομών (PVI). Πολλές φορές, η χρήση του Δείκτη

Παράκτια Τρωτότητα συγγέεται στη μελέτη λιμενικών υποδομών, χρησιμοποιούνται δηλαδή μεταβλητές της ακτής για τη μελέτη ενός τεχνικού έργου. Στις περιπτώσεις αποσπασματικής μελέτης του εκάστοτε συστήματος οφείλει να γίνεται κατανοητή η διαφορά μεταξύ παράκτιας ζώνης και λιμένος και των παραμέτρων που εξετάζονται για τη μελέτη της εκάστοτε τρωτότητας ακτής/λιμένος.

3.1 Παράκτια Τρωτότητα – Δείκτης CVI

3.1.1 Γενικά Στοιχεία

Η μέθοδος υπολογισμού του δείκτη CVI αποτελεί μια αρκετά αντικειμενική διαδικασία για την αξιολόγηση της τρωτότητας της παράκτιας ζώνης (Pendleton E. A., 2004) σε μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Η απόκριση των παράκτιων περιοχών στα σενάρια ανόδου της στάθμης της θάλασσας δεν είναι πάντα δυνατόν να ποσοτικοποιηθεί και η πρόβλεψη της εξέλιξης της ακτογραμμής εμπεριέχει υψηλά ποσοστά αβεβαιότητας. Στο πλαίσιο των παραπάνω μελετών αναπτύχθηκαν μεθοδολογίες και δείκτες, μαθηματικές δηλαδή εκφράσεις, ικανές να ποσοτικοποιήσουν σε επιμέρους τμήματα της ακτογραμμής την επικινδυνότητα τους σε μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Ο παραπάνω υπολογισμός ξεκίνησε λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα που σχετίζονται με τις σημαντικές φυσικές παραμέτρους που συμμετέχουν στην εξέλιξη και διαμόρφωση των ακτών στις εκάστοτε περιοχές, όπως η γεωμορφολογία της ακτής, η παράκτια κλίση, οι παλίρροιες αλλά και το μέσο σημαντικό ύψος κύματος που δέχεται η ακτή. Με αυτό τον τρόπο διαμορφώθηκε στη διεθνή βιβλιογραφία ο υπολογισμός του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας – Coastal Vulnerability Index – CVI. Ο CVI, όπως μέχρι σήμερα εμφανίζεται (Pethick J. S. et al., 2000, McLaughlin S. et al., 2010, Kantamaneni K. et al., 2019) χρησιμοποιεί φυσικές παραμέτρους των ακτών, πράγμα που σημαίνει ότι δε μπορεί να κριθεί κατάλληλος για τη αξιολόγηση των λιμενικών υποδομών. Σήμερα, υπάρχουν μελέτες που πέραν των παραμέτρων του φυσικού περιβάλλοντος, συνεκτιμούν την τρωτότητα συμπεριλαμβάνοντας παραμέτρους που αφορούν τα κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής, τα δημογραφικά δεδομένα, αλλά και τις υποδομές. Ο υπολογισμός των δεικτών έχει σκοπό την κατηγοριοποίηση της ακτογραμμής σε κατηγορίες χαμηλής, ενδιάμεσης και υψηλής τρωτότητας για κάθε μία παράμετρο, ώστε η συνεκτίμηση τους να οδηγήσει στην τελική

βαθμονόμηση της ακτής. Σε μία εποχή παρατηρούμενης ανόδου της στάθμης της θάλασσας, ο Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας αποτελεί απαραίτητο και σημαντικό εργαλείο εντοπισμού των τρωτών περιοχών με μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας (Doukakis E., 2005).

Στη βιβλιογραφία, εντοπίζονται διάφοροι τρόποι εκτίμησής του CVI. Για τον υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας έχουν προταθεί και ερευνηθεί μία σειρά από μαθηματικούς τύπους (Gornitz V. et al., 1992), όπως ο μέσος όρος του απλού γινομένου των παραμέτρων ή/και ο μέσος όρος των τετραγώνων του γινομένου των παραμέτρων κοκ. Ο υπολογισμός του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας πραγματοποιείται ανά διατομές σε συγκεκριμένο μήκος ακτογραμμής (Σαρταμπάκου Α. Ε., 2013). Ο μαθηματικός τύπος που έχει επικρατήσει, υπαγορεύει τον υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας ως τετραγωνική ρίζα του γεωμετρικού μέσου των κατηγοριοποιημένων μεταβλητών παράκτιας επικινδυνότητας, όπου:

$$CVI = \sqrt{\frac{(a*b*c*d*e*f)}{6}} \quad (\text{Gornitz V. et al., 1991})$$

a: παράγοντες που αφορούν τη γεωμορφολογία της ακτής,

b: παράγοντες που αφορούν την παράκτια κλίση,

c: παράγοντες που αφορούν το ρυθμό μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης,

d: παράγοντες που αφορούν την ιστορική μετατόπιση της ακτογραμμής,

e: παράγοντες που αφορούν το μέσο σημαντικό ύψος κυμάτων, και

f: παράγοντες που αφορούν το μέσο εύρος παλίρροιας.

Για κάθε μεταβλητή (a, b, c, d, e ή f) αποδίδεται μία τιμή στην κλίμακα από το ένα (1) έως το πέντε (5) με σειρά αυξανόμενης τρωτότητας: πολύ χαμηλή (very low), χαμηλή (low), μέτρια (moderate), υψηλή (high) και πολύ υψηλή (very high) τρωτότητα. Όλες οι μεταβλητές λαμβάνουν αριθμητικές τιμές, πέραν της παραμέτρου που αφορά τη γεωμορφολογία της ακτής, αφού πρόκειται για ποιοτική μεταβλητή. Η κατηγοριοποίηση του είδους των υλικών από τα οποία συντίθεται η ακτή εξαρτάται από την εκάστοτε αντοχή τους στην παράκτια διάβρωση.

Η πρώτη εκτενής έρευνα, που εισάγει και την αποτύπωση σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) πραγματοποιήθηκε για τη μελέτη των ανατολικών ακτών των Ηνωμένων

Πολιτειών της Αμερικής έναντι της διάβρωσης και της ανόδου της στάθμης της θάλασσας από τις ερευνήτριες Gornitz V. και White T., το 1992. Η μελέτη χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία του κανάβου (grid). Η περιοχή μελέτης χωρίζεται σε κελιά συγκεκριμένων διαστάσεων και τελικά σε κάθε ένα από αυτά αποδίδεται μία τελική τιμή τρωτότητας. Ο κώδικας που χρησιμοποιείται είναι σε γλώσσα Fortran77 και τα αρχεία που εξάγονται τελικά αποτυπώνονται μέσω του ARC/INFO™ GIS (Gornitz V. et al., 1992). Η Vivien Gornitz περιέγραψε τις εν λόγω παραμέτρους σε μελέτες το 1989 & το 1991. Στόχος κάθε μελέτης είναι η τελική βαθμολόγηση των ακτών σε κατηγορίες τρωτότητας, ώστε τα αποτελέσματα αυτά να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη σχεδίων διαχείρισης και προστασίας των ακτών που πρόκειται να πληγούν από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Πίνακας 1 Κατηγοριοποίηση των μεταβλητών για τον υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας κατά Gornitz V. & White T. (πηγή: Gornitz, V. M., White, T. W., & Daniels, R. C. (1992). A coastal hazards data base for the US east coast (No. ORNL/CDIAC-45; NDP-043A). Oak Ridge National Lab., TN (United States). Carbon Dioxide Information Analysis Center).

Μεταβλητή	Τιμή				
	Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή(2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ Υψηλή (5)
Γεωλογία, Γεωμορφές πυθμένα	Βραχώδεις, Απότομες Ακτές, Φιορδ	Ήπιοι Βράχοι, Κοίλες Ακτές	Χαμηλοί Βράχοι, Παγετώνες, Προχωματικές Πεδιάδες	Χονδρόκοκκες Ακτές, Εκβολές Ποταμών, Λιμνοθάλασσες	Κοραλλιογενείς Παραλίες, Κοραλλιογενοί Ύφαλοι, Αμμώδεις Παραλίες, Έλη, Λασπώδη Αβαθή, Ποτάμια, Δέλτα, Θαμνώδεις Ακτές
Ιστορική Μετατόπιση της Ακτογραμμής (m/έτος)	> (2.0)	(1.0) - (2.0)	(-1.0) - (1.0)	(-2.0) - (-1.0)	< (-2.0)
Παράκτια Κλίση (%)	> 1.9	1.3-1.9	0.9-1.3	0.6-0.9	<0.6
Σχετική Μεταβολή της Στάθμης της Θάλασσας (mm/έτος)	< (-1.21)	(-1.21) - (0.1)	(0.1) - (1.24)	(1.24) - (1.36)	> 1.36

Μέσο Σημαντικό Υψος Κύματος (m)	< 1.1	1.1 - 2.0	2.0 - 2.25	2.25 - 2.60	> 2.6
Μέσο Παλιρροιακό Εύρος (m)	< 1.0	1.0 - 1.9	2.0 – 4.0	4.1 – 6.0	> 6.0

3.1.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

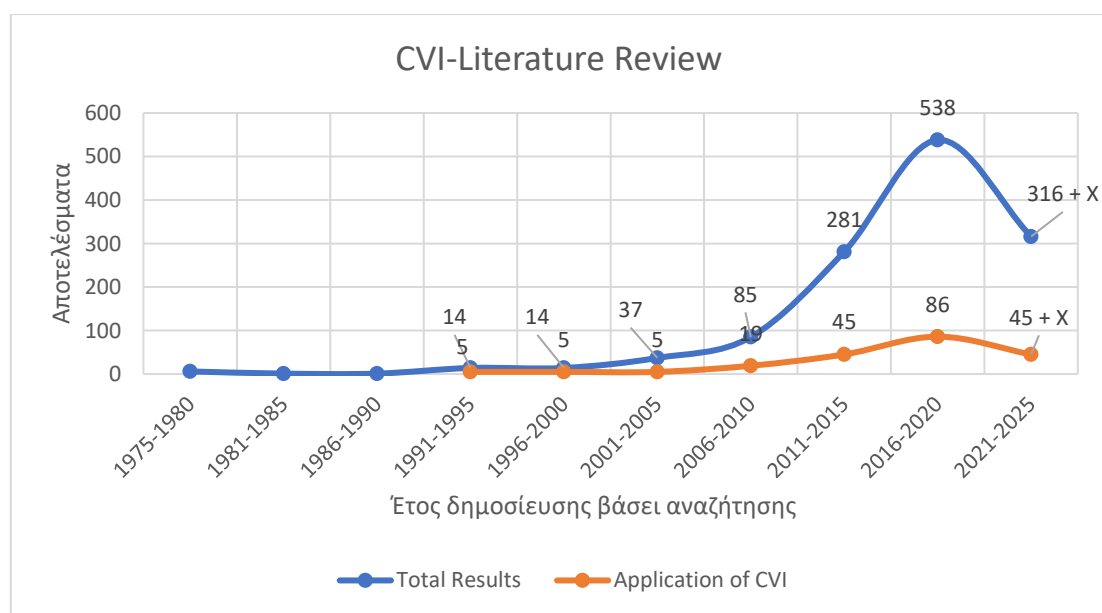
Η αναζήτηση στη διεθνή βιβλιογραφία για αρθρογραφία/δημοσιεύσεις εργασιών και συνεδρίων που να αφορά τον υπολογισμό και την εφαρμογή του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας πραγματοποιείται με τη χρήση λέξεων-κλειδιά στη μηχανή *Scopus* & στη μηχανή αναζήτησης *Google Scholar*. Η *Scopus* αποτελεί διεθνή βιβλιογραφική βάση δεδομένων, καλύπτοντας τίτλους από εγκεκριμένα περιοδικά της τεχνολογικής, επιστημονικής, ιατρικής και κοινωνικής κοινότητας. Από την άλλη πλευρά, η *Google Scholar* παρέχει ευρύτερη κάλυψη συμπεριλαμβανομένων διατριβών και μη δημοσιευμένου υλικού. Η μελέτη του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας (CVI) παρουσιάζει μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον παγκοσμίως, τόσο ως προς την εφαρμογή αλλά και την παραμετροποίηση αυτού. Και στις δύο περιπτώσεις για τη βιβλιογραφική ανασκόπηση του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας χρησιμοποιούνται δύο συνδυασμοί λέξεων-κλειδιών, οι λέξεις: *παράκτια τρωτότητα* (coastal vulnerability) & *Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας* (coastal vulnerability index).

Πίνακας 2 Αποτελέσματα αναζήτησης βάσει λέξεων-κλειδιά (CVI) στη μηχανή Scopus & Google Scholar, τελευταία ενημέρωση 08/2022.

Λέξεις-Κλειδιά	Αποτελέσματα		Λέξεις-Κλειδιά	Αποτελέσματα	
	Scopus	Google Scholar		Scopus	Google Scholar
Coastal Vulnerability	7.249	13.200	Coastal Vulnerability Index	1.292	2.400
Coastal Vulnerability to Climate Change	2.797	12.400	Coastal Vulnerability Index to Climate Change	464	2.230

Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change	1.242	11.800	Assessment of Coastal Vulnerability Index to Climate Change	296	2.140
---	-------	--------	---	-----	-------

Η πρώτη αναζήτηση καταλήγει σε ένα πλήθος 7.249 αποτελεσμάτων για τη Scopus, η οποία περιορίζεται βάσει της δεύτερης αναζήτησης σε 1.292 αποτελέσματα, χρησιμοποιώντας τη λέξη *δείκτης*. Μέσω της Google Scholar, με τη χρήση των λέξεων *παράκτια τρωτότητα* η αναζήτηση καταλήγει σε περίπου 13.200 αποτελέσματα, ενώ προσθέτοντας τη λέξη *δείκτης*, τα αποτελέσματα μειώνονται σε 2.400. Στην αναζήτηση προστίθενται ακόμη οι λέξεις *κλιματική αλλαγή* (climate change), αλλά και η λέξη *αξιολόγηση* (assessment), ώστε με την προσθήκη λέξεων η αναζήτηση να περιορισθεί και τα αποτελέσματα να μειωθούν. Σκοπός είναι η όσο το δυνατόν πληρέστερη καταγραφή από τη διεθνή βιβλιογραφία των μελετών εφαρμογής του CVI.



Διάγραμμα 1 Αποτελέσματα αναζήτησης Scopus περιόδου 1975-2023 με λέξεις κλειδιά: *coastal vulnerability index*, τελευταία ενημέρωση 08/2022.

Με βάση την αναζήτηση κατά *Coastal Vulnerability Index*, στη Scopus, η πρώτη αναφορά στον υπολογισμό του δείκτη γίνεται κατά Gornitz V., το 1991. Σε αυτή τη μελέτη οι ερευνητές μελετούν επτά (7) παραμέτρους, συμπεριλαμβανομένων των παραμέτρων του πίνακα 1, του υψομέτρου της εκάστοτε ακτής και του είδους των πετρωμάτων. Τα αποτελέσματα της μελέτης τους έδειξαν υψηλή τρωτότητα των ακτών του κόλπου Τζέζαπικ. Η πιο πρόσφατη μελέτη (βάσει της παρούσας

αναζήτησης) δημοσιεύθηκε στις 08 Ιουλίου 2022 από τους Tanim A. H. et al., 2022, οι οποίοι προτείνουν έναν ολοκληρωμένο κοινωνικό-περιβαλλοντικό Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας συνδυάζοντας δεδομένα πέντε (5) παραμέτρων: φυσικών, κλιματικών, κοινωνικό-οικονομικών, οικολογικών χαρακτηριστικών και μεταβολών της ακτογραμμής.

Το παραπάνω διάγραμμα παρακολουθεί τον αριθμό των δημοσιεύσεων στις οποίες πραγματοποιείται η εφαρμογή του CVI, στο σύνολο των 1.292 αποτελεσμάτων της μηχανής αναζήτησης Scopus (ο έλεγχος έγινε σε όλα τα δημοσιεύματα). Αυτό σημαίνει ότι για την περίοδο 2011-2015, η αναζήτηση καταλήγει σε 281 δημοσιεύσεις με αναφορά στο δείκτη παράκτιας τρωτότητας, ωστόσο 45 από αυτές αφορούν πραγματικά τη μελέτη τρωτότητας σε κάποια παράκτια περιοχή. Σημειώνεται ότι το διάγραμμα παρακολουθεί τα στοιχεία ανά 5 έτη, με αποτέλεσμα για την περίοδο 2021-2025, να πρέπει να μεταβληθεί κατά x , έπειτα από τις νέες δημοσιεύσεις που θα προκύψουν στο τέλος της πενταετίας.

➤ **1991-2000**

Η πρώτη δεκαετία αφορά κυρίως στα αποτελέσματα των μελετών των Gornitz V. et al. για τις Η.Π.Α. με τη χρήση φυσικών παραμέτρων για τον υπολογισμό του δείκτη. Η δημιουργία ενός δείκτη τρωτότητας είναι αποτέλεσμα της μελέτης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής που τη δεκαετία του 90' άρχισαν να γίνονται αισθητές και να ανησυχούν περισσότερο την επιστημονική κοινότητα, στο πλαίσιο υπογραφής της Παγκόσμιας Σύμβασης του ΟΗΕ (1992).

➤ **2001-2010**

Τη δεκαετία 00', ο δείκτης εφαρμόζεται για τον χαρακτηρισμό παράκτιων περιοχών σε διάφορα μέρη του πλανήτη (Ιρλανδία, Αργεντινή, Η.Π.Α., Κίνα, Ινδία, Βραζιλία, Αυστραλία, Τουρκία, κτλ.). Στις περισσότερες από αυτές τις μελέτες, γίνεται κατανοητή η επιρροή των κοινωνικών & οικονομικών παραμέτρων στον ορθό υπολογισμό της τρωτότητας, με αποτέλεσμα να εισάγονται νέες παράμετροι και νέες μέθοδοι υπολογισμού. Ο δείκτης τροποποιείται με τη χρήση υποδεικτών (κοινωνικός, οικονομικός, φυσικός υποδείκτης), ενώ κάθε ερευνητική ομάδα επιλέγει διαφορετικό πλήθος μεταβλητών, με κάποιες από αυτές να παραμένουν σταθερές από μελέτη σε μελέτη. Προβληματισμό δημιουργεί η εξάρτηση των κοινωνικών και οικονομικών παραμέτρων από την εκάστοτε χρονική περίοδο (McLaughlin S. et al., 2002). Για παράδειγμα, ο πληθυσμός, οι υποδομές

ή οι χρήσεις γης μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια των ετών, νέα παράκτια έργα ή δρόμοι κατασκευάζονται. Οι Boruff B. J. et al. (2005) παρουσίασαν μία μέθοδο συνδυασμού των φυσικών παραγόντων με κοινωνικο-οικονομικές μεταβλητές επιβεβαιώνοντας ότι ο συνδυασμός των φυσικών και κοινωνικών χαρακτηριστικών μεταβάλλει χωρικά την τρωτότητα των παράκτιων περιοχών, σε σχέση με τα αποτελέσματα που δίνονται ανά περιοχή όταν μελετώνται μόνο οι φυσικές παράμετροι. Οι Szlafsztein, C. et al., 2007, μελέτησαν την ακτή της Πολιτείας Παρά στη Βραζιλία χρησιμοποιώντας οχτώ (8) φυσικές παραμέτρους (μήκος ακτογραμμής, ύπαρξη μέτρων προστασίας, κτλ.) και επτά (7) που αφορούσαν κοινωνικά και οικονομικά στοιχεία της περιοχής (πληθυσμός, επίπεδο φτώχειας, κτλ.), ενώ οι Hong H. et al., 2006 για τον προσδιορισμό της τρωτότητας της ακτής στην πόλη Ξιαμέν της Κίνας χρησιμοποίησαν τέσσερις (4) ομάδες παραμέτρων: περιβάλλον, οικονομία, κοινωνία & κυβερνητικά μέτρα. Τη δεκαετία 2001-2010 γίνεται κατανοητό ότι ο υπολογισμός της τρωτότητας της ακτής, έναντι της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, αποτελεί ένα σύνθετο και πολυπαραγοντικό ερευνητικό αντικείμενο.

➤ 2011-Σήμερα

Την επόμενη δεκαετία, 2011-2020 παρουσιάζονται νέες μέθοδοι υπολογισμού του δείκτη βασιζόμενες στο συνδυασμό φυσικών και κοινωνικών παραμέτρων (McLaughlin, S. et al., 2010, Mahapatra M., et al., 2015, De Serio F. et al., 2018, Miah J. et al., 2020). Η κάθε έρευνα που χρησιμοποιεί το δείκτη των Gornitz V. et al., 1992 προσαρμόζει τις εκάστοτε παραμέτρους ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα και τη γεωγραφική περιοχή στην οποία εφαρμόζεται (Rangel-Buitrago, N. Et al., 2020). Η εφαρμογή του δείκτη αποτελεί βασικό εργαλείο στην ανάπτυξη των σχεδίων για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης και των σχεδίων προστασίας της παράκτιας ζώνης. Η μελέτη του εξελίσσεται με την προσθήκη τιμών βάρους στις μεταβλητές, βάσει της επιρροής κάθε παραμέτρου στο συνολικό αποτέλεσμα και κρίνεται αναγκαία η μοντελοποίηση της διαδικασίας. Η πρόσφατη κρίση εξαιτίας της πανδημίας Covid-19 αποτελεί παράδειγμα σημασίας για την εφαρμογή των κοινωνικών δεικτών σε μία ολοκληρωμένη προσέγγιση (Roukounis, C. N. & Tsihrintzis, V. A., 2022). Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχει καταγεγραμμένη μία μοναδική μεθοδολογία υπολογισμού. Οι μελέτες τηρούν τις βασικές αρχές για την κατηγοριοποίηση των ακτών σε πέντε (5) τελικές κατηγορίες τρωτότητας, ωστόσο ο τρόπος υπολογισμού και οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη ποικίλουν και εξαρτώνται από τη

χρονική περίοδο της μελέτης, τη γεωγραφική περιοχή, τα διαθέσιμα δεδομένα και τα εμπλεκόμενα μέρη. Η τελική παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιεί τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ως το πλέον σύγχρονο εργαλείο οπτικοποίησης, δημιουργίας χαρτών και ανταλλαγής δεδομένων.

3.1.3 Κριτική του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας – CVI

Η κλιματική αλλαγή επιδρά στα παράκτια συστήματα μέσω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, των δυνάμεων υδροδυναμικής φύσης και της αλλαγής στη συχνότητα των ακραίων κλιματικών φαινομένων. Η μελέτη του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας έχει ως στόχο τη βιωσιμότητα των παράκτιων πόρων, ενσωματώνοντας τα αποτελέσματα του παράκτιου κινδύνου στο σχεδιασμό και τη λήψη των αποφάσεων, στο πλαίσιο της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης της Παράκτιας Ζώνης (Ο.Δ.Π.Ζ.) (Doukakis E., 2005). Το μαθηματικό μοντέλο αναπτύχθηκε με σκοπό την αντικειμενική αξιολόγηση και βαθμονόμηση της παράκτιας ζώνης/ανά συγκεκριμένο υπό μελέτη μήκος ακτής βάσει των σεναρίων παγκόσμιας ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Από τις πρώτες μελέτες, οι ερευνητές επιλέγουν τις παραμέτρους που έχουν επιρροή στη φυσική μεταβολή της ακτής, και οι οποίες θα ενταθούν υπό την επίδραση των σεναρίων της κλιματικής αλλαγής, ενώ για τον υπολογισμό του δείκτη εξετάζονται έξι (6) διαφορετικοί μαθηματικοί τύποι (Gornitz V. et al., 1922).

Με το πέρας των ετών, οι τιμές στην κατηγοριοποίηση των Gornitz et al., 1992 διαφοροποιούνται από τους ερευνητές, ωστόσο, η λογική της χρήσης των φυσικών παραμέτρων για τη μελέτη της παράκτιας τρωτότητας παραμένει ίδια. Το 2005, οι Boruff B. J. et al., στη μελέτη των ακτών των Η.Π.Α., για την τελική αξιολόγηση της τρωτότητας συναθροίζουν τα αποτελέσματα των δεικτών CVI (Coastal Vulnerability Index) και CSoVI (Coastal Social Vulnerability Index), λαμβάνοντας δηλαδή υπόψη, πέραν των φυσικών μεταβλητών και τις κοινωνικές παραμέτρους (επίπεδα φτώχειας, πληθυσμός, εισόδημα κοκ) στον τελικό υπολογισμό της παράκτιας τρωτότητας. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται κατανοητό πως η ορθή αξιολόγηση της συνολικής τρωτότητας της παράκτιας ζώνης συμπεριλαμβάνει τα κοινωνικά, οικονομικά, τεχνικά και φυσικά χαρακτηριστικά της (Boruff B. J. et al., 2005). Στο ίδιο πλαίσιο, οι Szlafsztein C. & Sterr H., το 2007 μελέτησαν την ακτή της πολιτείας Παρά στη Βραζιλία λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα κοινωνικό-οικονομικά όσο και τα φυσικά

χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης, με στόχο τη χρήση των αποτελεσμάτων στη διαμόρφωση πολιτικής για τη διαχείριση των κλιματικών επιπτώσεων στην περιοχή.

Το βασικό μειονέκτημα στο υπάρχον τυπολόγιο για τον υπολογισμό του CVI είναι η μη διαφοροποίηση της επιρροής της καθεμίας μεταβλητής στο υπολογισμό του δείκτη. Όλες οι παράμετροι χρησιμοποιούνται ισοβαρώς. Το γεγονός αυτό δεν αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα, αφού δεν είναι δυνατόν να έχουν την ίδια επιρροή η παράκτια κλίση με το μέσο σημαντικό ύψος κύματος, κτλ. Η έλλειψη ειδικών τιμών βαρύτητας στις επιμέρους μεταβλητές δύναται να οδηγήσει σε λανθασμένες εκτιμήσεις, και ο δείκτης που υπολογίζεται από τις εξισώσεις της παραγράφου 3.1.1 καθίστανται αναξιόπιστος. Η εισαγωγή βαρών εκφράζει την ανάγκη ιεράρχησης των μεταβλητών και δικαιολογείται από τη διαφορετική επιρροή κάθε μεταβλητής στην παράκτια τρωτότητα. Οι ερευνητές εντόπισαν αυτή την έλλειψη και στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει πλήθος μελετών στις οποίες εισάγεται τιμή βάρους (ποσοστό δηλαδή συμμετοχής) στον τελικό υπολογισμό του δείκτη για την εκάστοτε μεταβλητή. Ωστόσο, τις περισσότερες φορές η απόδοση αυτών των τιμών στηρίζεται σε έναν εμπειρικό συλλογισμό της ομάδας των συγγραφέων κάθε μελέτης, καθιστώντας το αποτέλεσμα σε μεγάλο βαθμό αμφισβητήσιμο (Doukakis E., 2005).

Συμπερασματικά, ο Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας είναι ένα χρήσιμο και απαραίτητο εργαλείο για την κατηγοριοποίηση της ακτογραμμής στην ανάπτυξη των σχεδίων διαχείρισης. Ωστόσο, απαιτείται η προσαρμογή του στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής και ο συνυπολογισμός των κοινωνικών, οικονομικών και τεχνικών παραμέτρων που επιδρούν στην ένταση ή μείωση της επικινδυνότητας. Ακόμη, παρατηρείται κενό στη μαθηματικοποίηση της απόδοσης τιμών βάρους στις παραμέτρους, γεγονός που θα βοηθούσε στη γενικευμένη εφαρμογή της μεθόδου. Η μελέτη και εφαρμογή του CVI αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ορθής ανάπτυξης στρατηγικών για την προστασία των ακτών και η συνεχής δημοσίευση μελετών από την επιστημονική κοινότητα αποδεικνύει το αμείωτο ενδιαφέρον της συμβολής του CVI στη μείωση των κλιματικών επιπτώσεων στις ακτές.

3.2 Λιμενική Τρωτότητα – Δείκτης PVI

3.2.1 Γενικά Στοιχεία

Η τρωτότητα ενός λιμενικού συστήματος καθορίζεται τόσο από τα χαρακτηριστικά του ίδιου του λιμένα (χωροθέτηση, λειτουργία, έργα προστασίας, κτλ.) όσο και από την έκθεση, την έκταση και το βαθμό των πιέσεων που δέχεται. Μία λιμενική υποδομή, μπορεί να μελετηθεί ως ένα ενιαίο σύστημα αποτελούμενο από τεχνικά έργα και υπηρεσίες σε αλληλεπίδραση με την ευρύτερη περιοχή στην οποία ανήκει. Η σημασία της λειτουργικότητας ενός λιμένα είναι αναμφίβολη και η εκτίμηση του βαθμού της έκθεσής του στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής κρίνεται αναγκαία για την αδιάκοπη λειτουργία της εφοδιαστικής λιμενικής αλυσίδας. Ο δείκτης παράκτιας τρωτότητας (CVI) αναπτύχθηκε με τη λογική να στηρίζεται σε αντικειμενικές μετρήσεις και παραμέτρους, ενώ με το πέρασ των ετών η εφαρμογή και προσθήκη παραμέτρων που αφορούν τον άνθρωπο περιπλέκουν την επιστημονικότητα του προβλήματος. Λόγω της αύξησης της συχνότητας των ακραίων φαινομένων, η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή γίνεται απαραίτητη και σημαντική παράμετρος για τα ενδιαφερόμενα μέρη των λιμενικών συστημάτων και πλέον η ανάλυση του κλιματικού κινδύνου βοηθά στον ορθολογικό σχεδιασμό των σχεδίων προσαρμογής (Poo M. C. P. et al., 2021). Σε αυτό το πλαίσιο, διαχωρίζεται η μελέτη του λιμένα από τη λοιπή παράκτια ζώνη στην οποία ανήκει. Ο λιμένας αποτελεί τεχνικό έργο μεγάλης κλίμακας που εξυπηρετεί τις ανάγκες για μεταφορά και εμπόριο και υπόκειται σε διαφορετικού είδους πιέσεις και φαινόμενα.

Η ανάπτυξη του δείκτη που θα υπολογίζει την τρωτότητα ενός λιμένα ακολουθεί τη λογική του επιμέρους υπολογισμού υποδεικτών για τον προσδιορισμό φυσικών, κοινωνικών και οικονομικών παραμέτρων και εξειδικεύεται στις εκάστοτε ιδιαιτερότητες και τα διαθέσιμα δεδομένα. Η σύνδεση των δεικτών και των παραμέτρων που αφορούν από τη μία την ακτή και από την άλλη ένα λιμένα είναι προφανής, ωστόσο ο διαχωρισμός των στοιχείων που μελετώνται για τις δύο περιπτώσεων πρέπει να είναι απόλυτα κατανοητός. Η ακτή αφορά ένα φυσικό σύστημα, που επηρεάζεται από τις δυνάμεις της θάλασσας κατά μήκος της και τις δραστηριότητες στο σύνολο της ζώνης στην οποία ανήκει. Από την άλλη, ο λιμένας είναι ένα τεχνικό έργο, στο οποίο διενεργείται μεταφορικό έργο, ενώ δέχεται συνεχώς φορτίσεις, υδροδυναμικές πιέσεις και η συνολική λειτουργία του εξαρτάται και από τις συνθήκες στο εσωτερικό της ενδοχώρας που

εξυπηρετεί. Αναγνωρίζοντας τη διαφορά των συστημάτων και την ανάγκη μελέτης τους, τα τελευταία χρόνια δημοσιεύονται έρευνες με στόχο τον προσδιορισμό της τρωτότητας και της έκθεσης των λιμένων παγκοσμίως στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Στο πλαίσιο της μελέτης των McIntosh D. & Becker A., 2020 η τρωτότητα ενός λιμενικού συστήματος υπολογίζεται ως συνδυασμός της έκθεσης, της ευαισθησίας και της προσαρμοστικής ικανότητά του στην εκάστοτε πίεση. Όταν η μελέτη αφορά ένα λιμένα, τα αποτελέσματα της τρωτότητας βοηθούν στον προσδιορισμό των μέτρων που πρέπει να ληφθούν για την προστασία του, ενώ σε μία μελέτη πολλών λιμένων, τα αποτελέσματα της τρωτότητας αυτών, υποδεικνύουν τα λιμάνια εκείνα που είναι περισσότερο εκτεθειμένα. Για την εφαρμογή των παραπάνω, είναι απαραίτητη η ύπαρξη δεικτών, μετρήσιμων δηλαδή παραμέτρων. Στη διεθνή βιβλιογραφία, οι ερευνητές ανασκοπούν το πλήθος των διαθέσιμων δεδομένων και με βάση τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής ανασυντάσσουν μία βασική μεθοδολογία. Τελικός στόχος είναι η χρήση των εν λόγω αποτελεσμάτων στην ανάπτυξη στρατηγικών, σχεδίων προσαρμογής ή/και αντιμετώπισης των επιπτώσεων και η κατάλληλη και έγκαιρη επιλογή μέτρων προστασίας.

Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) στην οπτική απεικόνιση της θέσης των αντικειμένων και στη σύνδεση των διαφορετικών επιπέδων βοηθά τους διαχειριστές λήψης αποφάσεων (Hsieh C. H. et al., 2014). Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό των δεικτών περιλαμβάνουν γεωχωρικά δεδομένα ψηφιοποιημένα σε GIS χάρτες, στατιστικά στοιχεία, βιβλιογραφικές αναφορές, ακόμη και συνεντεύξεις με τους εμπλεκόμενους. Η ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της λιμενικής τρωτότητας με συστημικό τρόπο βοηθά στην αξιολόγηση της αστοχίας των έργων έναντι των ακραίων φαινομένων και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Τα μαθηματικά μοντέλα απόδοσης τιμών βάρους στους δείκτες, οι τελικές τιμές των παραμέτρων, αλλά και η επιλογή των μεταβλητών θα πρέπει να προσαρμόζονται στην εκάστοτε περιοχή και να συνάδουν με τη λειτουργία, τον όγκο του φορτίου που διακινείται και την αλληλεπίδραση του λιμένα με την ενδοχώρα. Γι' αυτό το λόγο, με το πέρας των ετών, στον υπολογισμό του δείκτη λιμενικής τρωτότητας εισάγονται νέες υπό μελέτη μεταβλητές που αφορούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου, οικονομικά στοιχεία αλλά και τη συνδεσιμότητά του με το ευρύτερο μεταφορικό δίκτυο.

3.2.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

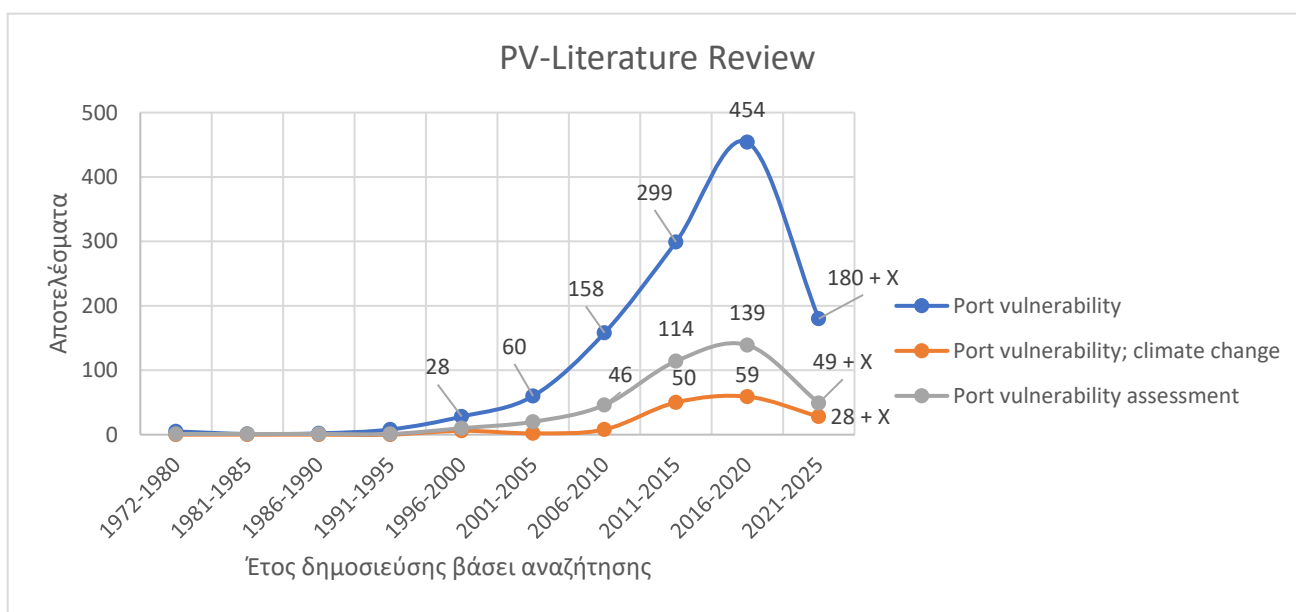
Η αναζήτηση στη διεθνή βιβλιογραφία για αρθρογραφία και δημοσιεύσεις εργασιών και συνεδρίων που να αφορά τον υπολογισμό και την εφαρμογή ενός δείκτη που να υπολογίζει την τρωτότητα των λιμένων έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής πραγματοποιείται και πάλι με τη χρήση λέξεων-κλειδιά στη μηχανή αναζήτησης *Scopus* & στη μηχανή αναζήτησης *Google Scholar*. Λόγω της ιδιαιτερότητας του αντικειμένου, η επιλογή της αρθρογραφίας που μελετάται έχει ως στόχο τη βαθύτερη κατανόηση του προβλήματος και της διαφορετικής προσέγγισης των εκάστοτε μελετητών, και δεν περιορίζεται στην αναζήτηση μεθοδολογίας αυστηρά ενός δείκτη λιμενικής τρωτότητας. Γίνεται κατανοητό, ότι η μείωση της τρωτότητας και η αύξηση της ανθεκτικότητας των λιμενικών συστημάτων αποτελεί ένα σύγχρονο πεδίο έρευνας (Becker A. et al., 2015) και το πρώτο και βασικό βήμα είναι ο προσδιορισμός των ευάλωτων στοιχείων τους. Γι' αυτό το λόγο, υπάρχει πληθώρα δημοσιεύσεων που προσεγγίζει τον υπολογισμό της τρωτότητας, είτε μελετά την αύξηση της ανθεκτικότητας ενός συστήματος, είτε προτείνει μέτρα αντιμετώπισης και πυλώνες στρατηγικής είτε αφορά την ανάλυση συγκεκριμένων περιοχών (λιμένων ή παράκτιων περιοχών) και υπό συγκεκριμένες πιέσεις (ως προς την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, ακραίων καιρικών φαινομένων, κτλ.).

Η μελέτη του δείκτη λιμενικής τρωτότητας είναι ένα σύγχρονο αντικείμενο που απασχολεί την ερευνητική κοινότητα από το τέλος της δεκαετία του 1990. Τα ζητήματα λειτουργικότητας και οι επιπτώσεις μερικής ή/και ολικής άρσης της λειτουργίας των λιμένων που πρόκειται να εμφανισθούν λόγω της κλιματικής αλλαγής επέβαλε τη μελέτη των λιμένων ως ξεχωριστά και ταυτόχρονα ενιαία συστήματα σε σχέση με τη μελέτη της ευρύτερης παράκτιας ζώνης και των φυσικών χαρακτηριστικών αυτής. Χρησιμοποιώντας ως λέξεις κλειδιά την *τρωτότητα λιμένος* (port vulnerability) η μηχανή *Scopus* καταλήγει σε 1.198 αποτελέσματα, έναντι 424 αποτελεσμάτων μέσω *Google Scholar*. Τα 424 αποτελέσματα αφορούν την αναζήτηση δημοσιεύσεων με την ακριβή φράση *τρωτότητα λιμένος*. Η αναζήτηση αυτή επιτυγχάνεται με τη χρήση των συμβόλων "*port vulnerability*". Σε διαφορετική περίπτωση, μια απλή αναζήτηση μέσω *Google Scholar* των συγκεκριμένων λέξεων, χωρίς τη χρήση των συμβόλων, καταλήγει σε περίπου 957.000 αποτελέσματα. Το ιδιαίτερα μεγάλο πλήθος αποτελεσμάτων οφείλεται στο γεγονός ότι η *Google Scholar* εμφανίζει όλες τις δημοσιεύσεις (άρθρα, εργασίες, κτλ.) που αναφέρουν αυτές τις δύο

λέξεις έστω και μία φορά μέσα στο σώμα του κειμένου ή του τίτλου των δημοσιεύσεων και ανήκουν στη βιβλιοθήκη της. Στην παραπάνω αναζήτηση, προστίθενται οι λέξεις *κλιματική αλλαγή* (climate change), ώστε να περιορισθούν τα αποτελέσματα στην αρθρογραφία που αναφέρεται στην κλιματική αλλαγή, που ενδιαφέρει την παρούσα εργασία, αλλά και η λέξη *εκτίμηση* (αξιολόγηση ή υπολογισμός - assessment). Τα αριθμητικά αποτελέσματα της αναζήτησης εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3 Αποτελέσματα αναζήτησης βάσει λέξεων-κλειδιά (PVI) στη μηχανή Scopus & Google Scholar, τελευταία ενημέρωση 08/2022.

Λέξεις-Κλειδιά	Αποτελέσματα	
	Scopus	Google Scholar
Port Vulnerability	1.198	424
Port Vulnerability; climate change	153	149
Port Vulnerability Assessment	381	90



Διάγραμμα 2 Αποτελέσματα αναζήτησης Scopus περιόδου 1972-2023 με λέξεις κλειδιά: port vulnerability, port vulnerability; climate change, port vulnerability assessment, τελευταία ενημέρωση 08/2022.

Ακόμη, στο διάγραμμα που παρουσιάζεται, δίνονται τα αποτελέσματα βάσει της εκάστοτε αναζήτησης ανά χρονικό διάστημα 5 ετών. Η θετική τάση και η αύξηση των δημοσιεύσεων γύρω από το συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο είναι εμφανής την τελευταία δεκαετία.

Επισημαίνεται ότι η πτωτική τάση που παρουσιάζει το διάγραμμα είναι ψευδής, αφού για το χρονικό διάστημα 2021-2025 δεν έχουν δημοσιευθεί, αλλά και ούτε πραγματοποιηθεί ακόμη, όλες οι μελέτες που αφορούν το εν λόγω αντικείμενο. Γι' αυτό το λόγο, χρησιμοποιείται η μεταβλητή «X», ως ο άγνωστος αριθμός επιπλέον άρθρων/μελετών ή/και εργασιών που θα υπάρξουν στη διεθνή βιβλιογραφία. Ο περιορισμός, χρησιμοποιώντας τις λέξεις-κλειδιά, *κλιματική αλλαγή* και *εκτίμηση*, επιτυγχάνει τη μείωση του εύρους των αποτελεσμάτων σε δημοσιεύσεις που αναφέρουν την αξιολόγηση της τρωτότητα των λιμένων υπό το πρίσμα των επιπτώσεων την κλιματική αλλαγή. Πριν τη χρήση αυτού του ζεύγους λέξεων-κλειδιών, η αναζήτηση καταλήγει σε μελέτες τρωτότητας έναντι σεισμικής καταπόνησης ή άλλων φαινομένων ή γενικά σε δημοσιεύσεις που αναφέρουν έστω και μία φορά τις δύο λέξεις, λιμένας και τρωτότητα, μέσα στο κείμενό τους. Τέλος, η χρήση της λέξης *εκτίμηση* (assessment) επιλέγεται, ώστε να προσδιοριστούν οι δημοσιεύσεις που στοχεύουν σε πραγματική εφαρμογή και ανάπτυξη μεθοδολογίας στον υπολογισμό της τρωτότητας.

Το 2011, οι Hanson S. et al. συγκέντρωσαν δεδομένα από 136 λιμάνια του κόσμου, με στόχο την εκτίμηση της έκθεσης των μεγάλων λιμένων και του πληθυσμού των περιοχών στις οποίες ανήκουν έναντι παράκτιας πλημμύρας, λαμβάνοντας υπόψη τα σενάρια κοινωνικο-οικονομικών και κλιματικών αλλαγών. Οι παράκτιες πλημμύρες είναι αποτέλεσμα της αύξησης της στάθμης της θάλασσας, των έντονων καιρικών φαινομένων ή συνδυασμού αυτών. Η εν λόγω μελέτη αποδεικνύει ότι σαράντα 40 εκατομμύρια πολίτες είναι εκτεθειμένοι στις επιπτώσεις μιας παράκτιας πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς 1 στα 100 χρόνια. Μέχρι το 2070, ο πληθυσμός και οι υποδομές που θα εκτεθούν σε παράκτιες πλημμύρες και τις συνέπειες ενός τέτοιου φαινομένου δύναται να τριπλασιαστεί βάσει των ερευνητών. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίζεται στην ανάλυση και κατάταξη των διαθέσιμων δεδομένων σε παγκόσμια κλίμακα, που αφορούν τον πληθυσμό και τους επιλεγμένους λιμένες. Τα παραπάνω δεδομένα μελετώνται σε συνδυασμό με τα οικονομικά στοιχεία και τα σενάρια κλιματικής αλλαγής, ενώ πραγματοποιούνται παραδοχές όπου κρίνεται απαραίτητο.

Το ίδιο έτος (2011), οι McLaughlin B. et al. δημοσιεύουν τη μελέτη τους για την καταγραφή των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, με στόχο την ανάπτυξη κατάλληλης στρατηγικής προσαρμογής και μέτρων αντιμετώπισης των επιπτώσεων, στους λιμένες της Νέας Υόρκης και του Νιου Τζέρσεϋ. Η μελέτη ακολουθεί έξι (6) βασικά διακριτά βήματα. Αρχικά, καθορίζονται οι κλιματικές παράμετροι και αναλύονται τα μεγέθη των σεναρίων κλιματικής αλλαγής (η άνοδος της θερμοκρασίας και της στάθμης της θάλασσας, η μεταβολή του ποσοστό των κατακρημνίσεων και η συχνότητα εμφάνισης των ακραίων φαινομένων). Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η αξιολόγηση της τρωτότητας με δεδομένα που συμπεριλαμβάνουν επιτόπιες επισκέψεις στους δύο λιμένες, ιστορική καταγραφή των ακραίων φαινομένων που έχουν πλήξει τις εγκαταστάσεις και ανάλυση της κρισιμότητας αυτών. Ακολουθεί η ανάλυση διακινδύνευσης (risk analysis) της πιθανότητας και της συχνότητας εμφάνισης των ακραίων κλιματικών φαινομένων καθώς και η ιεράρχηση των υποδομών ως προς τον κίνδυνο και τις άμεσες συνέπειες σε μία πιθανή μερική ή/και πλήρη διακοπή της λειτουργίας τους. Η κατηγοριοποίηση των εγκαταστάσεων εκτιμήθηκε με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και τις συζητήσεις με το προσωπικό του PANYNJ (Port Authority of New York/New Jersey). Ο επίλογος της παραπάνω μελέτης δίνεται με την ανάπτυξη στρατηγικών τριών κατηγοριών: συντήρησης και λειτουργίας (συμπεριλαμβανομένων έργων υποδομής για την άμεση προστασία των λιμένων), επενδύσεις κεφαλαίου (μετεγκατάσταση κρίσιμων υποδομών ή σχεδιασμός νέων με στόχο την άμεση αποκατάσταση της λειτουργίας των λιμένων σε περιπτώσεις ακραίων φαινομένων) και ρυθμιστικές στρατηγικές, περιλαμβάνοντας τη γενικευμένη τροποποίηση σε τοπικό/εθνικό επίπεδο του σχεδιασμού.

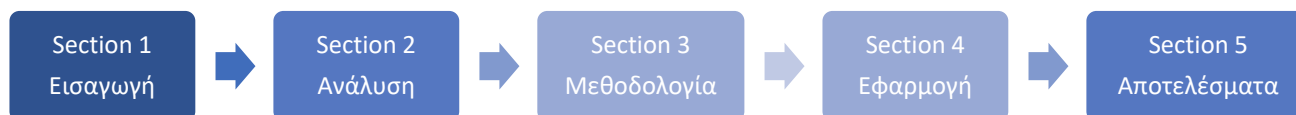
Το 2013, η Nursey-Bray M. και μία ομάδα ερευνητών από την Αυστραλία δημοσιεύουν την αξιολόγηση της τρωτότητας των λιμένων της εν λόγω ηπείρου. Διοργανώνονται συναντήσεις μελέτης (workshops) των εμπλεκόμενων μερών, ενώ η ανάλυση βασίζεται σε θεωρητική προσέγγιση και βιβλιογραφική ανασκόπηση βάθους είκοσι (20) χρόνων. Οι συναντήσεις που διοργανώθηκαν, δομήθηκαν σε δύο σκέλη θεματολογίας, στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους λιμένες και στην υιοθέτηση στρατηγικών και μέτρων που μπορούν να εφαρμοστούν για την αντιμετώπιση αυτών. Για τον καθορισμό της τρωτότητας, οι ερευνητές μελέτησαν τις πραγματικές ή πιθανές επιπτώσεις στο εκάστοτε λιμενικό σύστημα καθώς και την ικανότητά του να προσαρμοστεί σε αυτές. Οι άμεσες επιπτώσεις αφορούν το περιβάλλον, τη μεταβολή των τιμών

των κλιματικών παραμέτρων καθώς και τις προβλέψεις αυτών για το 2100, τα στοιχεία των υποδομών, τη σχέση (επαγγελματική, λειτουργική, κτλ.) των ανθρώπων με τους λιμένες, τους πιθανούς κινδύνους υγείας και ασφάλειας και τις επιπτώσεις σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας στη μεταφορική αλυσίδα. Τα αποτελέσματα της μελέτης καταλήγουν σε διαφορετικά μεγέθη τρωτότητας ανά λιμένα βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα, ενώ η αντιμετώπιση των υψηλά τρωτών λιμενικών συστημάτων απαιτεί τη συνδυασμένη δράση του ανθρώπινου δυναμικού, των πολιτικών αποφάσεων και των διαθέσιμων πόρων.

Το αντικείμενο της λιμενικής τρωτότητας τη δεκαετία 2010-2020 καταγράφει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον. Οι Hsieh C. H. et al., το 2014 μελετούν τέσσερα (4) διεθνή εμπορικά λιμάνια της Ταϊβάν, εισάγοντας το κριτήριο της αλληλεξάρτησης της καλής λειτουργίας των λιμένων στο σύνολο της μεταφορικής αλυσίδας. Για την αξιολόγηση, χρησιμοποιούνται δεκατέσσερις (14) παράμετροι από τη διεθνή βιβλιογραφία και ύστερα από διαβουλεύσεις σε συζητήσεις με ανοιχτή συμμετοχή. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών βοηθούν στην χαρτογράφηση της τελικής χωρο-λειτουργικής αλληλεξάρτησης, ενώ ως κύρια μέθοδος ανάλυσης επιλέγεται η ANP (Analytical Network Process) για τον προσδιορισμό των τιμών βάρους στις μεταβλητές του προβλήματος. Από τη μελέτη προκύπτει ότι η χωρητικότητα ενός λιμένα και η αποτελεσματικότητα του έργου που διενεργεί παρουσιάζουν υψηλή τρωτότητα και θα πρέπει να αξιολογούνται και να θέτονται προτεραιότητες από τους αρμόδιους λήψης αποφάσεων.

Οι Chhetri P. et al. το 2015 προχωρούν στη χαρτογράφηση της τρωτότητας, λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας αναπτύσσοντας ένα μοντέλο τριών διαστάσεων (3D model) για να αξιολογήσουν τις λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα σε ένα λιμένα και που άμεσα εξαρτώνται από τη στάθμη της θάλασσας. Το καινοτόμο χωρικό μοντέλο που δημιούργησαν, έδωσε τη δυνατότητα οπτικής αναπαράστασης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στα διάφορα κλιματικά σενάρια, δίνοντας τη δυνατότητα χαρτογράφησης της τρωτότητας των λιμενικών υποδομών και υπηρεσιών σε σχέση με τη θέση τους. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε για ένα προάστιο της Νέας Νότιας Ουαλίας στην Αυστραλία (Port Kembla). Οι ερευνητές έλαβαν υπόψη τις κλιματικές προβλέψεις του Αυστραλιανού οργανισμού CSIRO (Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization) και τα αντίστοιχα κλιματικά σενάρια με στόχο την ανάπτυξη στρατηγικών

προσαρμογής βασισμένες σε στοιχεία για την αντιμετώπιση του κινδύνου παράκτιας πλημμύρας. Η μελέτη χωρίζεται σε πέντε (5) βασικά μέρη, όπως φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 12 Διάρθρωση της μελέτης Chhetri P. et al., 2015 με στόχο την αξιολόγηση της τρωτότητας και τη δημιουργία στρατηγικής προσαρμογής στις κλιματικές αλλαγές της περιοχής Port Kembla.

- Εισαγωγή και θεωρητική προσέγγιση του θέματος,
- Ανάλυση της τρωτότητας και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους λιμένες,
- Περιγραφή των δεδομένων και της μεθοδολογίας δημιουργίας ενός τρισδιάστατου μοντέλου,
- Πολύ-επίπεδη αξιολόγηση της τρωτότητας στις υποδομές/λειτουργίες του λιμένα της περιοχής μελέτης (με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών) και τέλος,
- Συζήτηση των αποτελεσμάτων και ανάπτυξη στρατηγικών διαχείρισης σε πέντε επίπεδα.

Η αύξηση της συχνότητας των ακραίων φαινομένων, στο πλαίσιο των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής οδηγεί στη μελέτη και ανάπτυξη σχεδίων για την αντιμετώπιση και θωράκιση των λιμένων, με σκοπό την αδιάκοπη λειτουργία τους. Η προστασία της συνεχούς παροχής των υπηρεσιών και της εξυπηρέτησης του φορτίου ενός λιμένα εμπορευματοκιβωτίων θέτεται ως προτεραιότητα, σε σχέση με την ανταγωνιστικότητά και τη θέση του στη ναυτιλιακή αγορά. Με βάση τα παραπάνω, οι Dong-Taur Su et al., το 2016, μελετούν τρεις (3) λιμένες της Ανατολικής Ασίας, πραγματοποιώντας μία εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση των παραμέτρων για την αξιολόγηση της τρωτότητας και της ανθεκτικότητας των εν λόγω υποδομών. Στη μελέτη αναπτύσσονται τρεις (3) κύριες κατηγορίες υποδεικτών, που αφορούν 1) τις τοπικές και κυβερνητικές πολιτικές διαχείρισης, 2) την απόδοση των λιμενικών υποδομών και 3) την εφαρμογή των στρατηγικών της ναυτιλιακής αγοράς που αφορούν τις θαλάσσιες μεταφορές των φορτηγών πλοίων. Κάθε ένας από τους παραπάνω υποδείκτες αναλύεται και υπολογίζεται από ένα επιμέρους πλήθος παραμέτρων. Πραγματοποιείται η παράλληλη εφαρμογή δύο μεθόδων, για την πιο αξιόπιστη απόδοση βαρών τόσο στους τρεις υποδείκτες, όσο και στις μεταβλητές αυτών,

με στόχο την τελική σύγκριση των αποτελεσμάτων. Εφαρμόζεται η πολυκριτηριακή ανάλυση με τη χρήση δείγματος 19 ερωτηματολογίων, τα οποία δόθηκαν σε ανθρώπους με σημαντικές θέσεις στη λειτουργία των λιμένων για την απόδοση τιμών βάρους, αλλά και η μέθοδος cross-entropy σε δύο βήματα. Η εφαρμογή και των δύο μεθόδων αποδεικνύει ότι οι στρατηγικές που εφαρμόζονται στις θαλάσσιες μεταφορές των εμπορευματοκιβωτίων αυξάνουν την τρωτότητα του εκάστοτε λιμένα.

Το 2017, οι McIntosh R. D. & Becker A. αναλύουν τις μεθοδολογίες και τις μεταβλητές που ανέπτυξαν και μελέτησαν οι Hanson S. et al., το 2011 και οι Hsieh C. H. et al., το 2014, ενώ το 2018 δημοσιεύεται η μελέτη της Kontogianni A. et al. με στόχο την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου δείκτη αξιολόγησης της τρωτότητας των μικρών (αλιευτικών και μη) λιμενικών καταφυγίων της Λέσβου με τη χρήση γεωφυσικών, βιολογικών και κοινωνικό-οικονομικών παραμέτρων. Ο προτεινόμενος δείκτης περιλαμβάνει τρεις (3) κατηγορίες υποδεικτών, που αφορούν τα φυσικά, κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη λιμένων.

Φυσικός Υποδείκτης	Κοινωνικός Υποδείκτης	Οικονομικός Υποδείκτης
<ul style="list-style-type: none"> • Ελεύθερο περιθώριο μέχρι τη στάθμη της θάλασσας • Συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων • Σημαντικό ύψος κύματος • Σημαντικό μήκος κύματος 	<ul style="list-style-type: none"> • Είδος χρήσης • Βαθμός κατάληψης κρηπιδώματος • Χωρητικότητα • Απόσταση από τον αστικό ιστό • Πληθυσμός 	<ul style="list-style-type: none"> • Υλικά κατασκευής • Βυθοκορήσεις • Όγκος λίθων • Όγκος σκυροδέματος

Εικόνα 13 Παράμετροι των υποδεικτών που προτείνονται για τον ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου δείκτη τρωτότητας λιμένων (PV) βάσει της μελέτης των Kontogianni A. et al., 2018.

Η μεθοδολογία που ακολουθούν οι ερευνητές αποτελείται από έξι (6) βασικά βήματα: 1) λεπτομερής αναγνώριση της περιοχής, 2) δημιουργία βιβλιοθήκης δεδομένων, 3) αναγνώριση των κρίσιμων παραμέτρων, 4) απόδοση τιμών βάρους και αξιολόγηση της σημασίας των παραμέτρων τρωτότητας, 5) υπολογισμός δείκτη VI βάσει των εξισώσεων (1-3) που δίνονται στη δημοσίευση και τελική κατάταξη των 47 λιμένων της Λέσβου βάσει της εξίσωσης (4) της μελέτης και τελικά, 6) αναγνώριση των λιμένων υψηλότερης τρωτότητας με όρους κόστους-αποδοτικότητας. Τα αποτελέσματα εφαρμογής του δείκτη VI κατά Kontogianni A. et al., είναι σε θέση να παρέχουν ένα

σύνολο δεδομένων και πληροφοριών στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων της περιοχής, με σκοπό τη μείωση της τρωτότητας σε επιτρεπτά επίπεδα.

Οι McIntosh R. D. & Becker A., το 2019 προσκάλεσαν 154 ειδικούς, σε θέματα λειτουργίας, σχεδιασμού και τρωτότητας λιμένων και 64 άλλους συμμετέχοντες με στόχο να καταγράψουν και να επανεκτιμήσουν το σύνολο των δεικτών που ήταν διαθέσιμοι από τη βιβλιογραφία και που αφορούσαν την έκθεση των λιμένων στην κλιματική αλλαγή και τα ακραία φαινόμενα. Η μελέτη αφορούσε 22 μέτριας και υψηλούς χρήσης λιμάνια των Η.Π.Α., από την πλευρά του βόρειου Ατλαντικού ωκεανού. Για την πληρέστερη εκτίμηση της λιμενικής τρωτότητας, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν μία ολιστική προσέγγιση, κατανοώντας τις επιπτώσεις της λειτουργίας των λιμένων σε ολόκληρη την περιοχή στην οποία ανήκουν, τόσο στην οικονομία όσο και στα οικολογικά και περιβαλλοντικά συστήματα τα οποία μπορεί να επηρεάσουν. Στους συμμετέχοντες δόθηκαν δεδομένα από 34 μεταβλητές (περιγραφή, μονάδες μέτρησης, πηγή δεδομένων και παραδείγματα), με σκοπό να αξιολογήσουν εάν η εκάστοτε μεταβλητή σχετίζεται με την έκθεση, την ευαισθησία ή/και την ικανότητα προσαρμογής των λιμένων στην κλιματική αλλαγή. Οι ειδικοί και συμμετέχοντες πρότειναν ακόμη επτά (7) μεταβλητές, οι οποίες ωστόσο δε μπορούσαν να υποστηριχθούν από ανοιχτά δεδομένα, ώστε να μελετηθούν περαιτέρω. Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης από την αξιολόγηση των συμμετεχόντων, «ο πληθυσμός που βρίσκεται εντός της ζώνης παράκτιας πλημμύρας» αποτελεί την πρώτη παράμετρο μελέτης, που πρέπει να εξετάζεται για την αξιολόγηση της έκθεσης, της ευαισθησίας αλλά και της ικανότητας προσαρμογής των λιμενικών εγκαταστάσεων στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Το επόμενο έτος, οι ίδιοι ερευνητές με τη χρήση της πολυκριτηριακής ανάλυσης εισάγουν τιμές βάρους στις παραπάνω μεταβλητές και εφαρμόζουν τον εν λόγω δείκτη στους ίδιους λιμένες.

Στη διεθνή βιβλιογραφία, η αξιολόγηση της τρωτότητας αποτελεί είτε το βασικό αντικείμενο μιας μελέτης είτε μέρος της συνολικής μεθοδολογίας που ακολουθούν οι ερευνητές. Ο υπολογισμός της τρωτότητας αποτελεί μέρος ερευνών ανθεκτικότητας (resilience) ή ανάπτυξης στρατηγικών προσαρμογής ή πρότασης μέτρων αντιμετώπισης.

Πίνακας 4 Συγκεντρωτικός πίνακας βιβλιογραφικής ανασκόπησης εφαρμογής και ανάπτυξης δείκτη λιμενικής τρωτότητας.

Έτος	Περιοχή Μελέτης	Ομάδα Ερευνητών
2011	136 λιμένες παγκοσμίως	Hanson S. et al.
2011	2 λιμένες, Νέα Υόρκη & Νιου Τζέρσεϋ	McLaughlin B. et al.
2013	Λιμένες, Αυστραλία	Nursey-Bray M. et al.
2014	4 διεθνείς εμπορικοί λιμένες	Hsieh C. H. et al.
2015	Λιμένας και ευρύτερη περιοχή προαστίου Port Kembla, Αυστραλία	Chhetri P. et al.
2016	3 λιμένες, Ανατολική Ασία	Dong-Taur Su et al.,
2017	Ανάλυση μεθόδων	McIntosh R. D. & Becker A.
2018	Αλιευτικά & μικρά καταφύγια της Λέσβου, Ελλάδα	Kontogianni A. et al.
2019	22 λιμένες στην πλευρά του β. Ατλαντικού, Η.Π.Α. / Ανάλυση μεταβλητών	McIntosh R. D. & Becker A.
2020	22 λιμένες στην πλευρά του β. Ατλαντικού, Η.Π.Α. / Εφαρμογή δείκτη	McIntosh R. D. & Becker A.
2021	Λιμένας Mobile Αλαμπάμα, Η.Π.Α.	Abdelhafez M., et al.

3.2.3 Κριτική του Δείκτη Λιμενικής Τρωτότητας – PVI

Την τελευταία δεκαετία, η επίδραση των επιπτώσεων της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, λόγω κλιματικής αλλαγής, στις λιμενικές υποδομές και στο σύνολο των λειτουργιών που εξυπηρετεί ένας λιμένας, απασχολούν ιδιαίτερα τους επιστήμονες. Για την αξιολόγηση της

τρωτότητας χρησιμοποιούνταν μεταβλητές που δεν αφορούσαν μόνο τα φυσικά ή κλιματικά χαρακτηριστικά, αλλά και μεταβλητές που λάμβαναν υπόψη την οικονομική και κοινωνική κατάσταση της ευρύτερης περιοχής, αλλά και τα τεχνικά δεδομένα της υποδομής. Σε όλες τις μελέτες, γίνεται κατανοητό πως η αξιολόγηση της τρωτότητας έχει ως στόχο την αύξηση της ανθεκτικότητας, την ανάπτυξη κατάλληλων στρατηγικών, τον εντοπισμό κινδύνων και τη διατήρηση της συνολικής λειτουργίας της αλυσίδας (υπηρεσίες και μεταφορές) που εξυπηρετεί ένα λιμάνι. Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, με το πέρας των ετών, η μεθοδολογία υπολογισμού της τρωτότητας δεν παραμένει σταθερή, ούτε υπάγεται σε ένα συγκεκριμένο τυπολόγιο. Εισάγονται συνεχώς νέες μεταβλητές και μέθοδοι βελτιστοποίησης και ανάλυσης.

Η αρχική εφαρμογή ακολούθησε τα βήματα και τη λογική υπολογισμού του CVI, ωστόσο γίνεται κατανοητό εντός της επιστημονικής κοινότητας πως η αξιολόγηση της τρωτότητας ενός λιμένα διαφοροποιείται από την ευρύτερη παράκτια ζώνη. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην καθημερινή λειτουργία ενός λιμένα μπορούν άμεσα να επηρεάσουν την τοπική κοινωνία, την εθνική οικονομία και διάφορα μέρη της ναυτιλιακής αγοράς. Στις μελέτες που αναπτύχθηκαν παραπάνω, φαίνεται πως η αξιολόγηση της τρωτότητας εφαρμόζεται για λιμένες σε όλον τον κόσμο (Η.Π.Α., Αυστραλία, Ασία, κτλ.), ενώ και πάλι η απόδοση τιμών βάρους και η κατάταξη της σημασίας των εκάστοτε μεταβλητών απασχολεί και προβληματίζει ιδιαίτερα τους ερευνητές. Χρησιμοποιείται η κρίση ειδικών για την αξιολόγηση των μεταβλητών και μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης, ενώ οι τιμές αυτές μεταβάλλονται βάσει των χαρακτηριστικών της περιοχής στην οποία ανήκει ένα λιμάνι.

Για την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου δείκτη τρωτότητας λιμένα χρησιμοποιούνται κλιματικά δεδομένα, κοινωνικά δεδομένα, οικονομικά στοιχεία, χαρακτηριστικά εξυπηρέτησης και αποδοτικότητας της υποδομής, αλλά και τεχνικά δεδομένα. Η ηλικία, το μέγεθος, η χρήση αλλά και η κατάσταση των υποδομών αποτελούν τεχνικά χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην αύξηση της τρωτότητάς του. Στο ίδιο επίπεδο, μελετώνται οι πιέσεις τις οποίες δέχεται, αλλά και το ευρύτερο κοινωνικό-οικονομικό περιβάλλον στο οποίο ανήκει. Η ιεράρχηση και η κατανομή τιμών βάρους στις παραμέτρους που επιλέγονται μελετώνται ανά περίπτωση. Η μελέτη της τρωτότητας συνδέεται με την αύξηση της ανθεκτικότητας και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι για την ολοκληρωμένη διαχείριση των λιμένων έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, αφού

πρόκειται για τις πρώτες υποδομές που πλήττονται από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Με αυτό τον τρόπο αναπτύσσονται στρατηγικές προσαρμογής, λαμβάνονται μέτρα αντιμετώπισης και αξιολογούνται οι λιμένες υψηλής, μέτριας & χαμηλής τρωτότητας, με σκοπό την προστασία των υψηλά τρωτών, αλλά και τη θωράκιση όλων.

3.3 Αξιολόγηση Συνδυασμού CVI & PVI

Στις παραπάνω παραγράφους ανασκοπείται η διεθνής βιβλιογραφία με σκοπό την κατανόηση της έννοιας της τρωτότητας των συστημάτων υπό το πρίσμα των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και καταγράφονται οι διάφορες μεθοδολογίες ανά τους ερευνητές και τον κόσμο. Σήμερα, στο πλαίσιο ανάπτυξης μίας ολοκληρωμένης στρατηγικής και σχεδιασμού που απαιτούν οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι ερευνητές καλούνται στη μελέτη ενός λιμενικού συστήματος να λάβουν υπόψη τις παραμέτρους της παρακείμενης παράκτιας περιοχής και αντίστοιχα στη μελέτη μίας παράκτιας ζώνης να λάβουν υπόψη τις μεταβλητές και λειτουργίες της λιμενικής υποδομής που μπορεί η υπό μελέτη παράκτια περιοχή να διαθέτει. Γίνεται κοινώς αποδεκτό πως η μελέτη μίας παράκτιας περιοχής, στην οποία λειτουργεί ένας λιμένας, δε μπορεί να μη λάβει υπόψιν τις πιέσεις της τεχνικής υποδομής στο σύνολο της ζώνης. Αντίστοιχα, οι λειτουργίες ενός λιμένα εξαρτώνται άμεσα τόσο από τα κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία ανήκει, όσο και από τις ιδιαιτερότητες του οικοσυστήματος, των κατά περίπτωση παράκτιων βιοτόπων ή προστατευόμενων περιοχών που μπορεί να υπάρχουν σε κοντινή απόσταση.

Από τον παραπάνω συλλογισμό γεννάται το ερώτημα κατά πόσο τελικά, η αποσπασματική μελέτη της τρωτότητας μίας παράκτιας περιοχής, μέσω του CVI και ενός λιμένα, μέσω του PVI, μπορεί να καταλήξει σε ορθό σχεδιασμό και σωστά αποτελέσματα. Στην εφαρμογή αξιολόγησης του δείκτη λιμενικής τρωτότητας σε ένα σύνολο λιμένων, οι ερευνητές στοχεύουν στην καταγραφή των λιμένων που πρόκειται να παρουσιάσουν υψηλή τρωτότητα με σκοπό την εφαρμογή μέτρων προστασίας. Η υψηλή τρωτότητα σε ένα λιμένα θα αποδοθεί με την άρση της λειτουργίας του ή τη γενικότερη δυσκολία στην πλήρη παροχή των υπηρεσιών του, σε περιπτώσεις έντονων καιρικών φαινομένων ή σε περιπτώσεις καταπόνησης από σημαντικά ύψη κύματος και η αντιμετώπιση αυτών θα δοθεί με το σχεδιασμό έργων προστασίας και σχεδίων αντιμετώπισης. Ωστόσο, με βάση τα παραπάνω οι έρευνες καταλήγουν σε αποσπασματικά αποτελέσματα, αφού οι επιπτώσεις των

έντονων καιρικών φαινομένων ή των υψηλών κυματισμών πρόκειται να πλήξουν το σύνολο της ζώνης στην οποία βρίσκεται ο λιμένας και πιθανόν να επιφέρουν προβλήματα στο σύνολο της περιοχής, στο δίκτυο, στις δραστηριότητες και τις υποδομές της.

Με βάση τις αρχές του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αλληλεπιδράσεις των δραστηριοτήτων και των χρήσεων που εμφανίζεται σε μία παράκτια περιοχή, δημιουργώντας ένα ενιαίο σύστημα δυναμικών λειτουργιών άμεσα εξαρτώμενων. Η ολοκληρωμένη μελέτη της τρωτότητας μίας παράκτιας περιοχής (παράκτιας ζώνης, θαλάσσιου χώρου και υποδομών) με τη χρήση μεταβλητών και αριθμητικών στοιχείων (όπως στον υπολογισμό των δεικτών) φαίνεται να είναι ένα νέο μεγάλο πεδίο έρευνας για τον παράκτιο και θαλάσσιο χώρο που οφείλει να ακολουθήσει την ίδια συλλογιστική. Οι πιέσεις που δημιουργεί ο κυκλοφοριακός φόρτος του λιμένα στο θαλάσσιο περιβάλλον, η αλιεία ή οι υδατοκαλλιέργειες, ο τουρισμός ή η ύπαρξη προστατευόμενων φυσικών περιοχών ή εκβολών παρακείμενα μίας λιμενικής υποδομής αποτελούν άρρηκτα συνδεδεμένες παραμέτρους μελέτης. Σε αυτό το πλαίσιο, προτείνεται η ολιστική μελέτη της τρωτότητας μίας περιοχής ως ένα **ενιαίο σύστημα**, λαμβάνοντας υπόψη το πλήθος των φυσικών, τεχνικών και κοινωνικό-οικονομικών χαρακτηριστικών αυτής, μέσω μετρήσιμων παραμέτρων.

4. Εφαρμογή – Συνδυασμένος Δείκτης & Συλλογή Δεδομένων

4.1 Πλήρης Καταγραφή Ολοκληρωμένου Δείκτη Μελέτης Συστήματος

Στο 3^ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας πραγματοποιείται η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας με σκοπό την κατανόηση των μεθοδολογιών της αξιολόγησης της τρωτότητας της παράκτιας ζώνης και των λιμένων. Μέχρι σήμερα, η εφαρμογή που γίνεται μέσω δεικτών (CVI, PVI) είναι αποσπασματική και δεν υπάρχουν ενδεικτικές εφαρμογές μελέτης ενιαίων συστημάτων, με τρόπο συλλογικό χρησιμοποιώντας μετρήσιμες παραμέτρους. Για τους σκοπούς παρουσίασης μίας νέας μεθοδολογίας, η παρούσα εργασία παρουσιάζει το σύνολο των παραμέτρων, που εμφανίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία και αφορούν στα διάφορα χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής, με σκοπό την αξιολόγηση της τρωτότητας μίας περιοχής με κεντρικό άξονα τη λιμενική υποδομή, λαμβάνοντας υπόψη ένα σύνολο ιδιοτήτων της.

Για τη βέλτιστη κατηγοριοποίηση δύναται να χρησιμοποιηθούν τέσσερις (4) βασικοί υποδείκτες:

1. **Φυσικός Υποδείκτης** (Physical Sub-index), που αφορά το σύνολο των κλιματικών χαρακτηριστικών της περιοχής, τη μορφολογία-γεωλογία αλλά και τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά που επικρατούν.
2. **Τεχνικός Υποδείκτης** (Infrastructure Sub-index), που αφορά κυρίως τα τεχνικά χαρακτηριστικά της λιμενικής υποδομής, το δίκτυο της περιοχής αλλά και την προσβασιμότητα.
3. **Περιβαλλοντικός Υποδείκτης** (Environmental Sub-index), που αφορά τις περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, τον αριθμό των ειδών και την ιδιαίτερη πανίδα και χλωρίδα που φιλοξενείται στην περιοχή.
4. **Κοινωνικο-οικονομικός Υποδείκτης** (Socio-Economic Sub-index), που αφορά τα κοινωνικά πληθυσμιακά στοιχεία της περιοχής, γενικά οικονομικά στοιχεία, αλλά και στοιχεία που σχετίζονται με τη λειτουργία του λιμένα.

Σε μία πρώτη καταγραφή, αποτυπώνονται συνολικά 82 μεταβλητές από τη διεθνή βιβλιογραφία που αφορούν τη μελέτη της τρωτότητας μίας παράκτιας περιοχής ή ενός λιμένα, ενώ στη συνέχεια και έπειτα από ομαδοποίηση και ανασκόπηση των εν λόγω στοιχείων, η παρούσα εργασία

καταλήγει στην παρουσίαση 40 μεταβλητών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη ενός ενιαίου συστήματος. Γίνεται κατανοητό, πως η κάθε περιοχή μελέτης οφείλει να μελετάται ξεχωριστά και το σύνολο των μεταβλητών να αναπροσαρμόζονται ανά περίπτωση. Πολλές φορές η μεθοδολογία διαμορφώνεται και από τα διαθέσιμα δεδομένα. Η κατηγοριοποίηση ακολουθεί τρία επίπεδα (Υποδείκτης-Κατηγορίες-Παράμετροι). Οι παράμετροι των υποδεικτών κατατάσσονται σε κατηγορίες με βάση τα χαρακτηριστικά που περιγράφουν. Επομένως, στους τέσσερεις υποδείκτες, υπάγονται 12 κατηγορίες εντός των οποίων διαμορφώνονται οι 40 παράμετροι που επιλέγονται.

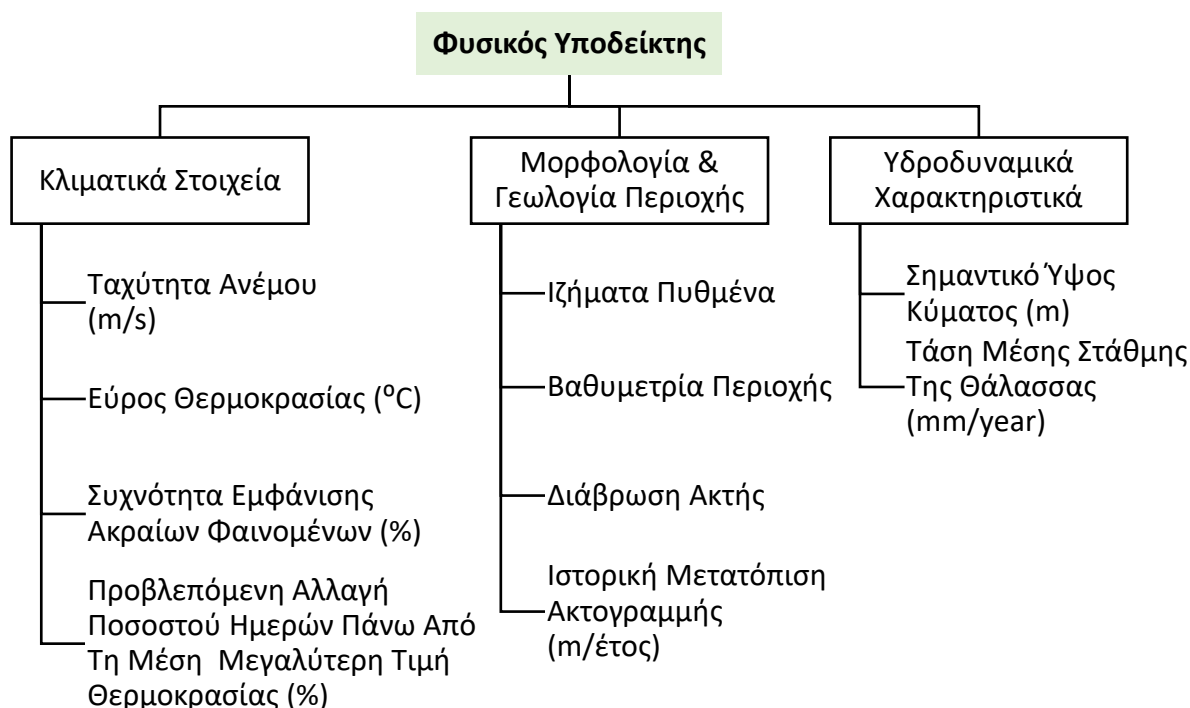
Η εν λόγω μεθοδολογία προτείνει την απόδοση αριθμητικών τιμών στην εκάστοτε παράμετρο με βάση την κλίμακα 1-5. Για το σκοπό αυτό σε κάθε παράμετρο αναφέρεται η σημασία της βαθμολογίας με [1] – πολύ χαμηλή ή [5] – πολύ υψηλή στην τελική αξιολόγηση της τρωτότητας, ώστε να καταστεί πλήρως κατανοητή από τον αναγνώστη η χρήση της εκάστοτε παραμέτρου στη μελέτη ενός ενιαίου συστήματος με κεντρικό πυλώνα τον λιμένα.

Αξιολόγηση Τρωτότητας Ενιαίου Συστήματος (Παράκτια Ζώνη - Λιμένας)



Εικόνα 14 Παρουσίαση υποδεικτών και των αντίστοιχων κατηγοριών των παραμέτρων που δίνονται στην παρούσα εργασία για την αξιολόγηση της τρωτότητας ενός ενιαίου συστήματος παράκτιας ζώνης και λιμένος (πηγή: ιδία επεξεργασία).

- ✓ Στο παράρτημα της παρούσας εργασίας δίνεται ο πίνακας με το σύνολο των παραμέτρων που παρουσιάζονται παρακάτω, καθώς και η σημασία αυτών στην τελική βαθμολόγηση.



Εικόνα 15 Παράμετροι υπό μελέτη ανά κατηγορίες φυσικού υποδείκτη (πηγή: ίδια επεξεργασία).

Ο πρώτος υποδείκτης που προτείνεται περιλαμβάνει τα κλιματικά χαρακτηριστικά, εξετάζει την μορφολογία του εδάφους και τη γεωλογία της περιοχής καθώς και τα βασικά υδροδυναμικά στοιχεία. Για την καλύτερη κατηγοριοποίηση του **φυσικού υποδείκτη** χρησιμοποιούνται 3 κατηγορίες κι ένα σύνολο 10 παραμέτρων, ικανών να περιγράψουν πλήρως τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής και τις κλιματικές συνθήκες.

Παρακάτω, αναλύεται η σημασία των παραμέτρων σε ένα σύστημα βαθμολογίας με κλίμακα το ένα (1) έως πέντε (5), ερμηνεύοντας τη σημασία των ακραίων τιμών που θα δοθούν από τους ερευνητές, με σκοπό τη συμβολή εκάστοτε παραμέτρου στη πολύ χαμηλή έως πολύ υψηλή τρωτότητα του συστήματος.

- **Κλιματικά Στοιχεία:**

- ❖ **Ταχύτητα Ανέμου (speed wind):** Η κλίμακα διαμορφώνεται από την άπνοια (1), όπου δεν προκαλούνται προβλήματα στη λειτουργία του λιμένα έως τις συνθήκες όπου γίνεται παύση των εργασιών και που ο λιμένας δε μπορεί να δεχτεί και να εξυπηρετήσει κανένα είδους πλοίο, φορτίο ή υπηρεσία (5) (χρήση παραμέτρου από Wiegel, M. et al., 2002). Χαρακτηριστικό παράδειγμα για την εν λόγω απόδοση τιμών είναι η κλίμακα Beaufort:

Πίνακας 5 Κλίμακα Beaufort Ανέμων και χαρακτηρισμός εντάσεων.

Κλίμακα Beaufort Ανέμων					
Beaufort	Χαρακτηρισμός	Ένταση (m/s)	Beaufort	Χαρακτηρισμός	Ένταση (m/s)
0	Άπνοια	<0.5	7	Ισχυρός άνεμος	14.4-17
1	Υποπνέων	0.5-1.5	8	Σφοδρός άνεμος	17.5-20.6
2	Ασθενής Αύρα	2.1-3.1	9	Ορμητικός άνεμος	21.1-24.2
3	Λεπτή αύρα	3.6-5.1	10	Θύελλα	24.7-28.3
4	Μέτρια αύρα	5.7-8.2	11	Σφοδρή θύελλα	28.8-32.4
5	Λαμπρή αύρα	8.7-10.8	12	Τυφώνας	32.9-36.5
6	Ισχυρή αύρα	11.3-13.9			

Με βάση την παραπάνω κλίμακα θα μπορούσε ενδεικτικά να δημιουργηθεί η παρακάτω κλίμακα εύρους για τη βαθμολογία της παραμέτρου, με βάση τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης.

Πολύ Χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ ψηλή (5)
<1.5	1.6-5.5	5.6-10.9	11.0-16.9	>17

- ❖ **Εύρος θερμοκρασίας (temperature range):** Η κλίμακα διαμορφώνεται από το μικρό εύρος διαφοράς μεταξύ των θερμοκρασιών στο ίδιο έτος για την περιοχή (1), έως μεγάλες διακυμάνσεις στις αλλαγές της θερμοκρασίας με πολύ θερμά καλοκαίρια και ψυχρούς χειμώνες.
- ❖ **Συχνότητα εμφάνισης των ακραίων φαινομένων (frequency of extreme weather events):** Η βαθμολογία πολύ χαμηλή με τιμή (1) θα δοθεί σε περιπτώσεις όπου τα καιρικά φαινόμενα είναι αξιολογήσιμα με βάση την εποχή και δεν παρατηρείται αύξηση της έντασής τους, ενώ η τιμή πολύ υψηλή (5) θα δοθεί με βάση τα σενάρια μέγιστης εμφάνισης των ακραίων φαινομένων.
- ❖ **Προβλεπόμενη αλλαγή ποσοστού ημερών πάνω από τη μέση μεγαλύτερη τιμή θερμοκρασίας (projected change in days above baseline extremely hot temperature):**

Αντίστοιχα η βαθμολογία (1) αποδίδει ότι δεν υπάρχει καμία αλλαγή στην αύξηση των θερμών ημερών, ενώ αντίστοιχα η βαθμολογία (5) δηλώνει τη μέγιστη αύξηση των θερμών ημερών. Η εν λόγω παράμετρος μπορεί να λάβει υπόψη τα σενάρια κλιματικής αλλαγής και να επανεξεταστεί για τις διάφορες περιπτώσεις.

- **Μορφολογία & γεωλογία περιοχής:**

- ❖ **Ιζήματα πυθμένα:** Η βαθμολογία ξεκινά με εδάφη υψηλής αντοχής και πυκνότητας που παρουσιάζουν χαμηλή τρωτότητα έναντι των αλλαγών σε καιρικά φαινόμενα και την έντονη κυματική φόρτιση, μέχρι τα εδάφη χαμηλής αντοχής και έντονης διαπερατότητα που τείνουν να δημιουργήσουν τεχνικές δυσλειτουργίες στον λιμένα. Ενδεικτικά, η βαθμολογία μπορεί να δοθεί από τη διεθνή βιβλιογραφία ως εξής:

Πολύ Χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ ψηλή (5)
Βράχος	Σκληρή / συνεκτική άργιλος	Αμμώδης άργιλος, χονδρόκοκκη άμμος	Μεσόκοκκη / λεπτόκοκκη άμμος	Λάσπη-ιλύς

Με βάση το παραπάνω, σε μία περιοχή μελέτης που χαρακτηρίζεται από βραχώδη εδάφη, θα παρουσιάσει χαμηλότερη τρωτότητα προς αυτή την παράμετρο έναντι μίας περιοχής με εδάφη λεπτόκοκκης άμμου.

- ❖ **Βαθυμετρία περιοχής (bathymetry – slope):** Οι περιοχές με ήπιες κλίσεις παρουσιάζουν χαμηλή τρωτότητα, ενώ οι περιοχές με υψηλές και απότομες κλίσεις παρουσιάζουν αυξημένη τρωτότητα.
- ❖ **Διάβρωση ακτής (beach erosion):** Ακτές στις οποίες δεν παρατηρείται το φαινόμενο της διάβρωσης παρουσιάζουν χαμηλότερη τρωτότητα, ενώ σε ακτές όπου υπάρχει έντονη διάβρωση, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα εντείνουν την τρωτότητά τους.

Ιστορική μετατόπιση της ακτογραμμής: Περιοχές με μη σημαντική μετατόπιση της ακτογραμμής παρουσιάζουν χαμηλή τρωτότητα, ενώ περιοχές με έντονη μετατόπιση της

ακτογραμμής θα παρουσιάσουν υψηλότερη. Το εύρος βαθμολογίας μπορεί να δοθεί ανά εκατοστά οπισθοχώρησης της ακτογραμμής το χρόνο.

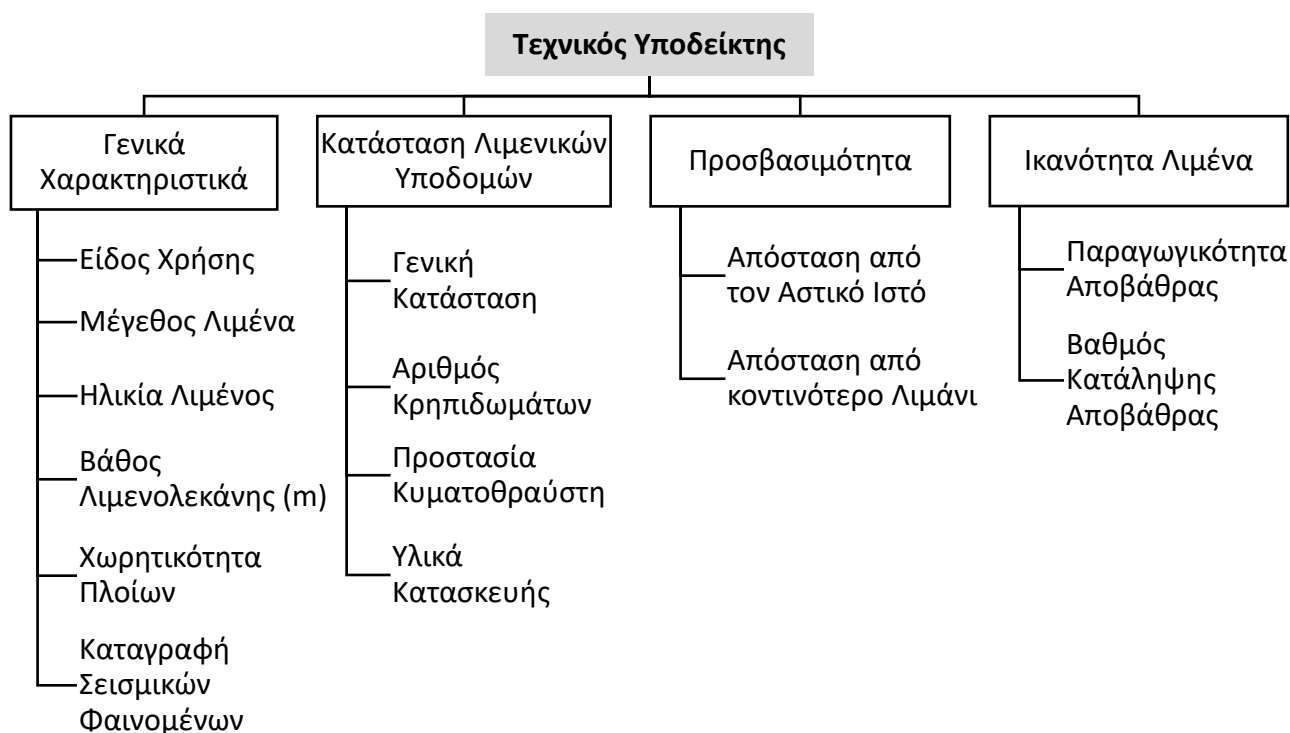
- **Υδροδυναμικά στοιχεία:**

- ❖ **Σημαντικό ύψος κύματος (important wave height):** Η εν λόγω παράμετρος αναφέρεται και χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο πλήθος μελετών. Θεωρείται ότι η βαθμολογία για την πολύ υψηλή τρωτότητα θα δοθεί στις περιπτώσεις πρόσπτωσης κυματισμών με το ανώτατο επιτρεπτό όριο για την καλή λειτουργία του λιμένα. Εάν επηρεάζεται η καλή λειτουργία και γίνεται άρση των εργασιών θεωρείται ότι αυξάνεται η τρωτότητα του λιμένα. Με βάση τη μελέτη των Kontogianni A. et al., 2019 δίνονται παρακάτω οι τιμές σημαντικού ύψους κύματος που χρησιμοποιήσαν για τη βαθμολογία των λιμένων της έρευνάς τους.

Πολύ Χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ ψηλή (5)
<0.3 m	0.3-0.6 m	0.7-1.0 m	1.1-1.4 m	>1.5 m

- ❖ **Τάση μέσης στάθμης της θάλασσας (sea level trend):** Στην περίπτωση αυτής της παραμέτρου εξετάζεται από τη μία πλευρά η μη μεταβολή στη μέση στάθμη της θάλασσας και από την άλλη μπορούν να εισαχθούν τιμές με βάση τα σενάρια της κλιματικής αλλαγής. Η μέθοδος επιτρέπει την εύκολο επαναξιολόγηση και αναβαθμολόγηση.

Στη συνέχεια, αναπτύσσεται ο **τεχνικός υποδείκτης**, ο οποίος καλύπτει τα χαρακτηριστικά του λιμένα, ως κεντρική τεχνική υποδομή εντός της παράκτιας ζώνης. Για τη μελέτη αυτού προτείνονται 4 κατηγορίες παραμέτρων, όπως φαίνονται στην επόμενη εικόνα 16, που αφορούν τα γενικά χαρακτηριστικά της υποδομής, την υφιστάμενη κατάσταση, την προσβασιμότητα και την ικανότητα του λιμένα.



Εικόνα 16 Παράμετροι υπό μελέτη ανά κατηγορίες τεχνικού υποδείκτη (πηγή: ίδια επεξεργασία).

- **Γενικά χαρακτηριστικά:**

- ❖ **Είδος χρήσης (professional usage):** Χαμηλή τρωτότητα έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζουν τα είδη των λιμένων που σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας δεν θα υπάρξουν ιδιαίτερες επιπτώσεις στο σύνολο της περιοχής (π.χ. τα αλιευτικά καταφύγια). Στην αντίθετη περίπτωση σε λιμένες διεθνούς σημασίας, εξυπηρέτησης επιβατών και φορτίων η τρωτότητα έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής αυξάνεται.
- ❖ **Μέγεθος λιμένος (harbor size):** Μεγαλύτερου μεγέθους λιμάνια, διαθέτουν έργα προστασίας και σύγχρονα συστήματα και σχέδια προστασίας έναντι καιρικών και άλλων φαινομένων της κλιματικής αλλαγής. Οι πολύ μικροί λιμένες (μικρά αλιευτικά ή θέσεις πρόσδεσης σε παραθαλάσσια χωριά παρουσιάζουν αυξημένη τρωτότητα έναντι αύξησης των φαινομένων κλιματικής αλλαγής (έλλειψη υποδομών και προστασίας).
- ❖ **Ηλικία λιμένος (age of infrastructure):** Οι σύγχρονοι λιμένες είναι λιγότερο τρωτοί έναντι των φαινομένων της κλιματικής αλλαγής. Φέρουν σύγχρονες υποδομές στο σχεδιασμό των οποίων πλέον εφαρμόζονται τα σενάρια αύξησης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Λιμένες μεγαλύτεροι σε ηλικία παρουσιάζουν υψηλότερη τρωτότητα, λόγω της παλαιότητας των

υποδομών και της υψηλότερης καταπόνησή τους τόσο σε καιρικά φαινόμενα όσο και σε κυματική φόρτιση. Πιθανό να έχουν ξεπεράσει τα έτη για τα οποία σχεδιάστηκαν.

- ❖ **Βάθος λιμενολεκάνης (depth):** Το μεγάλο φυσικό βάθος της λιμενολεκάνης δε δημιουργεί εύκολα προβλήματα συγκράτησης φερτών άρα μειώνεται η τρωτότητα. Σε πιο μικρά βάθη λιμενολεκάνης απαιτούνται συνεχείς έλεγχοι και βυθοκορήσεις, αυξάνοντας την τρωτότητα.
- ❖ **Χωρητικότητα πλοίων (vessel capacity):** Όταν πρόκειται για λιμένες που εξυπηρετούν πλοία μικρής χωρητικότητας, αναφέρονται λιμένας μικρότερης σημασίας και δεν επηρεάζεται η τρωτότητά τους. Η εξυπηρέτηση πλοίων μεγάλης χωρητικότητας προσδίδουν υψηλή τρωτότητα.
- ❖ **Καταγραφή σεισμικών φαινομένων εντός 50 ετών (earthquake effect):** Οι λιμένες που βρίσκονται σε περιοχές με εξασθενημένη σεισμική δραστηριότητα και που δεν έχουν καταγραφεί ποτέ μεγάλες δονήσεις και προβλήματα στις υποδομές τους παρουσιάζουν χαμηλή τρωτότητα. Οι λιμένες που βρίσκονται σε περιοχές υψηλής σεισμικής δραστηριότητας με αποτέλεσμα οι υποδομές να υφίστανται καταπόνηση, ρηγματώσεις και κατά περίπτωση μέρη του λιμένα να τίθεται εκτός λειτουργίας.
- **Κατάσταση λιμενικών υποδομών:**
- ❖ **Κατάσταση Υποδομών (general port infrastructure state):** Για την αξιολόγηση αυτής της παραμέτρου απαιτείται επιτόπια επίσκεψη λιμενολόγου στην περιοχή μελέτης. Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις και οι κατασκευές των τελευταίων ετών χωρίς να έχουν παρουσιάσει κανένα είδος τεχνικού προβλήματος παρουσιάζουν χαμηλότερη τρωτότητα έναντι, παλαιών λιμενικών υποδομών με εμφανείς ρηγματώσεις, προσχώσεις στη λιμενολεκάνη, διάβρωση οπλισμού κρηπιδότοιχων και εμφανή προβλήματα υποδομών που εμποδίζουν τη λειτουργία.
- ❖ **Προστασία Κυματοθραύστη (breakwater protection):** Η πλήρης προστασία ενός λιμένα έναντι των κυματικών φορτίσεων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της τρωτότητας. Η έλλειψη οποιασδήποτε εξωτερικής προστασίας του λιμένα τον καθιστά ευάλωτο και υψηλά τρωτό στην κυματική φόρτιση σε σημείο διακοπής της λειτουργίας του.
- ❖ **Υλικά κατασκευής (construction Materials):** Τα σύγχρονα υλικά υψηλής αντοχής μειώνουν την τρωτότητα, σε αντίθεση με το ξύλο ή άλλα υλικά παλιών κατασκευών που αυξάνουν την τρωτότητα.

- **Προσβασιμότητα:**

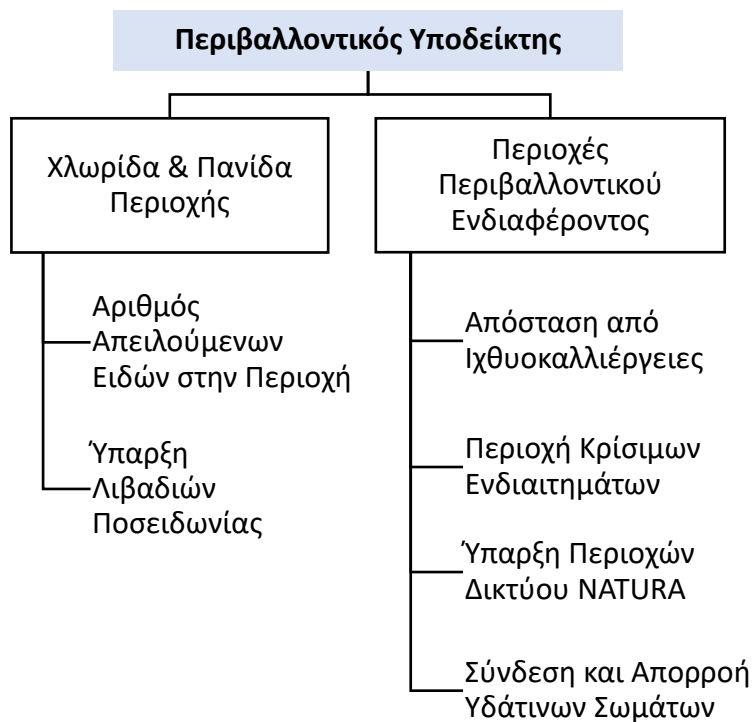
- ❖ **Απόσταση από τον αστικό ιστό (distance from urban area):** Όταν ο λιμένας βρίσκεται εντός αστικού ιστού υπάρχει άμεση σύνδεση με το δίκτυο της πόλης, τόσο οδικά, σιδηροδρομικά ενώ οποιαδήποτε υποδομή ανάγκης είναι εύκολα προσβάσιμη. Ένας λιμένας αποκομμένος από το λοιπό δίκτυο λιμένων, ο οποίος δε μπορεί να δώσει εναλλακτική λύση σε πλοίο που τον προσεγγίζει και αδυνατεί να προσδέσει σε αυτόν δημιουργεί υψηλή τρωτότητα και μειώνει την απόδοσή του.
- ❖ **Απόσταση από το κοντινότερο λιμάνι (distance to nearest alternative seaport):** Όταν υπάρχει εναλλακτικός λιμένας (όχι απαραίτητα ίδιων διαστάσεων και υποδομών), αλλά ικανός να εξυπηρετήσει πλοία που αδυνατούν για οποιοδήποτε λόγο να προσεγγίσουν τον πρώτο η τρωτότητα του μειώνεται. Ένας λιμένας αποκομμένος από το λοιπό δίκτυο λιμένων, ο οποίος δε μπορεί να δώσει εναλλακτική λύση σε πλοίο που τον προσεγγίζει και αδυνατεί να προσδέσει σε αυτόν δημιουργεί υψηλή τρωτότητα και μειώνει την απόδοσή του.

- **Ικανότητα λιμένος:**

- ❖ **Παραγωγικότητα Αποβάθρας (wharf productivity):** Η μειωμένη παραγωγικότητα σημαίνει τη μικρή παρουσία μηχανοκίνητων και εξοπλισμού άρα και μειωμένη τρωτότητα. Η αυξημένη παραγωγικότητα απαιτεί βάρδιες προσωπικού / εξοπλισμό αποβάθρας και ύπαρξη γερανών / περονοφόρων κτλ. δημιουργώντας υψηλή τρωτότητα στο λιμένα για την αδιάκοπη συνέχεια των υπηρεσιών του.
- ❖ **Βαθμός κατάληψης αποβάθρας (berth occupancy rate):** Ο υψηλός βαθμός κατάληψης της αποβάθρας σημαίνει υψηλές τιμές εξυπηρέτησης φορτίου / πλοίων και επιβατών με αποτέλεσμα, σε περιπτώσεις που μπορεί να εμποδιστεί αυτή η λειτουργία η τρωτότητα να αυξάνεται.

Στο πλαίσιο μίας ολοκληρωμένης προσέγγισης δε μπορούν να μη ληφθούν υπόψη παράμετροι που αφορούν τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του φυσικού τοπίου και των οικοσυστημάτων της περιοχής. Γι αυτό το σκοπό αναπτύσσετε ο **περιβαλλοντικός υποδείκτης**, στον οποίο

περιλαμβάνεται από τη μία πλευρά, η χλωρίδα και η πανίδα της περιοχής και από την άλλη η ύπαρξη περιοχών υψηλού οικολογικού ενδιαφέροντος.



Εικόνα 17 Παράμετροι υπό μελέτη ανά κατηγορίες περιβαλλοντικού υποδείκτη (πηγή: ίδια επεξεργασία).

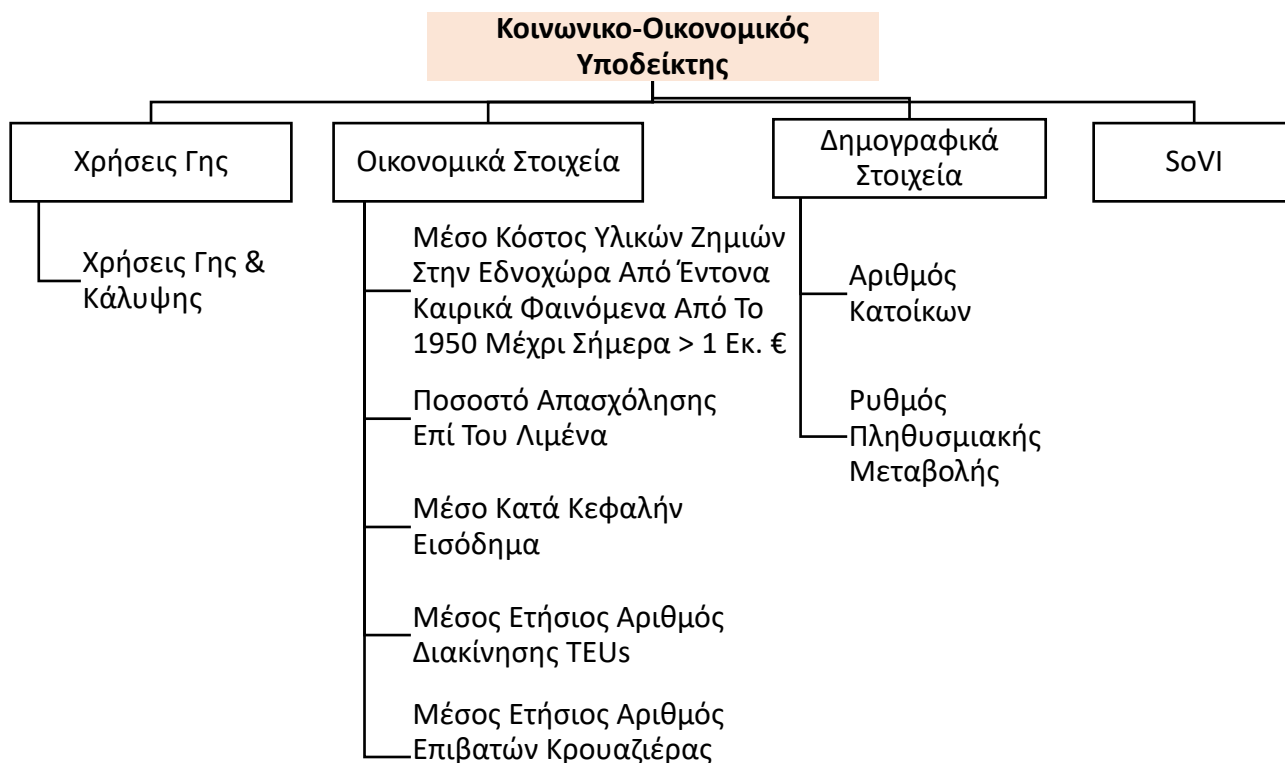
- **Χλωρίδα & Πανίδα Περιοχής**
- ❖ **Αριθμός απειλούμενων ειδών στην ευρύτερη περιοχή του λιμένας (Number of Threatened or endangered species found in port area):** Για τη βαθμολογία της συγκεκριμένης παραμέτρου με την τιμή (1) θεωρείται ότι δεν υπάρχουν απειλούμενα είδη ή άλλα είδη πανίδας στην ευρύτερη περιοχή του λιμένα, επομένως οποιαδήποτε αλλαγή στις υποδομές ή τη λειτουργία του δε θα επηρεάσουν τη βιοποικιλότητα της περιοχής. Η τρωτότητα αυξάνεται όταν υπάρχει μεγάλος και σημαντικός αριθμός προστατευόμενων ειδών που επιβιώνουν σε μικρή ακτίνα από το λιμένα με αποτέλεσμα οποιοδήποτε έργο (ή αλλαγή στο βυθό ή οι αφίξεις μεγάλων πλοίων) να επηρεάσει τη βιοποικιλότητα, την αλυσίδα και να απειλήσει την επιβίωσή τους
- ❖ **Ύπαρξη λιβαδιών Ποσειδωνίας (*Posidonia oceanica*):** Η παράμετρος θα βαθμολογηθεί με την τιμή (1) όταν δεν υπάρχουν λιβάδια Ποσειδωνίας σε κλίμακα που να επηρεάζονται από το

λιμένα, ενώ θα λάβει την τιμή (5) όταν υπάρχουν λιβάδια που μπορούν να απειληθούν από τη λειτουργία του λιμένα.

- **Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος**

- ❖ **Απόσταση από ιχθυοκαλλιέργειες (distance from fish farms):** Η παράμετρος θα βαθμολογηθεί με την τιμή (1) όταν δεν υπάρχουν ιχθυοκαλλιέργειες σε απόσταση που να επηρεάζονται από το λιμένα, από την κίνηση των πλοίων, τα απόβλητα και οποιαδήποτε άλλη λειτουργία, ενώ θα λάβει την τιμή (5) όταν υπάρχουν ιχθυοκαλλιέργειες σε απόσταση που μπορούν να επηρεασθούν από τη λειτουργία του λιμένα.
- ❖ **Περιοχή κρίσιμων ενδιαιτημάτων σε ακτίνα 30 χλμ. από το λιμάνι (number of critical habitat areas within 50 miles of the port):** Η παράμετρος θα βαθμολογηθεί με την τιμή (1) όταν δεν υπάρχουν περιοχές κρίσιμων ενδιαιτημάτων σε απόσταση 30 χλμ. Σε αντίθετη περίπτωση η βαθμολογία καθορίζεται από το είδος και το πλήθος των ενδιαιτημάτων και χρειάζεται περαιτέρω εξέταση.
- ❖ **Ύπαρξη περιοχών δικτύου NATURA 2000 (natura areas):** Η παράμετρος θα βαθμολογηθεί με την τιμή (1) όταν δεν υπάρχουν περιοχές NATURA, ενώ η ύπαρξη περιοχών NATURA σε κοντινή περιοχή επηρεάζει αυξάνοντας την τρωτότητα του συστήματος, θέτοντας ειδικό πλαίσιο διαχείρισης.
- ❖ **Σύνδεση & Απορροή υδάτινων σωμάτων (water bodies):** Η παράμετρος θα βαθμολογηθεί με την τιμή (1) όταν δεν υπάρχουν υδάτινα σώματα που να συνδέονται με το λιμένα. Ενώ όταν Υπάρχουν υδάτινα σώματα, ρέματα ποταμοί ή λίμνες που καταλήγουν/αποστραγγίζουν εντός ή πολύ κοντά από το λιμένα δημιουργώντας προσχώσεις λόγω φερτών/ μεγάλες απορροές κτλ κτλ αυξάνουν την τρωτότητα.

Τέλος, αναπτύσσεται ο **κοινωνικός-οικονομικός υποδείκτης**, ο οποίος εξετάζει οικονομικά στοιχεία και πληθυσμιακά χαρακτηριστικά για την περιοχή μελέτης απαραίτητα για την ολοκληρωμένη προσέγγιση της αξιολόγησης της τρωτότητας της εκάστοτε περιοχής.



Εικόνα 18 Παράμετροι υπό μελέτη ανά κατηγορίες κοινωνικό-οικονομικού υποδείκτη (πηγή: ίδια επεξεργασία).

Η παραπάνω παρουσίαση παραμέτρων αποτελεί ένα από τα βασικά βήματα ενός νέου πλαισίου ολοκληρωμένης προσέγγισης για την αξιολόγηση της τρωτότητας ενός ενιαίου παράκτιου συστήματος με κεντρικό άξονα τη λιμενική υποδομή που διαθέτει και με βάση τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής και η κρίση των ειδικών οφείλουν να αναδιαμορφώνουν τα δεδομένα και να επιλέγουν τις παραμέτρους που τελικά αφορούν και αντιπροσωπεύουν την περιοχή μελέτης της εκάστοτε έρευνας. Ακόμη, ένα σημαντικό ζήτημα που προκύπτει στις εν λόγω μελέτες είναι η διαθεσιμότητα των δεδομένων που μπορούν να αποτυπωθούν, με αποτέλεσμα οι ερευνητές να απορρίπτουν από την αξιολόγησή τους μεταβλητές για τις οποίες δεν υπάρχουν διαθέσιμα ή επικαιροποιημένα δεδομένα.

Την εν λόγω διαδικασία ακολουθεί η βαθμολόγηση των παραμέτρων που έχουν επιλεγεί, η εφαρμογή της ανάλυσης ευαισθησίας και τελικά η αξιολόγηση της τρωτότητας μέσω της αποτύπωσής της σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, τόσο στην υφιστάμενη κατάσταση όσο και στο μέλλον λαμβάνοντας υπόψη τα σενάρια της κλιματικής αλλαγής που

μεταβάλλουν βασικές παραμέτρους. Η παρούσα μεθοδολογία αξιοποιεί ένα πλήθος μεταβλητών της διεθνούς βιβλιογραφίας δομώντας ένα νέο πλαίσιο με βάση του οποίου ο ερευνητής μπορεί να επανεξετάζει και να επαναβαθμολογεί τις εκάστοτε παραμέτρους,

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα δεδομένα για την ευρύτερη περιοχή του Πατραϊκού Κόλπου, που είναι απαραίτητα για το πρώτο βήμα της αξιολόγησης της τρωτότητας της περιοχής. Η περιοχή αυτή επιλέχθηκε λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της, συνδυάζοντας μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας ανάμεσα σε περιοχές προστατευόμενες από το δίκτυο NATURA2000 και άμεσα συνδεδεμένες με τη λειτουργία του διεθνούς λιμένα Πατρών. Πρόκειται επομένως για μία παράκτια περιοχή με κεντρικό σημείο το λιμάνι Πατρών, με υψηλή τουριστική δραστηριότητα από τη μία και κρίσιμους βιοτόπους από την άλλη. Η μελέτη της λειτουργίας του λιμένα δε θα μπορούσε να περιορισθεί στη ζώνη της πόλης της Πάτρας με δεδομένη την ύπαρξη περιοχών NATURA σε τόσο κοντινή απόσταση.

4.2 Περιοχή Μελέτης - Ο Πατραϊκός Κόλπος

Ο Πατραϊκός κόλπος βρίσκεται στη Δυτική Ελλάδα (εικόνα 19) και αποτελεί εγκόλπωση του Ιονίου Πελάγους, μεταξύ της δυτικής Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου. Βρέχει μεταξύ άλλων το μεγάλο αστικό κέντρο, την πόλη της Πάτρας, από την οποία πήρε και το όνομά του. Το μέγιστο μήκος του είναι περίπου 33 χιλιόμετρα, ενώ το πλάτος του μπορεί να φτάσει έως και περίπου τα 22 χιλιόμετρα. Πρόκειται για ένα σχετικά αβαθή θαλάσσιο κόλπο, ο οποίος συνδέει τον Κορινθιακό Κόλπο με το Ιόνιο Πέλαγος. Η επιφάνειά του εκτιμάται στα 400 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ο όγκος του σε 45 κυβικά χιλιόμετρα. Το μέγιστο βάθος του συναντάται σε μία κοιλάτη ανοιχτά της Λακκόπετρας, στα 130 μέτρα. Στα δυτικά ορίζεται από μία νοητή γραμμή, από το νησάκι Οξεία ως το ακρωτήριο του Αράξου, ενώ ανατολικά περικλείεται από το στενό 2,5 χιλιομέτρων περίπου, από το Ρίο μέχρι το Αντίρριο, όπου βρίσκεται και η ομώνυμη σύγχρονη γέφυρα. Η γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου, ή διαφορετικά η γέφυρα «Χαρίλαος Τρικούπης», τέθηκε σε λειτουργία το 2004 και αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα έργα υποδομής της περιοχής με συνολικό μήκος 2.880 μέτρα, συνδέοντας την Πελοπόννησο με τη δυτική ηπειρωτική Ελλάδα.



Εικόνα 19 Ο Πατραϊκός κόλπος μεταξύ δυτικής Στερεάς Ελλάδας και Πελοποννήσου (πηγή: δορυφορική εικόνα., Google Maps).

Από την αρχαιότητα, ο Πατραϊκός κόλπος αποτελούσε σημαντικό ναυτιλιακό και εμπορικό κόμβο, ενώ για πρώτη φορά αναφέρεται με το όνομα *golfo di Patrasso*, από τον Ενετό περιηγητή Pero Tafour, το 1435. Στα βάθη του Πατραϊκού βρίσκονται πολλά και σημαντικά ναυάγια αποκαλύπτοντας την πλούσια ιστορία και το παρελθόν του. Σε αυτόν έλαβαν χώρα μεγάλες ναυμαχίες (παραδείγματος χάρη, η Ναυμαχία της Ναύπακτου, το 1571, που αποτέλεσε μία από τις σημαντικότερες ναυμαχίες της παγκόσμιας ιστορίας σηματοδοτώντας το τέλος των επιδιώξεων της Οθωμανικής αυτοκρατορίας για έξοδο στον Ατλαντικό), ενώ αποτελεί πόλο έλξης των καταδυτών. Στο βυθό του φιλοξενεί ναυάγια από το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, αεροπλάνα που κατέρρευσαν στην περιοχή, αλλά και σιδερένια ατμόπλοια των αρχών του 20^{ου} αιώνα, τα οποία ωστόσο σιγά-σιγά διαβρώνονται και καταρρέουν ή παρασύρονται από τις μηχανότρατες.

Στη βορειοανατολική πλευρά του κόλπου εκβάλλουν οι ποταμοί Αχελώος και Εύηνος, ενώ τη νοτιοανατολική πλευρά του τροφοδοτούν με γλυκό νερό, οι ποταμοί Πείρος και Γλαύκος. Το δέλτα του ποταμού Ευήνου και η λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου βρίσκονται στη βορειοανατολική πλευρά του κόλπου. Η νοτιοδυτική πλευρά του κόλπου επηρεάζεται από τα νερά του Ιονίου που για τα

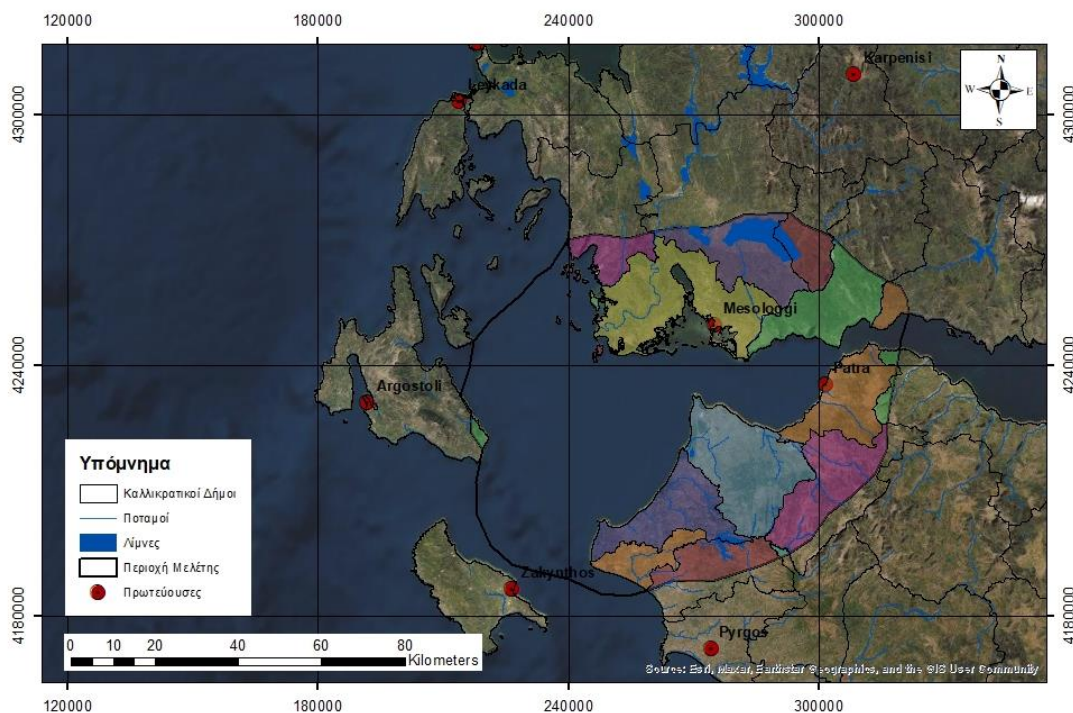
ανώτερα στρώματα φαίνεται ότι εισέρχονται από τη δυτική είσοδο κατά μήκος της νότιας ακτής του κόλπου, ενώ για τα στρώματα κοντά στον πυθμένα επικρατεί η αντίθετη κατεύθυνση κυκλοφορίας. Η ανατολική πλευρά επηρεάζεται από τα νερά του Κορινθιακού στα ανώτερα στρώματα. Αυτό το φαινόμενο επεκτείνεται προς το βαθύτερο τμήμα του Κόλπου. Όπου η σύνθεση της υδάτινης στήλης είναι σχεδόν 50% νερά του Κορινθιακού και κατά 50% νερά του Ιονίου στα ανώτερα επιφανειακά στρώματα (Τεχνική Έκθεση, Δ.Ε.Υ.Α. Πατρών).

Η οικολογική αξία του Πατραϊκού κόλπου θεωρείται αδιαμφισβήτητη ιδιαίτερα με την ύπαρξη των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου, Αιτωλικού και Αράξου, που αποτελούν υδροβιότοπους εθνικής και διεθνούς σημασίας, σύμφωνα με τη συνθήκη Ραμόν (Υπεγράφη στις 21 Δεκεμβρίου το 1975, με στόχο την προστασία και την ανάδειξη των υδροβιότοπων παγκοσμίως). Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, λόγω της υπολειτουργίας (ή και καθόλου λειτουργίας) των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων, ο κόλπος αντιμετώπιζε μεγάλο πρόβλημα ρύπανσης από τα ανεπεξέργαστα αστικά και βιομηχανικά λύματα που δεχόταν από τα παράκτια αστικά κέντρα. Στα νερά του καταλήγουν τα λύματα των πόλεων, φωσφορικά και άλλα λιπάσματα από τις καλλιέργειες, ενώ πιέσεις προκαλεί και η έντονη ναυσιπλοΐα λόγω του λιμένος Πατρών. Παράλληλα, τα φράγματα των ποταμών Αχελώου, Ευήνου και Πείρου-Παραπεύρου περιορίζουν την ανανέωση του κόλπου με γλυκό νερό υποβαθμίζοντας την οικολογική του αξία.

Η πρώτη ολοκληρωμένη μελέτη για τη ρύπανση του Πατραϊκού διενεργήθηκε το 1982, από μία ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου Πατρών. Σε αυτή τη μελέτη αποδείχθηκε ότι ο Πατραϊκός κόλπος διατηρούσε την ικανότητα αυτοκαθαρισμού και δεν παρατηρήθηκαν έντονα σημάδια οργανικής ρύπανσης και ευτροφισμού. Σε συνδυασμό με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, που αφορά τη συλλογή, την επεξεργασία και την απόρριψη των αστικών λυμάτων, τέθηκε στόχος η κατασκευή βιολογικού καθαρισμού από τη Δ.Ε.Υ.Α. Πάτρας, για την απορρύπανση του Πατραϊκού. Το 2001 τέθηκε σε λειτουργία μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, που εξυπηρετεί την πόλη των Πατρών και βρίσκεται σε οικόπεδο 80 στρεμμάτων στα όρια του Δήμου Πατρέων και του Δήμου Παραλίας. Τον Αύγουστο του 2021 υπογράφηκε σύμβαση επέκτασης του ίδιου έργου, με τη χρηματοδότηση του προγράμματος ΕΣΠΑ, με στόχο την παραλαβή και επεξεργασία των λυμάτων πολλών οικισμών γύρω από την πόλη, συμβάλλοντας σημαντικά στην προστασία της οικολογικής κατάστασης του Πατραϊκού κόλπου.

4.2.1 Μεγάλα Αστικά Κέντρα

Τον Πατραϊκό κόλπο περιβάλλουν πέντε Καλλικρατικοί δήμοι: ο δήμος Πατρέων, Δυτικής Αχαΐας, Ανδραβίδας - Κυλλήνης, Ιεράς Πόλεως Μεσολογγίου και ο δήμος Ναυπακτίας. Οι παραπάνω δήμοι υπάγονται στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας (ή εν συντομία Π.Δ.Ε.). Οι περιφέρειες, σήμερα, αποτελούν το δευτεροβάθμιο οργανισμό τοπικής αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) συντελούμενες από τους πρώην νομούς, που πλέον καλούνται ως περιφερειακές ενότητες (Π.Ε.). Στην περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας ανήκουν οι Π.Ε. Αιτωλοακαρνανίας, Αχαΐας και Ηλείας, καλύπτοντας παράλληλα το βόρειο και βορειοδυτικό τμήμα της Πελοποννήσου, καθώς και το δυτικό τμήμα της Στερεάς Ελλάδας. Η μεγαλύτερη πόλη και πρωτεύουσα της περιφέρειας είναι η Πάτρα, ενώ το δεύτερο μεγάλο αστικό κέντρο από τη βόρεια πλευρά του Πατραϊκού κόλπου είναι η πόλη του Μεσολογγίου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της νέας απογραφής (2021) της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής ο μόνιμος πληθυσμός της Π.Δ.Ε. ανέρχεται σε 643.349 κατοίκους (322.242 άνδρες και 321.107 γυναίκες).



Εικόνα 20 Εντός του Πατραϊκού κόλπου συναντώνται δύο μεγάλα αστικά κέντρα: η Πάτρα και το Μεσολόγγι (πηγή: ίδια επεξεργασία – γεωχωρικά δεδομένα GEODATA).

➤ Πάτρα

Η Πάτρα είναι πόλη της βορειοδυτικής Πελοποννήσου, έδρα του δήμου Πατρέων και της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας. Εκτείνεται από τις δυτικές απολήξεις του Παναχαϊκού όρους μέχρι τις ακτές του Πατραϊκού κόλπου. Πρόκειται για την τρίτη πόλη της χώρας από άποψη πληθυσμού και ανάλογης θέσης εμπορικό και βιομηχανικό κέντρο. Η Πάτρα αποτελεί κέντρο της εύφορης αγροτικής περιοχής της Αχαΐας και με μεγάλη αναλογία αρδευόμενων εκτάσεων, η περιοχή παρουσιάζει ανεπτυγμένη βιομηχανία στους κλάδους που σχετίζονται με τα προϊόντα του νερού (κρασί, ελιές, σταφίδα, εσπεριδοειδή, λαχανικά, κ.ά.). Μεταπολεμικά, ο σημαντικότερος βιομηχανικός κλάδος της Πάτρας ήταν η κλωστοϋφαντουργία, με βιομηχανίες παραγωγής νημάτων, υφασμάτων πλεκτοβιομηχανίας κλπ., ωστόσο, η κρίση που έπληξε τον κλάδο στα τέλη του περασμένου αιώνα είχε μεγάλο αντίκτυπο και στην τοπική βιομηχανία.

Η οικοδομική δραστηριότητα, αν και αξιόλογη κατά τη δεκαετία του 1960, δεν παρουσίασε την άνοδο που σημειώθηκε στην Αθήνα, στη Θεσσαλονίκη ακόμα και στο Ηράκλειο, φυσική συνέπεια της σχετικά μικρότερης πληθυσμιακής ανάπτυξης της Πάτρας. Η σημερινή οικονομική ανάπτυξη της πόλης, η σχετικά μικρή απόσταση από τη δυτική Ευρώπη, η βελτίωση της οδικής σύνδεσης με την πρωτεύουσα και της πόλεις της Πελοποννήσου, της Δυτικής Στερεάς και της Ηπείρου (γέφυρα Ρίοο-Αντιρρίου, άξονας, Ολυμπία Οδός, Ιόνια Οδός), η λειτουργία του Πανεπιστημίου (από το 1966) και άλλων τεχνικών σχολών, αλλά και η ύπαρξη και αναβάθμιση του λιμένα της, ήταν φυσικό να ενισχύσουν την τάση για την ταχύτερη ανάπτυξή της. Πλέον, αποτελεί σημαντικό αστικό κέντρο, ενώ ο λιμένας Πατρών αποτελεί βασικό δίαυλο επικοινωνίας με την Ιταλία, την ευρωπαϊκή δύση, αλλά και τα νησιά του Ιονίου με τα ιταλικά λιμάνια της Αδριατικής Θάλασσας.

Λόγω της στρατηγικής της θέσης, με φυσικά προτερήματα το λιμάνι στο πέλαγος και με μια πλούσια γη με εύκρατο κλίμα η πόλη κατοικήθηκε από τα αρχαία χρόνια, με σημαντική συμβολή στη συγκρότηση της Αχαϊκής Συμπολιτείας (280 π.Χ.) βασιζόμενη σε θεσμούς ισότητας και δημοκρατίας. Η πόλη υποτάχθηκε στη Ρώμη το 146 π.Χ., ενώ η παρουσία και η δραστηριότητα του Αποστόλου Ανδρέα την εποχή του Νέρωνα μετέβαλε το θρησκευτικό κλίμα μέχρι την τελική διάδοση και επικράτηση του χριστιανισμού. Μετά το 330 η πόλη αρχίζει να παρακμάζει, ενώ το 1205 περνάει στην κυριαρχία των Φράγκων, έως το 1429 που απελευθερώθηκε από τα στρατεύματα του Δεσπότη του Μυστρά. Το 1458 καταλαμβάνεται από τους Οθωμανούς, μέχρι την

25^η Μαρτίου το 1821, όπου ο Παλαιών Πατρών Γερμανός κύρηξε την Ελληνική Επανάσταση. Κατά τη διάρκεια της επανάστασης η πόλη καταστράφηκε σχεδόν ολοκληρωτικά. Η σημερινή Πάτρα είναι μία καθ' ολοκληρία καποδιστριακή πόλη.

Η Πάτρα είναι από τα χαρακτηριστικότερα παραδείγματα ελληνικών πόλεων που γνώρισαν μεγάλη ανάπτυξη μετά τη σύσταση του ελληνικού κράτους. Ο οικισμός της γύρω από το κάστρο αναπτύχθηκε προς τα κάτω, προς την παραλία, που άλλοτε αποτελούσε μια ελώδη περιοχή, ενώ σήμερα πρόκειται για την κεντρικότερη περιοχή της πόλης. Το σχέδιο της σύγχρονης πόλης αποδίδεται στον Κερκυραίο αξιωματικό του γαλλικού στρατού Σταμάτη Βούλγαρη, οποίος σχεδίασε μια πόλη με μεγάλους, ευθείς και κάθετα τεμνόμενους δρόμους, άνετες πλατείες και πλατιά προκουμιά. Βασικό χαρακτηριστικό του αστικού ιστού της πόλης είναι η διαίρεσή της στην Άνω και Κάτω πόλη, που συνδέονται μεταξύ τους σε σημεία με σκάλες (όπως η φημισμένη οδός του Αγίου Νικολάου- όψη της πόλης εικόνα 21). Ανάμεσα στις πολυκατοικίες διατηρούνται ακόμη πολυάριθμα αξιόλογα νεοκλασικά κτίρια, τα οποία, μαζί με τη πολεοδομική της διαμόρφωση και τις χαρακτηριστικές στοές των κεντρικών δρόμων, προσδίδουν στη πόλη ένα ιδιαίζον ύφος. Η Πάτρα φημίζεται για το καρναβάλι που διεξάγεται κάθε χρόνο στους δρόμους της και δίνει ζωή στην πόλη τουλάχιστον για ένα μήνα, με πλήθος επισκεπτών από όλη τη χώρα. Διαθέτει αξιόλογα μουσεία και πινακοθήκη, ενώ ζωογόνο στοιχείο αποτελεί ο φοιτητικός πληθυσμός. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πολυτεχνική σχολή του πανεπιστημίου Πατρών είναι από τις φημισμένες διεθνώς.



Εικόνα 21 Αριστερά, άποψη της πόλης της Πάτρας και δεξιά ο ναός του Αγ. Ανδρέα, πολιούχου της πόλης (πηγή: προσωπικό αρχείο).

Η πόλη των Πατρών είναι κόμβος τριών μεγάλων οδών. Ανατολικά, της Ολυμπίας Οδού συνδέοντάς την με την Αθήνα, την Κόρινθο και τις πόλεις της Βόρειας Πελοποννήσου, ενώ στα

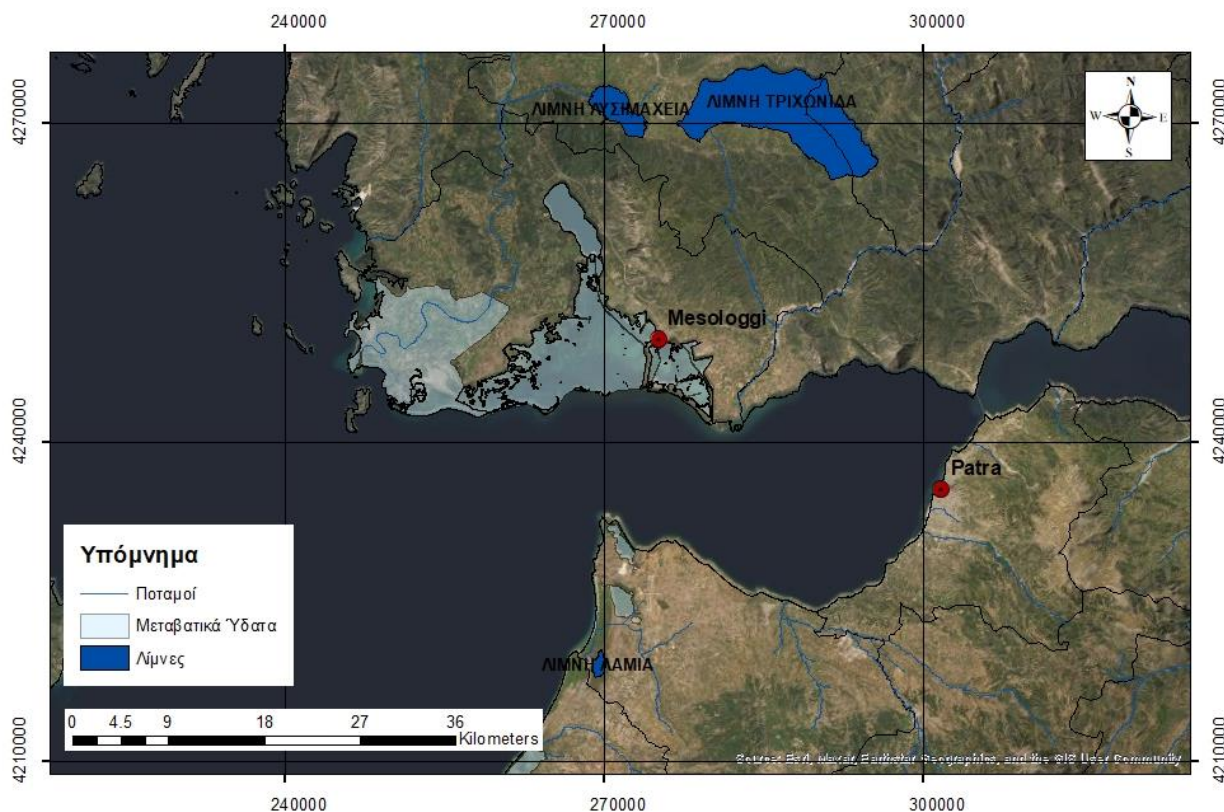
βόρεια υπάρχει η γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου και η Ιόνια Οδός, η οποία συνδέει την πόλη με τη Στερεά Ελλάδα και την Ήπειρο. Παράλληλα, στα νότια υπάρχει η Εθνική Οδός 9, η οποία οδηγεί στον Πύργο και την Καλαμάτα, καθώς και σε άλλες κωμοπόλεις και χωριά της δυτικής Πελοποννήσου. Ακόμη, υπάρχει σιδηροδρομικό δίκτυο που συνδέει την Πάτρα με τον Σιδηροδρομικό Σταθμό του Κιάτου, ενώ το κοντινότερο αεροδρόμιο στην πόλη (απόσταση 45 χιλιομέτρων) είναι αυτό του Αράξου, συνδέοντας τις περιοχές της δυτικής Ελλάδας με ευρωπαϊκούς προορισμούς. Διαθαλάσσης, το λιμάνι της Πάτρας αποτελεί τη σημαντικότερη τερματική εγκατάσταση θαλάσσιων μεταφορών της Δυτικής Ελλάδας και το βασικό σημείο πορθμειακής σύνδεσης της χώρας με την Ιταλία, ενώ ο ρόλος του στο δίκτυο των εσωτερικών ακτοπλοϊκών συνδέσεων με τα Ιόνια νησιά αποδυναμώθηκε μετά την ανάπτυξη του λιμανιού της Κυλλήνης.

➤ Μεσολόγγι

Το Μεσολόγγι είναι πόλη της δυτικής Στερεάς Ελλάδας και έδρα της Π.Ε. Αιτωλοακαρνανίας και του Καλλικρατικού δήμου Ιεράς Πόλεως Μεσολογγίου, 247 χιλιόμετρα δυτικά της Αθήνας. Η πόλη είναι χτισμένη σε έναν προσχωσιγενή βραχίονα που σχηματίζεται ανάμεσα στην ομώνυμη λιμνοθάλασσα και στη λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας και έχει ταυτιστεί περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη πόλη με την Ελληνική Επανάσταση. Η ονομασία *Μεσολόγγι* πρωτοαναφέρθηκε από το Βενετό Παρούτα, ο οποίος περιέγραφε τη ναυμαχία του Λεπάντο πλησίον της Ναυπάκτου, ανώ αναφέρεται ότι το όνομά του προέρχεται από την ένωση των δύο ιταλικών λέξεων *mezzo/messo* και *langi*, που σημαίνει «ένα μέρος ανάμεσα σε δύο λίμνες», όπως φαίνεται και στην αποτύπωση του χάρτη της εικόνα 22.

Το Μεσολόγγι εμφανίσθηκε στην ιστορία τον 16^ο αιώνα, στη λιμνοθάλασσα που δημιουργούν οι εκβολές των ποταμών Αχελώου και Ευήνου στη νοτιοδυτική Στερεά Ελλάδα, ανάμεσα σε αρχαίες ιστορικές πόλεις της Αιτωλίας. Προ-εαπαναστατικά, αξιοποιώντας τον πλούτο της περιοχής, από μια μικρή κοινωνία ψαράδων, εξελίχθηκε σε ναυτική δύναμη. Από το 1804 έως το 1820, η πόλη βρισκόταν υπό την κυριαρχία του Αλή Πασά των Ιωαννίνων. Η σημαντικότερη σελίδα της ιστορίας της γράφτηκε με την ηρωική έξοδο (10 Απριλίου 1826) των Μεσολογγιτών, ύστερα από πολύμηνη πολιορκία από τους Τούρκους, γεγονός που σφράγισε τη νεότερη ελληνική ιστορία. Η πόλη παρέμεινε στην κυριαρχία των Τούρκων έως το 1829. Πρόκειται για τόπο καταγωγής των

λογοτεχνών Κωστή Παλαμά και Μιλτιάδη Μαλακάση, αλλά και των πρωθυπουργών Σπυρίδωνα και Χαρίλαο Τρικούπη.



Εικόνα 22 Η πόλη του Μεσολογγίου ανάμεσα σε δύο λιμνοθάλασσες (πηγή: ίδια επεξεργασία, γεωχωρικά δεδομένα GEODATA).

Συγκοινωνιακά, η Ιόνια Οδός διέρχεται βόρεια του Μεσολογγίου, ενώ τις διαδρομές από και προς τα μεγάλα αστικά κέντρα (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, κτλ.) αλλά και τις γύρω κωμοπόλεις και τα χωριά εκτελούν και τα ΚΤΕΛ Αιτωλοακαρνανίας. Στην πόλη υπήρχε σιδηροδρομικό δίκτυο, το οποίο ωστόσο εγκαταλήφθηκε από τη δεκαετία του 1970, ενώ το πλησιέστερο αεροδρόμιο είναι ο Κρατικός Αερολιμένας Ακτίου. Αναλογικά με τον πληθυσμό του, το Μεσολόγγι διαθέτει ένα μεγάλο δίκτυο ποδηλατοδρόμων. Τα ιστορικά γεγονότα, η λαϊκή παράδοση και το περιβάλλον αποτέλεσαν την ταυτότητα της Ιεράς Πόλης, η οποία διατηρείται πάντα, μέσα από τα μνημεία της, την ανθρώπινη εργασία και την πολιτιστική δημιουργία, η ιστορική μνήμη που συνδέει το παρελθόν με το παρόν και το παρόν με το μέλλον. Κυρίαρχα στοιχεία του τοπίου της πόλης είναι η λιμνοθάλασσα, ο ιστορικός Ζυγός, οι αλυκές, οι λουρονησίδες (τα φυσικά χωρίσματα της λιμνοθάλασσας με το Ιόνιο πέλαγος), αλλά και τα παραδοσιακά κτίρια και μνημεία της πόλης.

4.2.2 Φυσικά και Κλιματικά Χαρακτηριστικά

4.2.2.1 Χωρικά Στοιχεία Πατραϊκού Κόλπου

Με βάση τα γεωγραφικά, αλλά και τα κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά της, η περιοχή του Πατραϊκού κόλπου μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα: το δυτικό και το ανατολικό. Το δυτικό τμήμα αποτελείται από τις ανατολικές ακτές των Νότιων Ιόνιων Νησιών και χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη φυσική ομορφιά, περιοχές με πλούσια πολιτιστικά στοιχεία και σημαντική τουριστική δραστηριότητα. Το ανατολικό τμήμα της περιοχής αποτελείται από τα παράλια του Πατραϊκού κόλπου και χαρακτηρίζεται από σημαντική αφενός οικιστική και αφετέρου εμπορική και βιομηχανική δραστηριότητα, ενώ τα βόρεια παράλια παρουσιάζουν ιδιαίτερο οικολογικό ενδιαφέρον (κυρίως λόγω της λιμνοθάλασσας του Μεσολογγίου).

Στην περιοχή μελέτης, εντοπίζονται οι παρακάτω «τύποι» χωρικών στοιχείων, με βάση τα φυσικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης αλλά και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της ευρύτερης ζώνης επιρροής προς την ενδοχώρα:

1. Αστικά κέντρα περιφερειακής σημασίας με αξιόλογη οικονομική δραστηριότητα και κοινωνικές υποδομές.

Όπως αναφέρθηκε στα ευρύτερα παράλια του Πατραϊκού κόλπου συναντώνται σημαντικά αστικά κέντρα, όπως η πόλη της Πάτρα και η Ιερά Πόλη του Μεσολογγίου. Η Πάτρα αποτελεί πολιτικό, κοινωνικό και πνευματικό κέντρο της Δυτικής Ελλάδας. Επιπλέον, η γεωγραφική της θέση (στο κέντρο της Δυτικής Ελλάδας) σε συνδυασμό με τη λειτουργία του διεθνούς λιμένα και τη γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου την καθιστούν εθνικής σημασίας συγκοινωνιακό κόμβο.

2. Οικιστικά κέντρα και συγκοινωνιακοί κόμβοι τοπικής σημασίας με βασική οικονομική δραστηριότητα.

Πέραν των μεγάλων κέντρων στα παράλια του κόλπου έχουν αναπτυχθεί περιοχές με τουριστικό ενδιαφέρον, όπως το Ρίο, η Κυλλήνη και άλλες μικρές κωμοπόλεις και χωριά. Ο οικισμός της Κυλλήνης αποτελεί μικρό οικιστικό κέντρο, η σημασία του οποίου έγκειται κατά κύριο λόγο στη λιμενική του δραστηριότητα. Ο λιμένας της Κυλλήνης εξυπηρετεί τη κίνηση προς και από τα Ιόνια νησιά, ενώ παρουσιάζει και παραθεριστική δραστηριότητα κυρίως λόγω των ιαματικών λουτρών

της περιοχής. Αξιοθέατα ιδιαίτερου ενδιαφέροντος στην περιοχή, αποτελεί το Κάστρο της Γλαρέντζας και η Ιερά Μονή της Παναγίας της Βλαχέρνας.

3. Εκβολές ποταμών με οικονομική και περιβαλλοντική σημασία.

Η περιοχή στις εκβολές του ποταμού Αχελώου χαρακτηρίζεται από πεδινές εύφορες εκτάσεις σε μεγάλο βαθμό καλλιεργήσιμες, ενώ κατά τόπους υπάρχουν λοφώδεις εξάρσεις. Το Δέλτα του Αχελώου περιλαμβάνεται στο δίκτυο NATURA 2000 (GR2310001 – Δέλτα Αχελώου, Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου-Αιτωλικού, Εκβολές Ευήνου, Νήσοι Εχινάδες, Νήσος Πεταλάς), ενώ η απορροή και η στερεοπαροχή του είναι οι βασικές παράμετροι ελέγχου του ισοζυγίου του ιζήματος κατά μήκος των ακτών. Στο ανατολικό όριο της λιμνοθάλασσας του Μεσολογγίου-Κλείσοβας εκβάλλει ο ποταμός Εύηνος διαμορφώνοντας μία περιοχή με ιδιαίτερο οικολογικό ενδιαφέρον. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια, κατά μήκος του ποταμού παρατηρείται αξιόλογη ανάπτυξη δραστηριοτήτων εναλλακτικού τουρισμού.

4. Λιμνοθάλασσα περιβάλλοντα, υφάλμυρες εκτάσεις και έλη μεγάλης οικολογικής αξίας και οικονομικής σημασίας.

Η λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου οριοθετείται προς το νότο και διαχωρίζεται από το θαλάσσιο περιβάλλον του Πατραϊκού κόλπου από μία σειρά επιμήκη νησιά. Τα επιμήκη αυτά νησιά αποτελούν συνέχεια της γεωμορφολογικής δομής που έχει σχηματιστεί στα ανατολικά των εκβολών του Αχελώου. Προς το βορρά, στη ενδοχώρα, η λιμνοθάλασσα επικοινωνεί με τη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού. Στην περιοχή της λιμνοθάλασσας υπάρχουν πολλές μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας, ενώ η αλιεία είναι εντατική. Η οικολογική αξία αυτής της περιοχής είναι αδιαμφισβήτητη, δεδομένης της μοναδικότητας και της ευαισθησίας των υγροτόπων.

Πέραν των λιμνοθαλασσών στα βόρεια του Πατραϊκού κόλπου, νοτιοδυτικά, στην παράκτια περιοχή μεταξύ Αράξου και Κυλλήνης περιλαμβάνονται η λιμνοθάλασσα Καλογριά και Κοτύχι, το έλος της Λάμιας και το δάσος Στροφιλιάς, που επίσης περιλαμβάνονται στο δίκτυο NATURA 2000 (GR2320001 – Λιμνοθάλασσα Καλογριά, Δάσος Στροφιλιάς και Έλος Λάμιας, Άραξος / GR2330006 – Λιμνοθάλασσα Κοτύχι, Βρίνια / GR2330009 – Λιμνοθάλασσα Κοτύχι, Αλυκή Λεχαινών / GR2330007 – Παράκτια θαλάσσια ζώνη από το ακρωτήριο Κυλλήνης έως Τούμπι - Καλογριά). Η ενδοχώρα αυτής της περιοχής είναι κυρίως πεδινή, ώ αναπτύσσεται γεωργική και τουριστική δραστηριότητα.



Εικόνα 23 Αριστερά, η λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου, με έντονη την παρουσία ιχθυοκαλλιεργειών και δεξιά, το δάσος της Στροφιλιάς (πηγή: διαδικτυακή αναζήτηση).

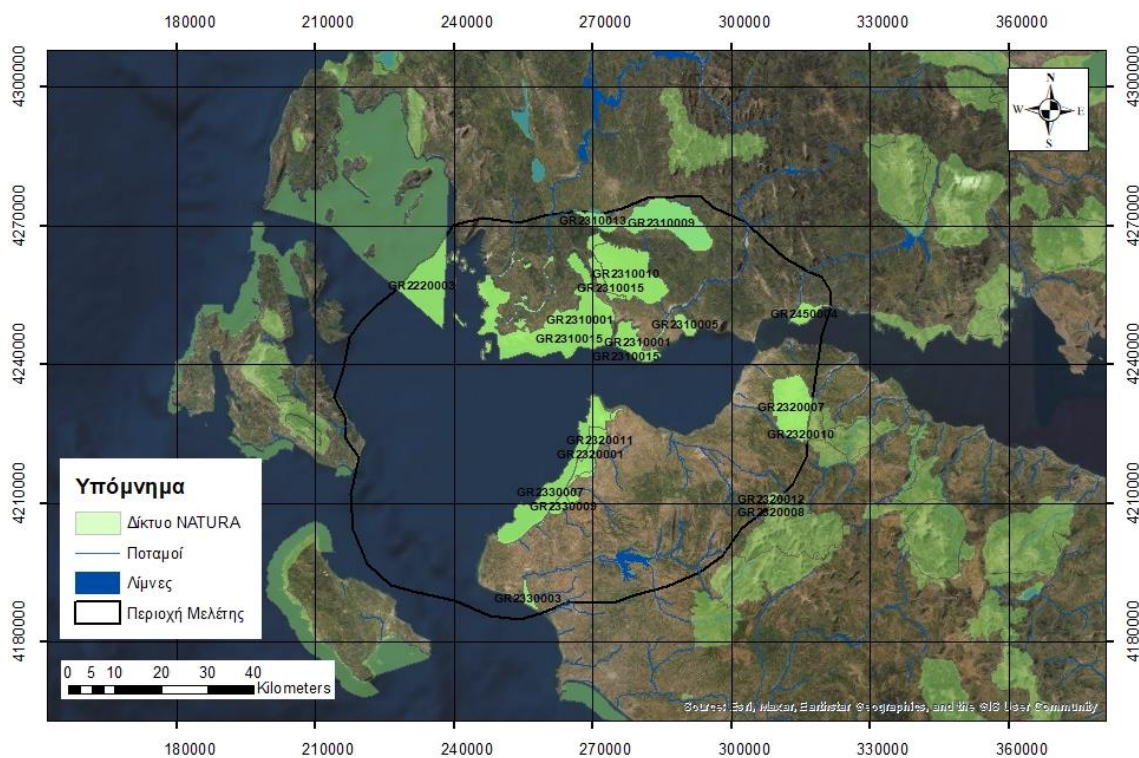
Οι λιμνοθάλασσες του Μεσολογγίου και του Αιτωλικού αποτελούν το μεγαλύτερο υγρότοπο που προστατεύεται στην Ελλάδα με τη διεθνή συνθήκη Ραμσάρ, αλλά και γενικότερα βάσει του διεθνούς, του ευρωπαϊκού και του εθνικού νομικού πλαισίου. Η ευρύτερη περιοχή είναι φυσικό πάρκο, κατά την έννοια του άρθρου 19 του Νόμου (πλαίσιο) 1682/1986 «Για την προστασία του περιβάλλοντος». Ο Φορέας Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου με σκοπό τη διοίκηση και διαχείριση του Εθνικού Πάρκου Λιμνοθαλασσών Μεσολογγίου-Αιτωλικού, εκβολών κάτω ρου ποταμών Αχελώου και Ευήνου και Εχινάδων νήσων, με γνώμονα την προστασία των οικοσυστημάτων και την ανάδειξη της περιβαλλοντικής αξίας της περιοχής.

Τα παρακάτω οικοσυστήματα ανήκουν στο πανευρωπαϊκό Δίκτυο Προστατευόμενων Περιοχών NATURA 2000 για την προστασία των ειδών και των ενδιαιτημάτων τους, όπως φαίνονται και στο χάρτη της εικόνας 24. Στην ευρύτερη περιοχή του Πατραϊκού κόλπου συναντώνται οι παρακάτω προστατευόμενες περιοχές:

Πίνακας 6 Δίκτυο NATURA2000 ευρύτερης περιοχής Πατραϊκού κόλπου (πηγή: ίδια επεξεργασία-Υπουργείο Περιβάλλοντος).

Κωδικός	Κατηγορία	Περιοχή
GR2330009	ΖΕΠ	Λιμνοθάλασσα Κοτύχι, Αλυκή Λεχαινών
GR2310013	ΖΕΠ	Λίμνη Λυσιμαχία
GR2310015	ΖΕΠ	Δέλτα Αχελώου, Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου-Αιτωλικού και εκβολές Ευήνου
GR2320011	ΖΕΠ	Υγρότοποι Καλογριάς-Λάμιας & Δάσος Στροφιλιάς
GR2320010	ΖΕΠ	Όρη Μπάρμπας, Κλώκος, Φαράγγι Σελινούντα

GR2320012	ΖΕΠ	Όρος Ερύμανθος
GR2220003	ΕΖΔ	Φαράγγι Βουραϊκού
GR2310001	ΕΖΔ	Δέλτα Αχελώου, Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου-Αιτωλικού και εκβολές Ευήνου
GR2310005	ΕΖΔ	Όρος Βαράσσοβα
GR2310009	ΕΖΔ	Λίμνες Τριχωνίδα και Λυσιμαχία
GR2310010	ΕΖΔ	Όρος Αράκυνθος και Στενά Κλεισούρας
GR2320007	ΕΖΔ	Όρος Παναχαϊκό
GR2330006	ΕΖΔ	Λιμνοθάλασσα Κοτύχι, Βρίνια
GR2330007	ΕΖΔ	Παράκτια θαλάσσια ζώνη από το ακρωτήριο Κυλλήνης έως Τούμπι - Καλογριά
GR2320008	ΕΖΔ	Όρος Ερύμανθος
GR2330003	ΕΖΔ	Εκβολές (Δέλτα) Πηνειού
GR2450004	ΕΖΔ	Παραλιακή Ζώνη Ναυπάκτου-Ιτέας
GR2320001	ΕΖΔ	Λιμνοθάλασσα Καλογριά, Δάσος Στροφυλιάς και Έλος Λάμιας, Άραξος



Εικόνα 24 Περιοχές που ανήκουν στο δίκτυο NATURA 2000 στην ευρύτερη περιοχή του Πατραϊκού κόλπου (πηγή: ίδια επεξεργασία – γεωχωρικά δεδομένα GEODATA).

5. Παράκτιες περιοχές με αξιόλογη τουριστική δραστηριότητα.

Η παράκτια περιοχή μεταξύ των εκβολών του Ευήνου και του Μόρνου αποτελεί εναλλαγή απόκρημνων ακτών και παραλιακών εκτάσεων και ρεμάτων μικρής απορροής. Ανθρωπογενής δραστηριότητα συναντάται κατά μήκος των παραλιακών εκτάσεων, όπου έχουν αναπτυχθεί μικρής κλίμακας οικιστικές περιοχές κυρίως παραθεριστικού χαρακτήρα, ενώ προς την ενδοχώρα των παραλιακών περιοχή απαντώνται καλλιεργήσιμες εκτάσεις μικρού μεγέθους.

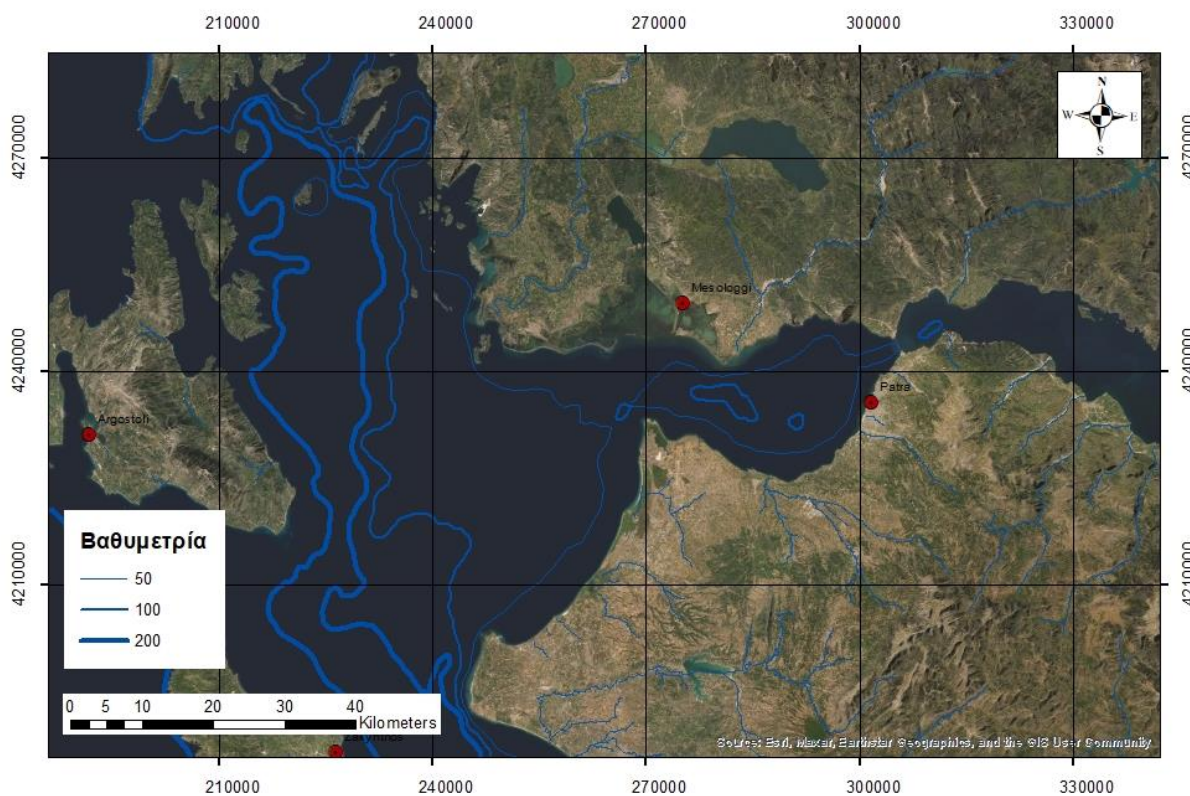
6. Παραλιακές περιοχές παραθεριστικού χαρακτήρα.

Στην παράκτια περιοχή μεταξύ Πάτρας και Αράξου αναπτύσσονται μικρής κλίμακας οικιστικές περιοχές. Στο ανατολικό τμήμα αυτής της ενότητας (από την Πάτρα μέχρι την Κάτω Αχαΐα) η παραλία είναι περιορισμένου πλάτους και κατά μήκος χαράσσεται το εθνικό οδικό δίκτυο, ενώ αντίθετα, το δυτικό τμήμα αυτής της παραλιακής ζώνης χαρακτηρίζεται από πεδινές εκτάσεις (Τζανετάτου Β., 2010). Βάσει των παραπάνω, γίνεται κατανοητό ότι η παράκτια ζώνη της περιοχής μελέτης παρουσιάζει ποικιλομορφία στα χαρακτηριστικά της και περιλαμβάνει τόσο αστικά κέντρα όσο και συστήματα περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος τοπικής αλλά και εθνικής σημασία. Σε πολλές περιπτώσεις οι αντικρουόμενες χρήσεις καθιστούν την εφαρμογή της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης της Παράκτιας Ζώνης απαραίτητη και την ανάπτυξη σχεδίων διαχείρισης ιδιαίτερα πολύπλοκη. Παράλληλα, η παράκτια ζώνη της βόρειας Πελοποννήσου λειτουργεί σε ένα βαθμό ως πέρασμα από την Αττική προς την Πάτρα και τα Ιόνια νησιά και πολλές φορές αυτός ο ρόλος της οδηγεί στην υποβάθμιση της φυσικής ομορφιάς της περιοχής και στην αλλοίωση του περιβάλλοντος.

4.2.2.2 Φυσιογραφικά & Ωκεανογραφικά Χαρακτηριστικά

Ο Πατραϊκός κόλπος είναι μια σχετικά αβαθής θαλάσσια λεκάνη, ελλειψοειδούς σχήματος, η οποία περικλείεται από τις βορειοδυτικές ακτές της Πελοποννήσου και της νότιες ακτές του νομού Αιτωλοακαρνανίας και ενώνει το βαθύτερο Κορινθιακό κόλπο με το Ιόνιο Πέλαγος. Η επιφάνειά του καλύπτει 400 τετραγωνικά χιλιόμετρα και περιέχει όγκο νερού 45 κυβικά χιλιόμετρα περίπου. Ο Πατραϊκός επικοινωνεί δυτικά με το Ιόνιο πέλαγος με ένα διάυλο μέσου πλάτους 12 χιλιομέτρων και βάθους 70 μέτρων, μεταξύ του ακρωτηρίου Πάππας και της λιμνοθάλασσας του Μεσολογγίου, ενώ ανατολικά επικοινωνεί με τον Κορινθιακό κόλπο μέσω του στενού Ρίο-Αντίρριο.

Το νερό του Πατραϊκού κόλπου είναι μίγμα των νερών του Ιονίου πελάγους και του Κορινθιακού στο οποίο επιδρά και το νερό που εκβάλλει από τους ποταμούς. Από την κατανομή των φυσικών παραμέτρων θερμοκρασίας και αλατότητας φαίνεται ότι ο Πατραϊκός κόλπος παρουσιάζει κατακόρυφη στρωμάτωση κατά τη θερινή περίοδο και η υδάτινη στήλη του διακρίνεται σε δύο στρώματα: α) ένα επιφανειακό στρώμα πάχους 15 μέτρων (θερμοκρασίας $T=25^{\circ}\text{C}$) και β) ένα υποεπιφανειακό, που εκτείνεται μέχρι τον πυθμένα (θερμοκρασίας $T=13,8^{\circ}\text{C}$), ενώ το χειμώνα η υδάτινη στήλη ομογενοποιείται με μέση θερμοκρασία 15°C , λόγω της ισχυρής επίδρασης των ανέμων που πνέουν στην περιοχή (Χριστοδούλου Δ., 2010).



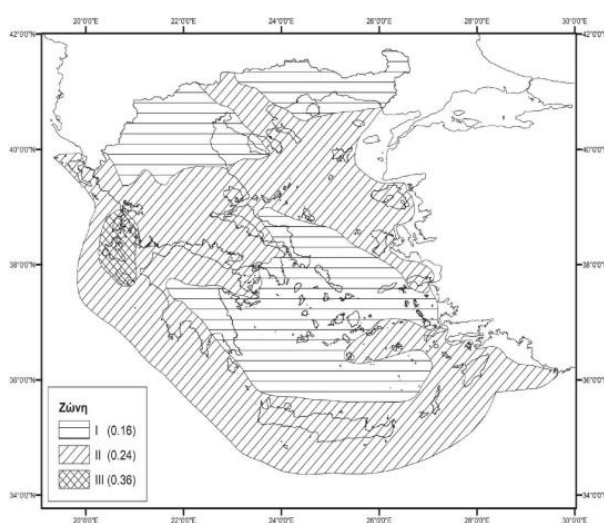
Εικόνα 25 Βαθυμετρία Πατραϊκού κόλπου και ευρύτερης περιοχής Ιονίου πελάγους (πηγή: ίδια επεξεργασία-ψηφιοποίηση ισοβαθών EMODnet).

4.2.2.3 Γεωλογία και Ιζηματολογικά Χαρακτηριστικά

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν επέλθει μικρότερης ή μεγαλύτερης κλίμακας μεταβολές στα μορφολογικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας (Π.Δ.Ε.). Φυσικά και ανθρωπογενή αίτια, όπως π.χ. οι πυρκαγιές, η φυσική αποσύνθεση των πετρωμάτων που οδηγεί σε κατολισθητικά φαινόμενα, η διάβρωση των εδαφών, οι πλημμύρες κ.ά., έχουν

μεταβάλλει ή δύνανται να μεταβάλλουν πολύ περισσότερο τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της Π.Δ.Ε. Ανάλογες μεταβολές προκλήθηκαν ή αναμένεται να προκληθούν πιο έντονα και στα εδαφολογικά χαρακτηριστικά της. Η ανάγκη για ολοένα και μεγαλύτερη παραγωγή γεωργικών προϊόντων, η εφαρμογή αγροχημικών προϊόντων, η υπεράντληση υδάτων, η απώλεια οργανικής ύλης κ.ά., σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής οδηγούν στη σταδιακή υποβάθμιση τόσο των εδαφικών όσο και των υδατικών πόρων της περιοχής ευρύτερα του Πατραϊκού κόλπου.

Ο Πατραϊκός κόλπος είναι μία ενεργή Πλειοκαινική - Τεταρτογενής τάφρος. Στα δυτικά συνδέεται με τη λεκάνη της Κεφαλονιάς στο Ιόνιο πέλαγος. Βορειοανατολικά περιορίζεται από τα βουνά Κλόκοβα και Βαράσοβα σε υψόμετρο 1000 μέτρων αποτελούμενα από Κρητιδικούς ασβεστόλιθους και Ηωκαινικό φλύσχη της ζώνης Γαβρόβου – Τριπόλεως. Βορειοδυτικά περικλείεται από Τεταρτογενείς Δελταϊκές αποθέσεις των ποταμών Αχελώου και Ευήνου. Νότια περιορίζεται από Πλειοκαινικές – Τεταρτογενής θαλάσσιες και λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις. Τα μεγαλύτερα βάθη του Πατραϊκού κόλπου, με μέγιστο βάθος 135 μέτρα, εντοπίζονται σε μία εσωτερική τάφρο διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ που ελέγχεται από κανονικά ενεργά ρήγματα (Χριστοδούλου Δ., 2010). Ο ελλαδικός χώρος διακρίνεται σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας βάσει του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού και των σχετικών τροποποιητικών διατάξεων αυτού. Η περιοχή μελέτης του Πατραϊκού Κόλπου ανήκει στη 2^η Σεισμική Ζώνη.



Εικόνα 26 Κατάταξη σε ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας βάσει (πηγή: Αριθ.Δ17α/115/9/ΦΝ275/2003 ΦΕΚ Β 1154/12.8.2003).

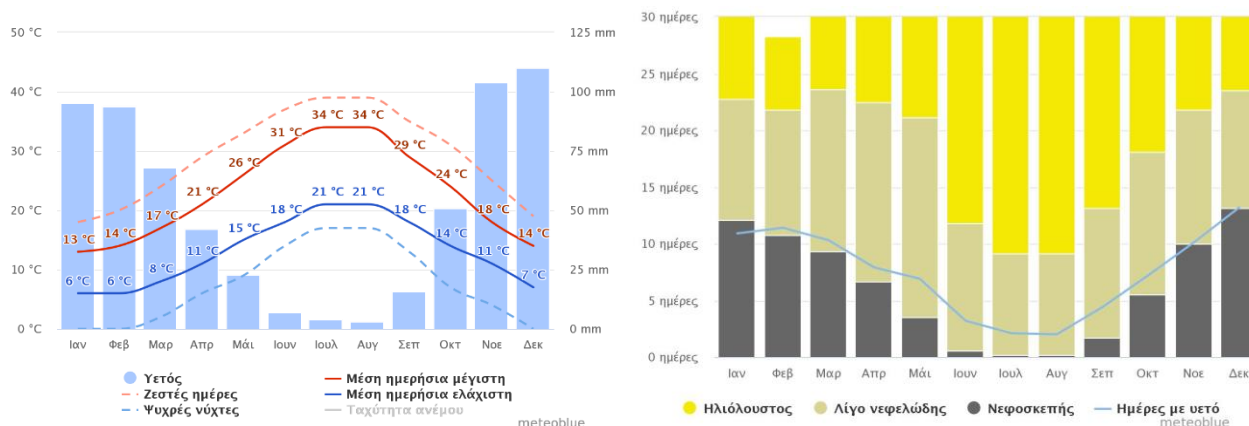
Ο Αντισεισμικός Κανονισμός είναι το βασικό εργαλείο για τη μελέτη και κατασκευή κτιρίων και τεχνικών έργων, που τα καθιστά ικανά να δέχονται με ασφάλεια τις ισχυρές καταπονήσεις που προκαλούν οι σεισμοί. Λόγω αναθεώρησης του χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας δημοσιεύθηκαν με το 2003 ΦΕΚ Β 1154/12.8.2003 τροποποιήσεις στις διατάξεις του ΕΑΚ-2000. Για την εφαρμογή του Κανονισμού, η χώρα υποδιαιρέθηκε σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας I, II & III (έναντι τεσσάρων στις οποίες χωριζόταν). Η περιοχή του Πατραϊκού κόλπου έγκειται στη 2^η ζώνη, ενώ παράλληλα στο δυτικό όριο της περιοχής, τα νησιά του Ιονίου πελάγους ανήκουν στην 3^η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας.

Η ανεμογενής κυκλοφορία στον Πατραϊκό κόλπο παρουσιάζει στοιχεία ροής μεγάλης κλίμακας με επιρροή από τη δύναμη Coriolis (η δύναμη Coriolis είναι η φαινόμενη δύναμη η οποία εμφανίζεται σε μη αδρανειακά συστήματα αναφοράς προκαλώντας εκτροπή της διάταξης των παγκόσμιων ανέμων), ανάπτυξη στρώματος Ekman (το στρώμα Ekman σχηματίζεται στην επιφάνεια της θάλασσας, όπου υπάρχει ισορροπία μεταξύ της δύναμης Coriolis, της δύναμης λόγω κλίσης της πίεσης και των διατμητικών τάσεων) και ισχυρά ρεύματα επιστροφής, λίγα μέτρα κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια. Στην οριζόντια διεύθυνση η ροή έχει στοιχεία που παρατηρούνται στις λίμνες με έντονα τα παράκτια ρεύματα και κλίσεις της ελεύθερης επιφάνειας. Γενικά, η κυκλοφορία των υδάτων καθορίζεται από τα ισχυρά παράκτια ρεύματα που ακολουθούν τη διεύθυνση του ανέμου, ενώ φαίνεται ότι στα βαθύτερα στρώματα του Πατραϊκού η ανεμογενής ροή δεν επιδρά σημαντικά στην ανανέωση των υδάτων (Αντζουλάτου Α., 2015).

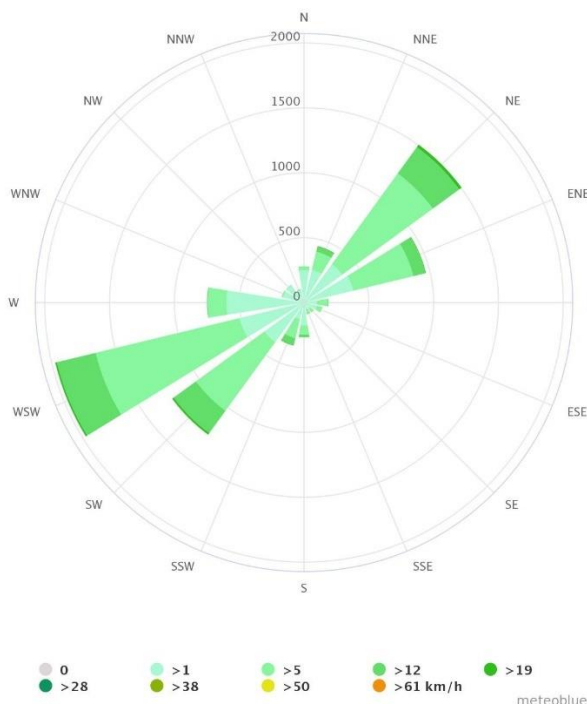
4.2.2.4 Κλιματικά χαρακτηριστικά

Γενικά, το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό: ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περίοδοι ηλιοφάνειας κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Ωστόσο, στη δυτική Ελλάδα λόγω της τοπογραφίας της εμπίπτει στις περιοχές με υγρό κλίμα. Στα ορεινά της Αιτωλοακαρνανίας το κλίμα είναι ψυχρό, ενώ στις πεδινές και στις παράκτιες περιοχές της είναι μεσογειακό. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 17 έως 18 °C. Το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι το δεύτερο στη χώρα με την Ήπειρο. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ξεκινά από 800-1000 mm στα παράκτια, φτάνει στα 1400 mm στα ορεινά και ξεπερνά τα 1800 mm στα πολύ μεγαλύτερα υψόμετρα. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία κυμαίνεται

από 64-68% τόσο στην παράκτια ζώνη, όσο και στο εσωτερικό της Π.Ε. Αιτωλοακαρνανίας, κυρίως λόγω των μεγάλων υδάτινων όγκων. Το γράφημα στα δεξιά δείχνει το μηνιαίο αριθμό ημερών με καιρό αίθριο, λίγο νεφελώδη, νεφοσκεπή και της ημέρες με βροχή. Οι ημέρες με λιγότερο από 20% νεφοκάλυψη θεωρούνται ως αίθριες, με 20-80% νεφοκάλυψη ως νεφελώδεις και με περισσότερο από 80%, ως νεφοσκεπείς.



Εικόνα 27 Αριστερά το διάγραμμα μέγιστης/ελάχιστης θερμοκρασίας στην πόλη της Πάτρας - σταθμός Αράξου και δεξιά οι ημέρες βροχόπτωσης (πηγή: <https://www.meteoblue.com>).



Εικόνα 28 Ανεμολόγιο Πάτρας, με μέγιστη ταχύτητα 28 km/h διευθύνσεως Νότιο-Νοτιοδυτικά (πηγή: <https://www.meteoblue.com>).

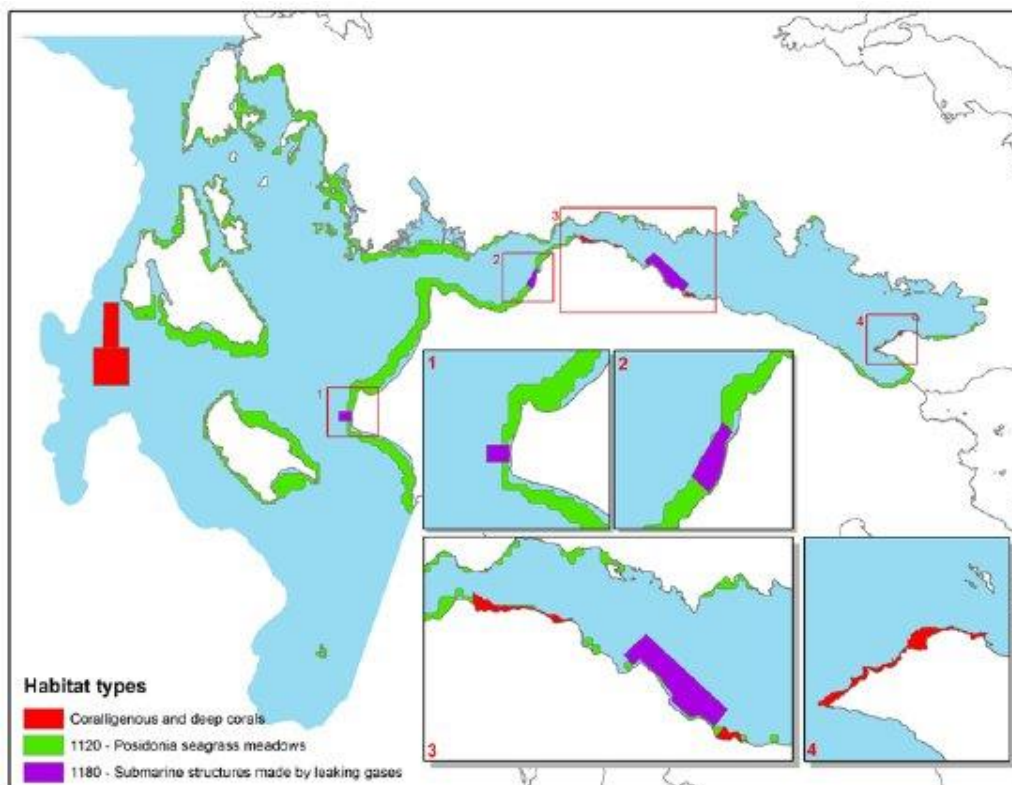
Το κλίμα στην περιοχή της Αχαΐας είναι εύκρατο και μπορεί να χαρακτηριστεί ως μεσογειακό στα παράκτια και ηπειρωτικό στο εσωτερικό και ορεινό τμήμα της Περιφέρειας. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι περίπου 17 έως 19 °C στην παράκτια περιοχή και χαμηλότερη στις ορεινές περιοχές. Το χειμώνα η μέση θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από άλλες περιοχές της Πελοποννήσου, γιατί επηρεάζεται περισσότερο από τους δυτικούς ανέμους. Στη βόρεια παράκτια ζώνη το ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται μεταξύ 700 και 821,3 mm, ενώ στο εσωτερικό τμήμα αυξάνεται προχωρώντας στα ορεινά συγκροτήματα.

Κατά τους θερινούς μήνες επικρατούν βορειοδυτικοί άνεμοι, ενώ τον υπόλοιπο χρόνο νοτιοδυτικοί και βόρειοι – βορειοδυτικοί.

4.2.3 Χλωρίδα & Πανίδα Περιοχής

Στο βυθό του κόλπου αναπτύσσεται μία πλούσια βιοποικιλότητα θαλάσσιας χλωρίδας. Από την πλευρά της Πελοποννήσου ο θαλάσσιος πυθμένας είναι κυρίως αμμώδης και λασπώδης, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται κυρίως μετακινούμενοι ή εποχιακοί ιχθυοπληθυσμοί. Τα παράκτια οικοσυστήματα αποτελούν την πιο παραγωγική θαλάσσια ζώνη. Στα νερά του Πατραϊκού κόλπου στηρίζεται μια ιδιαίτερη βιοποικιλότητα θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας, που απαρτίζεται από χιλιάδες είδη ψαριών, ασπόνδυλων οργανισμών (πετροσωλήνας, χταπόδι, και φυκών, καθώς και μεγάλες εκτάσεις από προστατευόμενα παραγωγικά οικοσυστήματα, όπως είναι τα θαλάσσια λιβάδια Ποσειδωνίας και οι ύφαλοι κοραλλιογενών ροδοφυκών. Τα προστατευόμενα θαλάσσια λιβάδια Ποσειδωνίας συναντώνται μόνο στη Μεσόγειο, από τα ρηχά έως και τα βάθη των 50 μέτρων. Έχουν θεμελιώδη ρόλο στη διατήρηση της υγείας και παραγωγικότητας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Περισσότερα από 300 είδη φυκών και πάνω από 1000 είδη θαλάσσιων ζώων φιλοξενούνται στα λιβάδια συμπεριλαμβανομένου ενός μεγάλου αριθμού ψαριών εμπορικής σημασίας (λυθρίνι, λούτσος, μελανούρι, κουτσομούρα, μπαρμπούνι, κ.ά.). Σήμερα, τα λιβάδια μειώνονται ανησυχητικά και σε αρκετές περιπτώσεις οδηγούνται σε ερημοποίηση, ιδίως στην κεντρική και τη δυτική Μεσόγειο. Απειλούνται από πολλούς παράγοντες, όπως οι παράνομες πρακτικές αλιείας με συρόμενα εργαλεία (μηχανότρατες, γρι-γρι) σε περιοχές που υπάρχουν τα λιβάδια Ποσειδωνίας, η άναρχη παράκτια ανάπτυξη, η ρύπανση από υδατοκαλλιέργειες, ο

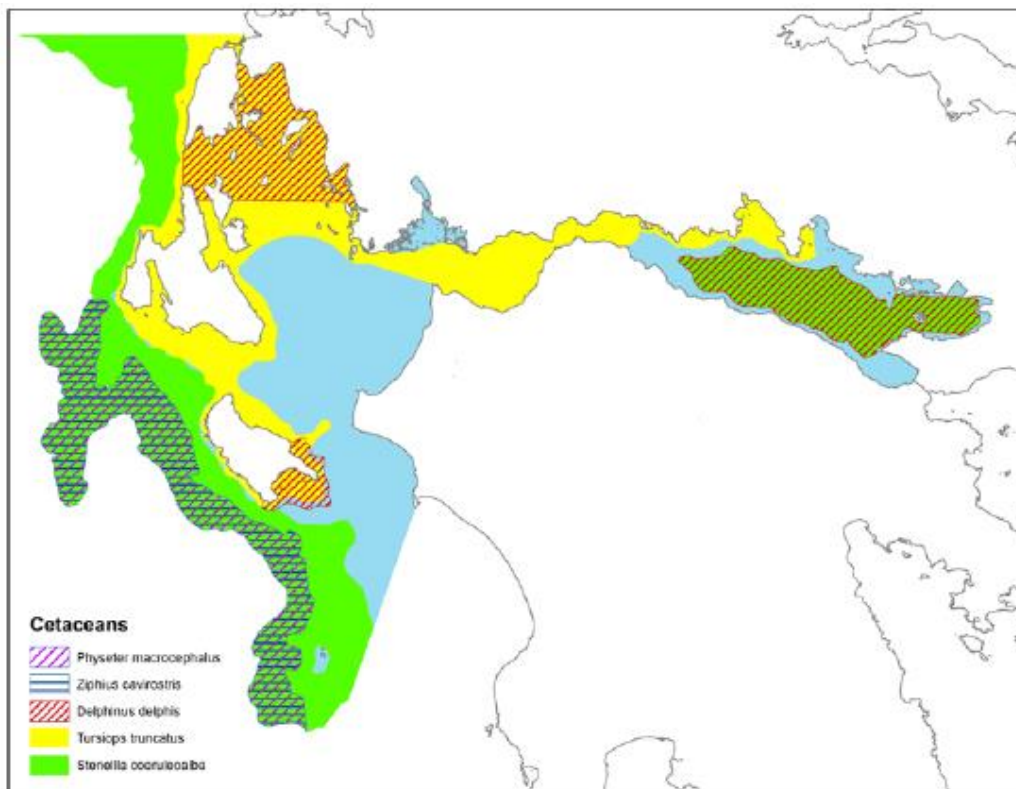
ευτροφισμός, η ανάπτυξη ανταγωνιστικών ειδών και η αγκυροβόληση μεγάλου αριθμού σκαφών αναψυχής όταν οι άγκυρες ρίχνονται σε περιοχές όπου υπάρχουν τα λιβάδια.



Εικόνα 29 Χωρική κατανομή οικοτόπων: λιβάδια Ποσειδωνίας & κοραλλιογενή στον Πατραϊκό (και Κορινθιακό) κόλπο (πηγή: Issaris, Y. Et al., 2012).

Από την περιοχή του Πατραϊκού κόλπου διέρχονται και πολλά θηλαστικά είδη που παρά την προστασία τους από την εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία, η έλλειψη αποτελεσματικών μέτρων έχει οδηγήσει στη μείωση των πληθυσμών τους τις τελευταίες δεκαετίες. Οι πληθυσμοί των θαλάσσιων θηλαστικών (ρινοδέλφινο, κοινό δελφίνι, πτεροφάλαινα, χελώνα καρέτα) αντιμετωπίζουν αυξανόμενες απειλές που σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η υπεραλίευση, η ακούσια εμπλοκή σε αλιευτικά εργαλεία, η ρύπανση και η ηχορύπανση, οι προσκρούσεις με πλοία και γενικότερα η όχληση από τον άνθρωπο. Η υπεραλίευση, καθώς και οι καταστροφικές παράνομες τακτικές αλιείας καθιστούν ολοένα και πιο δύσκολη για τα θαλάσσια θηλαστικά την ανεύρεση τροφής, ενώ συνεχώς απειλούνται από εγκλωβισμό στα δίχτυα των αλιευτικών. Οι προσκρούσεις με σκάφη ή πλοία αποτελούν συχνά αιτία θανάτου, οι χελώνες συνήθως τραυματίζονται από μικρά ταχύπλοα. Η απώλεια οικοτόπου ως αποτέλεσμα της

καταστροφικής αλιείας και άλλων ανθρωπογενών παρεμβάσεων, ασκεί αυξανόμενη πίεση σε αυτά τα ζώα, ιδίως στη Μεσογειακή φώκια και τις θαλάσσιες χελώνες. Τέλος, τα θαλάσσια θηλαστικά αντιμετωπίζουν κινδύνους πνιγμού από την κατάποση πλαστικών που βρίσκονται στη θάλασσα.



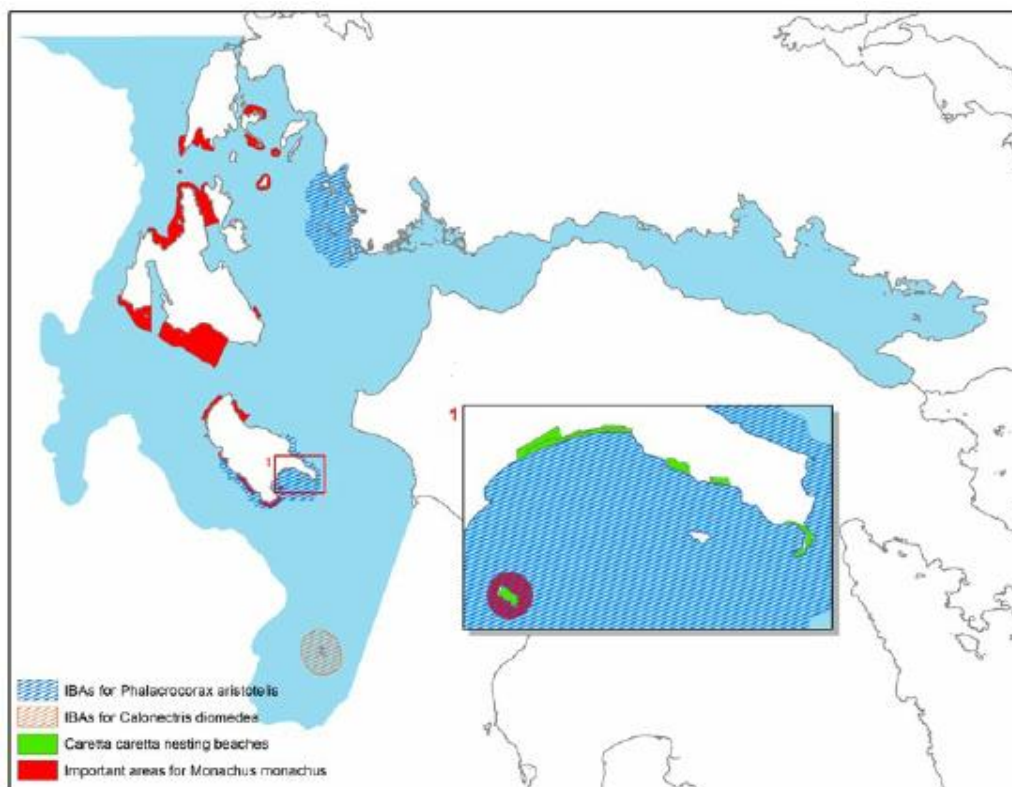
Εικόνα 30 Χωρική κατανομή κητωδών: ρινοδέλφινο, κοινό δελφίνι, πτεροφάλαινα (πηγή: Issaris, Y. Et al., 2012).

Αναφορικά με τις παράκτιες περιοχές της Βόρειας Πελοποννήσου συναντώνται κυρίως καλλιεργήσιμες εκτάσεις: δημητριακών, αμπελιών (για σταφίδες και κρασί), συκιές, ελιές, ρύζι και βαμβάκι. Επίσης καλλιεργείται καπνός, γεώμηλα, κηπευτικά και αρκετά εσπεριδοειδή. Ανεπτυγμένη είναι η εκτροφή αιγών και προβάτων, η αγελαδοτροφία, η πτηνοτροφεία και η μελισσοκομία.

Η πανίδα ενός οικοσυστήματος, όπως και η χλωρίδα αυτού, δίνουν την εικόνα της αξίας και της σημασίας του ως παραγωγικού και βιογενετικού χώρου σε τοπικό, εθνικό ή/και διεθνές επίπεδο (Παπαμητροπούλου Μ., 2017). Στο βόρειο τμήμα του Πατραϊκού κόλπου, το Εθνικό Πάρκο Μεσολογίου είναι από τα πλουσιότερα πάρκα της χώρας στη φιλοξενία ειδών ορνιθοπανίδας. Καταγράφονται περίπου 200 είδη που φωλιάζουν ή είναι μεταναστευτικά, πολλά από τα οποία ανήκουν στα απειλούμενα είδη, ενώ οι ηπιότεροι ελληνικοί χειμώνες δημιουργούν τις κατάλληλες

συνθήκες για την προστασία μεγάλων πληθυσμών πουλιών που κινούνται στον ευρύτερο κεντροανατολικό Ευρωπαϊκό χώρο. Στην περιοχή καταγράφονται διάφορα είδη πάπιας, φαλαρίδες, ερωδιοί, βουτηχτάρια, αβοκέτες που είναι κυρίως διαχειμάζοντα είδη. Σήμερα, παρατηρείται μια τάση μείωσης των πληθυσμών, λόγω των έντονων παρεμβάσεων του ανθρώπου (αποξηράνσεις, αλυκοποίηση και εντατικοποίηση των δραστηριοτήτων εντός του υγροβιότοπου, παράνομο κυνήγι και οικιστική ανάπτυξη). Αν και το φώλιασμα των παραπάνω έχει υποχωρήσει, ο υγροβιότοπος παραμένει πολύ σημαντικός χώρος για έναν αριθμό υδρόβιων, παρυδάτιων, αρπακτικών και στρουθιόμορφων πουλιών (Φορέας Διαχείρισης Λιμνοθαλασσών Μεσολογίου, 2009).

Στο σύνολό του ο Πατραϊκός κόλπος αποτελεί περιοχή ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, τόσο για το πλούσιο θαλάσσιο οικοσύστημά του όσο και για τις διαφορετικές παράκτιες περιοχές τις οποίες βρέχει. Νότια συναντάται το μεγάλο αστικό κέντρο της Πάτρας με το διεθνή λιμένα, ενώ βόρεια αυτού σχηματίζεται μία ποικιλία υγροβιότοπων, δέλτα ποταμών και εκβολές, στα οποία σχηματίζονται ξεχωριστά οικοσυστήματα εθνικής και διεθνούς σημασίας.



Εικόνα 31 Σημαντικές περιοχές καταφυγίων για σημαντικά είδη πτηνών (πηγή: Issaris, Y. Et al., 2012).

4.2.4 Χρήσεις Γης

Από το 1985 έως το 1990, η Ευρωπαϊκή επιτροπή έθεσε σε εφαρμογή το πρόγραμμα CORINE, αρχικά των λέξεων “Coordination of Information on the Environment”. Σε αυτό το διάστημα δημιουργήθηκε ένα σύστημα πληροφοριών του ευρωπαϊκού χώρου, όπου όλα τα μέλη συμφώνησαν σε μια κοινή μεθοδολογία, ταξινόμηση και ονοματολογία. Το πρόγραμμα CORINE Land Cover υλοποιήθηκε στις περισσότερες από τις ευρωπαϊκές χώρες, αλλά και σε ακόμη 13 χώρες-εταίρους της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης (Buttner G. et al., 2004). Σήμερα το CORINE Land Cover αποτελεί βασικό μέρος του Copernicus και οι ενημερώσεις που έχουν πραγματοποιηθεί αφορούν τα έτη 2000, 2006, 2012 και 2018. Βασίζεται σε οπτική φωτοερμηνεία εικόνων LANDSAT 7 ETM+ από εθνικές ομάδες εργασίας. Ο συνδυασμός ευρείας γεωγραφικής κάλυψης και λεπτομερούς τοπικής πληροφορίας καθιστά το πρόγραμμα μη συγκρίσιμο με οποιοδήποτε στον κόσμο.

Μέσω του προγράμματος CORINE είναι διαθέσιμοι στους χρήστες, χάρτες γεωχωρικών πληροφοριών, που αφορούν τις καλύψεις χρήσεων γης σε εθνικό επίπεδο, με στόχο την σύγκριση των πληροφοριών με την πάροδο του χρόνου και την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών. Όμως που ωφελεί τελικά όλος αυτός ο όγκος δεδομένων; Ο κάθε χρήστης, ιδιώτης ή υπηρεσία, χρησιμοποιώντας ένα λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι σε θέση, όχι μόνο να αναγνώσει, αλλά και να επεξεργαστεί το σύνολο των δεδομένων που παρέχονται στους CLC χάρτες, εξάγοντας πίνακες, γραφικές παραστάσεις, παρουσιάζοντας τις αλλαγές και την εξέλιξη οποιασδήποτε επιφάνειας ενδιαφέροντος επιλέξει. Οι χάρτες, αυτοί, έχουν χρησιμοποιηθεί για την ποσοτικοποίηση των επιδράσεων των αλλαγών χρήσεων γης στις λειτουργίες του οικοσυστήματος αλλά και για την αναγνώριση της τρωτότητας των υγροβιότοπων (Cole et al., 2018). Η ταξινόμηση του προγράμματος περιλαμβάνει 44 κατηγορίες κάλυψης γης. Αυτές ιεραρχούνται σε 3 επίπεδα:

Επίπεδο 1: περιλαμβάνει 5 κατηγορίες κάλυψης γης, οι οποίες αντιστοιχούν στις ανώτατες και κύριες κατηγορίες κάλυψης του πλανήτη. Πρόκειται για: τις **τεχνητές επιφάνειες**, τις **γεωργικές περιοχές**, τα **δάση** και τις **ημιφυσικές περιοχές**, τους **υγροτόπους** και τέλος τις **υδάτινες επιφάνειες**.

Επίπεδο 2: αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει 15 κατηγορίες κάλυψης γης και καλύπτει φυσικές και φυσιογνωμικές οντότητες σε μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας από το επίπεδο 1.

Επίπεδο 3: περιλαμβάνει 44 κατηγορίες κάλυψης γης και απευθύνεται στην κλίμακα 1:100.000.

Όλες οι εθνικές ομάδες θα έπρεπε να υιοθετήσουν την παραπάνω ταξινόμηση και να την προσαρμόσουν σύμφωνα με τις εκάστοτε γεωχωρικές συνθήκες. Αν και, οι 44 αυτές κατηγορίες δεν έχουν αλλάξει από την πρώτη εφαρμογή του προγράμματος (1986-1990), η αντιστοίχιση κάθε στοιχείου σε μία κατηγορία έχει βελτιωθεί σημαντικά (Buttner G. et al., 2004). Με βάση το 1^ο επίπεδο διαχωρισμού δημιουργείτε η παρακάτω κωδικοποίηση:

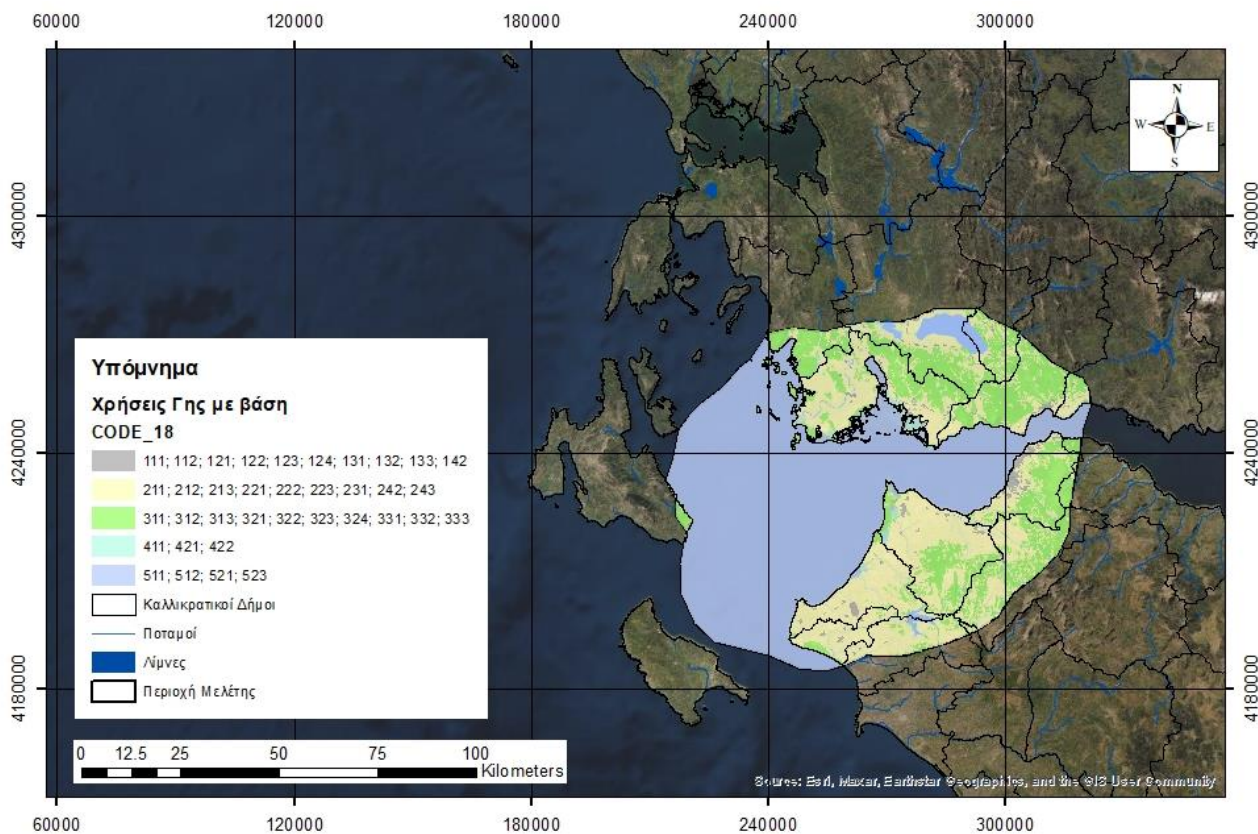
Πίνακας 7 Κατηγοριοποίηση χρήσεων Γης βάσει Corine Land Cover 2018.

Κατηγορία	Κωδικοί ανά κατηγορία
Τεχνητές Επιφάνειες	111, 112, 121, 122, 123, 124, 131, 132, 133, 141, 142
Γεωργικές Περιοχές	211, 212, 213, 221, 222, 223, 231, 241, 242, 243, 244
Δάση και Ημιφυσικές Περιοχές	311, 312, 313, 321, 322, 323, 324, 331, 332, 333, 334, 335
Υγρότοποι	411, 412, 421, 422, 423
Υδάτινες Επιφάνειες	511, 512, 521, 522, 523

Εντός της περιοχής συναντώνται τα δύο μεγάλα αστικά κέντρα, η Πάτρα και το Μεσολόγγι αλλά και μικρότερες αστικές περιοχές, κυρίως χωριά με < 2.000 κατοίκους. Εντός των αστικών ιστών υπάρχουν δημόσια και ιδιωτικά κτίρια, κατοικίες, αθλητικοί και αρχαιολογικοί χώροι. Παράλληλα στην ευρύτερη περιοχή υπάρχει μεγάλο ποσοστό γεωργικών εκτάσεων, είτε καλλιεργήσιμων εκτάσεων είτε δασικών περιοχών.

Στο Παναχαϊκό όρος, βρίσκεται το Αιολικό Πάρκο Παναχαϊκού που αποτελείται από δύο επιμέρους αιολικά πάρκα τα οποία βρίσκονται στην κορυφογραμμή του. Η υφιστάμενη κλιματολογική κατάσταση της Περιφέρειας (ηλιοφάνεια, αιολικό δυναμικό, υδραυλικό δυναμικό) έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ενός σημαντικού αριθμού επενδύσεων έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

(Α.Π.Ε.). Σύμφωνα με τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, στην Π.Δ.Ε. έχουν αδειοδοτηθεί ένας σημαντικός αριθμός αιολικών πάρκων, κυρίως στις ορεινές εκτάσεις της βορειοανατολικής Αχαΐας και της Αιτωλοακαρνανίας. Οι επενδύσεις φωτοβολταϊκών σταθμών διαχέονται και στις τρεις Περιφερειακές Ενότητες της Π.Δ.Ε. με μεγάλες συγκεντρώσεις να παρατηρούνται σε Αχαΐα και Ηλεία, κυρίως στους Καλλικρατικούς δήμους Δυτικής Αχαΐας, Ανδραβίδας-Κυλλήνης, Πηνειού, Ήλιδας και Πύργου. Με βάση τη μελέτη της Τράπεζας της Ελλάδος, αναμένεται η αύξηση της μέσης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και η αύξηση της έντασης των ετήσιων ανέμων κατά 10% προς το τέλος του 21^{ου} αιώνα. Συγκεκριμένα, στην Π.Δ.Ε. η μέγιστη ποσότητα του νερού που κατακρημνίζεται σε διάστημα έως 3 ημέρες αναμένεται να μειωθεί σε ποσοστό έως 20%.



Εικόνα 32 Χρήσεις γης βάσει Corine Land Cover 2018 για την περιοχή του Πατραϊκού κόλπου (πηγή: ίδια επεξεργασία-Copernicus).

4.3 Ο Λιμένας Πατρών

4.3.1 Ιστορία και Σημασία Λιμένα

Ο λιμένας Πατρών διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην οικονομική ζωή της σύγχρονης Ελλάδας από τα πρώτα χρόνια της ανεξαρτησίας της, αφού υπήρξε σημαντικό εισαγωγικό και εξαγωγικό κέντρο της χώρας. Με το πέρασμα των χρόνων και την ανάπτυξη του Πειραιά, η κίνηση μειώθηκε. Το 1893 με τη διάνοιξη της διώρυγας της Κορίνθου συνδέθηκε το Αιγαίο με το Ιόνιο πέλαγος, μειώνοντας τη θαλάσσια απόσταση μεταξύ της Πάτρας και του Πειραιά, καθώς δεν ήταν υποχρεωτικός πλέον ο περίπλους της Πελοποννήσου. Τα πρώτα χρόνια μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο το λιμάνι βρισκόταν σε μααρασμό μέχρι προ 30^{ετίας} οπότε άρχισε να λειτουργεί η σύνδεση Ελλάδας Ιταλίας.



Εικόνα 33 Θέση του λιμένος Πατρών στον Πατραϊκό Κόλπο (πηγή: υπόβαθρο Google Maps & συλλογή ΟΛ.ΠΑ.)

Μετά την ίδρυση της πόλης της Πάτρας τον 11^ο αιώνα π.Χ., ο λιμένας της πόλης οργανώθηκε στην ανατολική παραθαλάσσια περιοχή της, εκεί όπου αργότερα ανεγέρθηκε ο ναός της θεάς Δήμητρας, η οποία υπήρξε η προστάτιδα της Αχαϊκής Συμπολιτείας. Σήμερα, στη θέση του αρχαίου

ναού ορθώνεται ο περίφημος ναός του Αγίου Ανδρέα (πρόσοψη του ναού αριστερά στην εικόνα 21), ο οποίος έχει ανακηρυχθεί σε πολιούχο των Πατρών. Σε αυτή τη θέση, το λιμάνι λειτούργησε μέχρι και τα τέλη του 13^{ου} αιώνα, δεχόμενο, όμως, αρκετές παρεμβάσεις για την προστασία των πλοίων και του διαμετακομιστικού εμπορίου, από τους πειρατές και τους διάφορους εισβολείς. Επί Φραγκοκρατίας, το 13^ο αιώνα, το λιμάνι μετατοπίστηκε προς τη Βόρεια πλευρά της πόλης, έτσι ώστε να βρίσκεται σε ευθεία γραμμή από το Κάστρο της πόλης και υπό την προστασία του. Το 1828, η πόλη απελευθερώθηκε από τους Οθωμανούς, με αποτέλεσμα να αρχίσουν ξανά οι πρώτες θαλάσσιες δραστηριότητες. Αν και δεν υπήρχε τεχνητό λιμάνι, η Πάτρα είχε έντονη κίνηση εμπορικών πλοίων από όλο τον κόσμο. Τα πλοία εξήγαγαν από την πόλη κυρίως σταφίδα, μετάξι, δέρματα αλλά και δημητριακά, ενώ οι εισαγωγές αφορούσαν οικοδομικά υλικά, είδη υφαντουργίας, ζάχαρη και καφέ.

Καθώς ήταν εμφανής η ανάγκη δημιουργίας ενός ασφαλούς λιμανιού, το οποίο θα εξυπηρετούσε τα πλοία που αγκυροβολούσαν στο φυσικό ορμό της Πάτρας, η κυβέρνηση αποδέχτηκε τις προτάσεις της λιμενικής αρχής και το 1838 υλοποιήθηκε το πρώτο μέρος ενός ξύλινου μόλου μήκους 35 μέτρων, ενώ δύο χρόνια αργότερα πραγματοποιήθηκε επέκταση αυτού κατά 20 μέτρα, που και πάλι δεν αρκούσε για την εξυπηρέτηση της ναυσιπλοΐας. Τα λιμενικά έργα συνεχίστηκαν και τη δεκαετία του 1850 (λιμενοβραχίονας, αποβάθρα), αλλά ήταν αναποτελεσματικά λόγω του μικρού βάθους του πυθμένα. Ύστερα από αίτηση της λιμενικής επιτροπής, τα έργα του λιμένα των Πατρών ανατέθηκαν στον Ν. Πασκάλ, διευθυντή των έργων του λιμένα της Μασσαλίας. Το 1872, ο Πασκάλ συνέταξε μελέτη με πρόταση κατασκευής κυματοθραύστη. Οι εργασίες του τεχνητού λιμένα ξεκίνησαν το 1879 και ολοκληρώθηκαν μετά από διάστημα εννέα ετών. Μέχρι το 1927 όπου το λιμενικό ζήτημα τέθηκε εκ νέου, ο λιμένας παρέμεινε χωρίς κρηπιδώματα και με πολλά λειτουργικά προβλήματα.

Το 1927, ανατέθηκε σε τεχνική εταιρεία κατασκευών η εκτέλεση λιμενικών έργων (εκσκαφή λιμένος στα 9,5 μέτρα, κρηπιδώματα μήκους 1.400 μέτρων κα πλάτους 80 μέτρων ως χερσαία ζώνη, διαπλάτυνση του μόλου Καλαβρύτων κατά 42 μέτρα (Δ. Γούναρη) και επέκταση του μόλου Άστιγγος κατά 120 μέτρα. Τη δεκαετία του 1930, όλη η παραλιακή ζώνη αποτελούσε ένα πολυάνθρωπο εργοτάξιο, τα έργα του οποίο σταμάτησαν με την κήρυξη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου (Ζέρμα Α., & Χόνδρος Α., 2016). Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα

ήταν σημαντική η συμβολή του λιμανιού στην υπερπόντια μετανάστευση. Μέχρι και τη δεκαετία του 1960 και προτού γίνει ανταγωνιστική η αεροπορική μετακίνηση, κύριο μέσο μεταφοράς των μεταναστών αποτελούσαν τα υπερωκεάνια που συχνά προσέγγιζαν και στην Πάτρα. Το 1956 επανήλθε στο προσκήνιο το λιμενικό ζήτημα με την επέκταση του λιμένα μέσω έργων εκσυγχρονισμού, που συνεχίστηκαν μέχρι τη δεκαετία του 90' δίνοντας έμφαση στις υποδομές εξυπηρέτησης οχηματαγωγών (νέα προβλήτα, σταθμός υποδοχής επιβατών κλπ.).



Εικόνα 34 Αριστερά, δορυφορική εικόνα του λιμένα Πατρών (πηγή: Google Maps) και δεξιά με τη σειρά στις εικόνες παρουσιάζονται, η μαρίνα του λιμένα στο βορειότερο άκρο, ο Βόρειος λιμένας και ο νέος Νότιος λιμένας (πηγή: ΟΛ.ΠΑ. <https://www.patrasport.gr/>).

Σήμερα, το λιμάνι αποτελεί τη σημαντικότερη τερματική εγκατάσταση θαλάσσιων μεταφορών της Δυτικής Ελλάδας και το σημαντικότερο σημείο πορθμειακής σύνδεσης της χώρας με την Ιταλία, ενώ ο ρόλος του στο δίκτυο των εσωτερικών ακτοπλοϊκών συνδέσεων με τα νησιά του Ιονίου έχει αποδυναμωθεί, μετά την ανάπτυξη του λιμανιού της Κυλλήνης ως κύριου σημείου συνδέσεων της Ζακύνθου και της Κεφαλονιάς. Οι εξελίξεις της διεθνούς μεταφορικής αγοράς στην ευρύτερη περιοχή της Αδριατικής και των Βαλκανίων, ανέδειξαν και αναβάθμισαν το ρόλο του λιμανιού της

Πάτρας στο διεθνές δίκτυο των μεταφορών. Ο λιμένας Πατρών αποτελεί την πύλη της χώρας προς την Ευρώπη και είναι πλέον από τα πιο σύγχρονα λιμάνια της Μεσογείου με σύγχρονες λιμενικές υποδομές, ποιοτικά ολοκληρωμένες υπηρεσίες και συνθήκες ασφάλειας (Κουμπάρακης Γ., 2015). Σημειώνεται ότι ο λιμένας διαχειρίζεται το σημαντικότερο όγκο Ro-Ro φορτίων της χώρας. Η ολοκλήρωση του σιδηροδρομικού δικτύου της δυτικής Ελλάδας θα προσδώσουν νέες δυνατότητες στη μεταφορική ικανότητα της περιοχής.

Σήμερα, έχουν ολοκληρωθεί τα έργα εκσυγχρονισμού και βελτίωσης του υπάρχοντος λιμανιού καθώς και τα έργα κατασκευής του νέου Νότιου λιμένα, στην Ακτή Δυμαίων.

4.3.2 Ο.Λ.ΠΑ. & Λειτουργία

Ο Οργανισμός Λιμένος Πατρών Α.Ε., ως διάδοχη νομική μορφή του Λιμενικού Ταμείου Πατρών, όπως προέκυψε μετά την ψήφιση του Νόμου υπ' αριθμό 2932/2001, για την ελεύθερη παροχή υπηρεσιών στις θαλάσσιες ενδομεταφορές – Σύσταση Γραμματείας Λιμένων και Λιμενικής Πολιτικής – Μετατροπή Λιμενικών Ταμείων σε Ανώνυμες Εταιρείες και άλλες διατάξεις, είναι μονομετοχική εταιρεία του δημοσίου. Η δομή, η διοίκηση και η εν γένει λειτουργία του Οργανισμού διέπεται από το καταστατικό του ίδιου Νόμου, όπως αυτό έχει έκτοτε τροποποιηθεί. Ο Οργανισμός Λιμένος Πατρών συνεισφέρει σημαντικά στην τοπική, αλλά και την εθνική οικονομία, δημιουργώντας με τις άμεσα εξαρτώμενες επιχειρήσεις 2.504 θέσεις εργασίας, 1.013 άμεσες θέσεις εργασίας και 1.491 έμμεσες. Με βάση την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, το λιμάνι και οι συνδυασμένες με αυτό επιχειρήσεις συνεισφέρουν σε ποσοστό 3,74% της συνολικής τοπικής απασχόλησης (Ο.Λ.ΠΑ. <https://www.patrasport.gr/>).

Με απόφαση που δημοσιεύθηκε χορηγήθηκε στον Οργανισμό Λιμένος Πατρών Α.Ε. άδεια λειτουργία Αεροδρομίου επί υδάτινης επιφάνειας («Υδατοδρομίου»), στη θαλάσσια περιοχή του Λιμένα Πατρών για τη χρήση της από υδροπλάνα. Για τη λειτουργία του υδατοδρομίου, ο Ο.Λ.ΠΑ. θα διαθέσει τους κατάλληλους χώρους για την εξυπηρέτηση των επιβατών, καθώς και γραφείο διοίκησης και ασφάλειας πλήρως εξοπλισμένο. Επίσης, θα διαθέσει πλωτό προβλήτα που έχει κατασκευαστεί για την ασφαλή πρόσδεση των υδροπλάνων στο κρηπίδωμα Νο11 της οδού Άστιγγος καθώς και για την πρόσδεση του σκάφους υπηρεσίας του υδατοδρομίου. Με αυτόν τον

τρόπο, η κατασκευή, εγκατάσταση και η αδειοδότηση των αναγκαίων υποδομών καθιστούν την πόλη και το λιμάνι της Πάτρας κεντρικό κόμβο ενός πρώτου στοιχειώδους δικτύου υδατοδρομιών στη Δυτική Ελλάδα, συμβάλλοντας έτσι στην τουριστική και γενικότερη οικονομική αναπτυξιακή δυναμική της ευρύτερης περιφέρειας (ΟΛ.ΠΑ. <https://www.patrasport.gr/>).

Ο Οργανισμός Λιμένος Πατρών συμμετέχει ενεργά ως εταίρος σε πολλά Ευρωπαϊκά προγράμματα (TEN ECOPORT, MEDNET, MED.I.T.A. κ.α.), Διευρωπαϊκά Δίκτυα Μεταφορών και σε Διεθνείς Οργανισμούς (E.S.P.O, MEDCRUISE κ.ά.). Ο ΟΛ.ΠΑ. Α.Ε. απέκτησε Πιστοποιητικό και εφαρμόζει Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας σύμφωνα με το πρότυπο κατά ISO 9001:2015 για τη διαχείριση και εκμετάλλευση του λιμένα που περιλαμβάνει τις διοικητικές υπηρεσίες, την εκμετάλλευση και διαχείριση των ακινήτων του λιμένα, την εξυπηρέτηση των ελλιμενιζόμενων πλοίων τη διαχείριση των φορτοεκφορτώσεων συμπεριλαμβανομένων των στερεών χύδην φορτίων, τη διαχείριση των απορριμμάτων, τη συντήρηση του εξοπλισμού, τη συντήρηση της υλικοτεχνικής υποδομής, την ανάπτυξη των υπηρεσιών και της υλικοτεχνικής υποδομής του λιμένα. Επίσης, απέκτησε Πιστοποίηση και εφαρμόζει Σύστημα Διαχείρισης Περιβάλλοντος σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Προτύπου κατά ISO 14001:2015.

4.3.3 Λιμενικές Υποδομές – Υφιστάμενη Κατάσταση

4.3.3.1 Βόρειο Τμήμα Λιμένα

Το **Βόρειο (παλαιό λιμάνι)** εκτείνεται από το βόρειο όριο του προβλήτα Αγίου Νικολάου μέχρι και το βόρειο προβλήτα εκτάσεως χερσαίου χώρου περίπου 106.474,67 τετραγωνικών μέτρων με τα κρηπιδώματά Νο 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 και 18 συνολικού μήκους 1.655,50 μέτρων. Είναι εξοπλισμένα με δίκτυο υδροδότησης, δέστρες 60t, προσκρουστήρες και κανάλι Η/Μ δικτύων. Τα κρηπιδώματα διαθέτουν επτά (7) ράμπες πρόσδεσης πλοίων εκ των οποίων τέσσερεις (4) εξυπηρετούν πρυμνοδέτηση και τρεις (3) πλαγιοδέτηση, υπάρχει πλωτός προβλήτας μήκους 12 μέτρων, για την εξυπηρέτηση υδροπλάνων και 17 αγκυροβόλια (Ρεμέτζα) για την εξυπηρέτηση σκαφών αναψυχής 25-35 μέτρων. Επίσης υπάρχει προσήνεμος κυματοθραύστης συνολικού μήκους 1.565,00 μέτρων.

Περιλαμβάνονται επίσης: κτηριακές εγκαταστάσεις – υπόστεγα – αποθήκες – φυλάκια, όπως σταθμός επιβατών, σταθμός επιβατών υδατοδρομίου και γραφεία, κτήριο γραφείων “Ferry Car”, λιμενικό υπόστεγο, ανοιχτό υπόστεγο Πύλης Νο7, γραφεία γεφυροπλάστιγγας, συγκρότημα οικίσκων λιμενεργατών, τρία (3) συγκροτήματα τουαλετών, υποσταθμοί, παλιρροιογράφος, φυλάκια ελέγχου και χώρος εποπτείας. Υπάρχουν Η/Μ εγκαταστάσεις υποσταθμού, εξωτερικών ηλεκτρικών δικτύων οδοφωτισμού και ασθενών ρευμάτων, δίκτυο ύδρευσης και άρδευσης και δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων. Επίσης, υπάρχει ασφαλτοστρωμένο δίκτυο εσωτερικής οδοποιίας και σύνδεσης με το τοπικό οδικό δίκτυο, διαμορφωμένος περιβάλλοντας χώρος και χώροι διακίνησης - στάθμευσης ΙΧ οχημάτων και φορτηγών.

Περιλαμβάνεται ακόμα η νότια λιμενολεκάνη του Βόρειου (παλαιού) λιμένα, που εκτείνεται μεταξύ του προβλήτα Γούναρη και του προβλήτα Αγίου Νικολάου εκτάσεως χερσαίου χώρου περίπου 5.740 τετραγωνικών μέτρων, με τα κρηπιδώματα Νο 1,2,3 και 4 συνολικού μήκους 688,00 μέτρων, εξοπλισμένων με δίκτυο υδροδότησης, δέστρες 60t, προσκρουστήρες και (1) ράμπα πρυμοδέτησης πλοίων. Περιλαμβάνονται επίσης ισόγεια κτίσματα, αποθήκες του Κεντρικού Λιμεναρχείου Πατρών και οικίσκος παλιρροιογράφου. Ο Οργανισμός Λιμένος Πατρών διαθέτει στο Βόρειο Λιμάνι εγκαταστάσεις, μηχανήματα και προσωπικό που μπορούν να εξυπηρετήσουν τη διακίνηση φορτίων . Επίσης διαθέτει υπαίθριο αποθηκευτικό χώρο για εναπόθεση γενικού φορτίου. Η λειτουργία τελωνειακής υπηρεσίας επιτρέπει τη διακίνηση εισαγόμενων και εξαγόμενων εμπορευμάτων. Επίσης διαθέτει 3 γεφυροπλάστιγγες (δύο στο Νότιο Λιμάνι και μία στο Βόρειο) για έλεγχο βάρους των οχημάτων και ζύγιση φορτίων (ΟΛ.ΠΑ. <https://www.patrasport.gr/>).



Εικόνα 35 Κάτοψη του Βόρειου λιμένα Πατρέων (πηγή: Γεωχωρικά στοιχεία δήμου Πατρέων

<https://gissrvweb.geopatras.gr/dpqis/>).

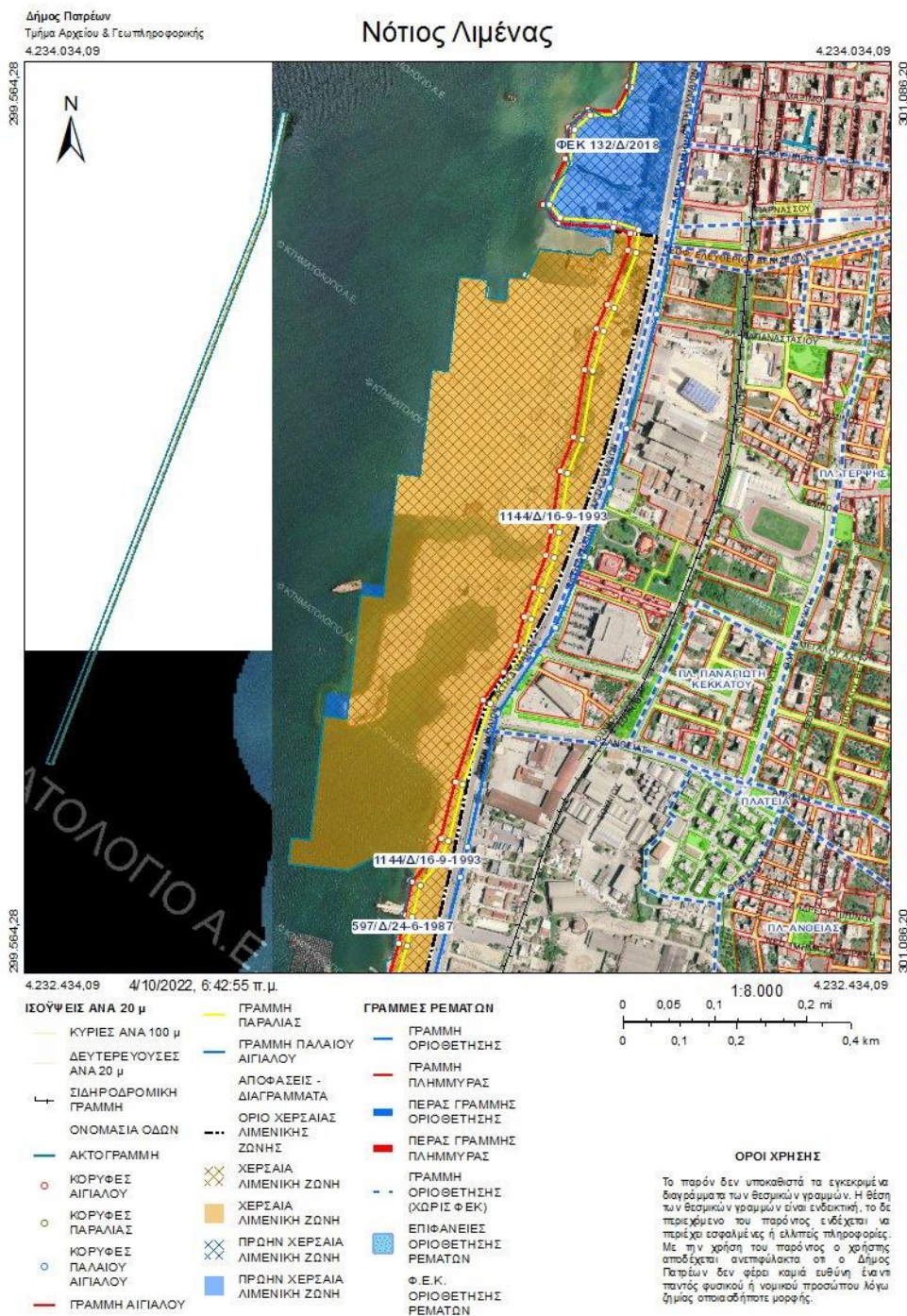
Πίνακας 8 Συγκεντρωτικά στοιχεία Βόρειου τμήματος λιμένος Πατρών.

Οριοθέτηση λιμένα	Από το βόρειο όριο του προβλήτα Αγίου Νικολάου μέχρι και το βόρειο Προβλήτα. Περιλαμβάνει και τη νότια λιμενολεκάνη του βόρειου (παλαιού) λιμένα μεταξύ προβλήτα Γούναρη και προβλήτα Αγ. Νικολάου.
Έκταση (τ.μ.)	106.474,67 / 5.740,0
Αριθμός κρηπιδωμάτων	No 1, 2, 3 No 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 & 18
Συνολικό μήκος κρηπιδωμάτων (μ.)	1.655,5 / 688,0
Εξοπλισμός κρηπιδωμάτων	Δίκτυο υδροδότησης, δέστρες 60t, προσκρουστήρες και κανάλι Η/Μ δικτύων
Πρόσδεση	7 ράμπες πρόσδεσης εκ των οποίων 4 εξυπηρετούν σε πρυμνοδέτηση και 3 σε πλαγιοδέτηση.
Προβλήτες	Υπάρχει πλωτός προβλήτας μήκους 12 μ., για την εξυπηρέτηση Υδροπλάνων και (17) αγκυροβόλια για την εξυπηρέτηση σκαφών αναψυχής.
Κυματοθραύστης	Προσήνεμος μήκους 1.565,0 μέτρων
Κτηριακές εγκαταστάσεις	Υπόστεγα, Αποθήκες, Φυλάκια, Σταθμός επιβατών, Σταθμός επιβατών υδατοδρομίου, Γραφεία, Λιμενικό Υπόστεγο, Γραφεία γεφυροπλάστιγγας, Συγκρότημα οικίσκων λιμενεργατών, Τουαλέτες, Υποσταθμοί, Φυλάκια ελέγχου και Χώρος εποπτείας. Οικίσκος Παλιρροιογράφου.

4.3.3.2 Νότιο Τμήμα Λιμένα

Το **Νότιο λιμάνι** εκτείνεται από τον ποταμό Γλαύκο προς το Νότο μέχρι τον χείμαρρο Διακονιάρη προς το Βορρά, εκτάσεως περίπου 456.241,88 τετραγωνικών μέτρων, με τις νηοδόχους Α,Β,С, D, E συνολικού μήκους κρηπιδωμάτων 1.292,98 μέτρων, εξοπλισμένων με δίκτυο υδροδότησης, δέστρες 50t και 100t, προσκρουστήρες, ελαστικές κλίμακες και κανάλι Η/Μ δικτύων. Τα υπάρχοντα κρηπιδώματα Α,Β,С, D διαθέτουν 19 ράμπες πρόσδεσης πλοίων εκ των οποίων 14

εξυπηρετούν πρυμνοδέτηση, 5 πλαγιοδέτηση. Υπάρχει προσήνεμος κυματοθραύστης συνολικού μήκους 1.429,56 μέτρων, εξοπλισμένος με πλάκα ανωδομής, προφυλακτήριο τοίχο, δέστρες 50t και 2 μεταλλικούς οβελούς στήριξης φανών.



Εικόνα 36 Κάτοψη του Νότιου λιμένα Πατρέων (πηγή: Γεωχωρικά στοιχεία δήμου Πατρέων

<https://gissrvweb.geopatras.gr/dpqis/>.

Περιλαμβάνονται επίσης δέκα κτηριακά συγκροτήματα όπως, τερματικός σταθμός, κτήριο υπηρεσιών λιμένα, υποσταθμός, κτήριο περιπτέρου – αναψυκτήριου, υπέργεια δεξαμενή, κτήριο πυροσβεστικού σταθμού, υπόστεγο Πυροσβεστικού Σταθμού, κτήρια Βόρειας Πύλης Α, κτήριο Νότια Πύλης Β, πύργος ελέγχου-VTS, Βόρειος τερματικός σταθμός Β1, Νότιος τερματικός σταθμός Β2 και αναψυκτήριο. Υπάρχουν Η/Μ εγκαταστάσεις υποσταθμού, εξωτερικών ηλεκτρικών δικτύων οδοφωτισμού και ασθενών ρευμάτων, Η/Μ εγκαταστάσεις και δίκτυο ύδρευσης και άρδευσης, εγκατάσταση και δίκτυο πυρόσβεσης και εγκατάσταση εξωτερικού δικτύου αποχέτευσης. Ακόμη, υπάρχει ασφαλτοστρωμένο δίκτυο εσωτερικής οδοποιίας και σύνδεσης με το τοπικό οδικό δίκτυο, δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων της οδοποιίας και της χερσαίας ζώνης, διαμορφωμένος περιβάλλοντας χώρος περιμετρικά των κτηριακών εγκαταστάσεων και χώροι διακίνησης-στάθμευσης μέσω μαζικής μεταφοράς, στάθμευσης ΙΧ οχημάτων και φορτηγών.

Πίνακας 9 Συγκεντρωτικά στοιχεία Νότιου τμήματος λιμένος Πατρών.

Οριοθέτηση λιμένα	Από τον ποταμό Γλαύκο προς το Νότο μέχρι και το χείμαρρο Διακονιάρη.
Έκταση (τ.μ.)	456.241,88
Αριθμός κρηπιδωμάτων	A, B, C, D, E
Συνολικό μήκος κρηπιδωμάτων (μ.)	1.292,98
Εξοπλισμός κρηπιδωμάτων	Δίκτυο υδροδότησης, δέστρες 50t & 100t, προσκρουστήρες, ελαστικές κλίμακες και κανάλι Η/Μ δικτύων
Πρόσδεση	19 ράμπες πρόσδεσης εκ των οποίων 14 εξυπηρετούν σε πρυμνοδέτηση και 5 σε πλαγιοδέτηση.
Κυματοθραύστης	Προσήμενος μήκους 1.429,56 μέτρων εξοπλισμένος με πλάκα ανωδομής, προ φυλακτήριο τοίχο, δέστρες και μεταλλικούς οβελούς στήριξης φανών
Κτηριακές εγκαταστάσεις	10 κτηριακά συγκροτήματα όπως Τερματικός σταθμός, Κτήριο Υπηρεσιών λιμένα, Υποσταθμός, Κτήριο Πυροσβεστικού σταθμού, κτλ.

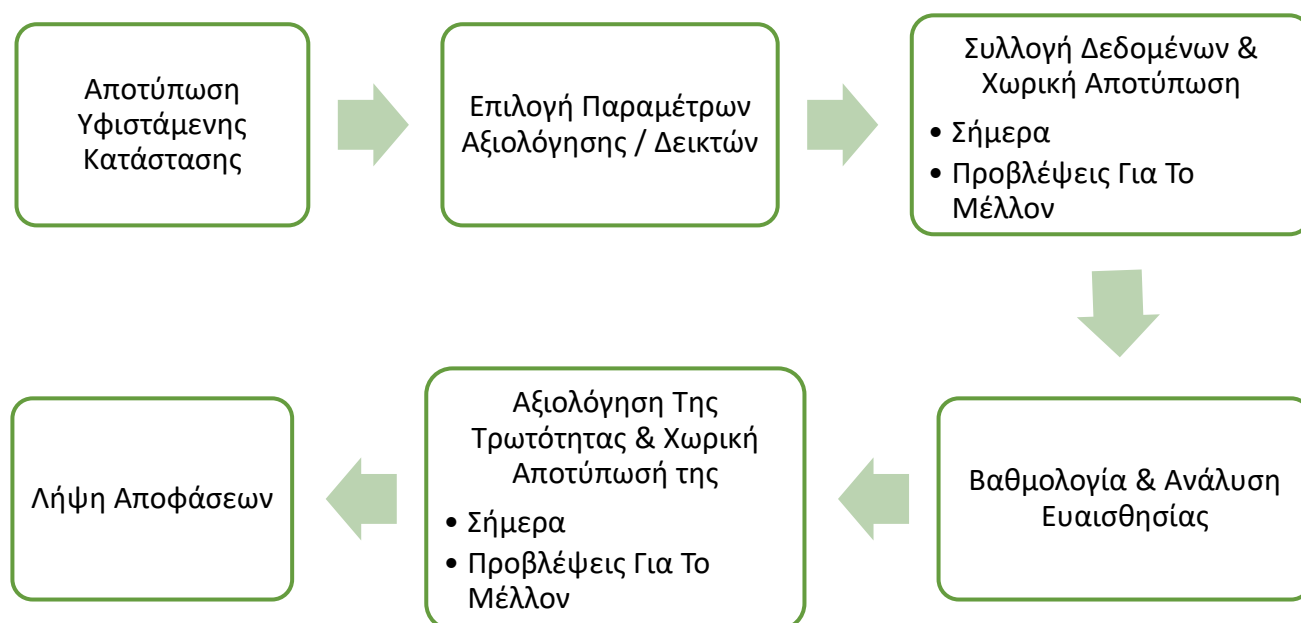
4.4 Εφαρμογή Μεθοδολογίας & Αξιολόγηση Περιοχής

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο ανάλυσης του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών του στην παράκτια ζώνη και σε περιοχές που υπάρχουν λιμένες. Αναλύονται οι φυσικές διεργασίες της παράκτιας περιοχής, αλλά και οι υπηρεσίες και η σημασία της αδιάκοπης λειτουργίας των λιμένων. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η αύξηση της συχνότητας των ακραίων φαινομένων αλλά και η μείωση του pH των θαλάσσιων υδάτων πρόκειται να προκαλέσουν πλημμύρες στις παράκτιες περιοχές, κατακλυσμό των κρηπιδωμάτων των λιμένων και αντίστοιχα διάβρωση του σκυροδέματος των έργων που είναι σε άμεση επαφή με τη θάλασσα. Τα παράκτια συστήματα προσφέρουν καταφύγιο σε πληθώρα ειδών και φιλοξενούν ιδιαίτερους οικότοπους υψηλής αξίας. Παράλληλα, η αδιάκοπη λειτουργία και παραγωγή του λιμενικού προϊόντος (είτε πρόκειται για μεταφορά επιβατών, είτε φορτίων) αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της εκάστοτε τοπικής/εθνικής κοινωνίας. Στις περιπτώσεις λιμένων διεθνούς σημασίας, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αποτελούν πλέον καταλυτικό παράγοντα σχεδιασμού, με σκοπό την προστασία των υποδομών και τη διαφύλαξη της ναυτιλιακής αλυσίδας.

Από τη δεκαετία του 1990, ξεκινά η εντατική μελέτη της τρωτότητας των παράκτιων περιοχών ανά τον κόσμο εισάγοντας την έννοια του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας (Coastal Vulnerability Index), για τον υπολογισμό του οποίου χρησιμοποιείται ένα πλήθος μεταβλητών μέσω μαθηματικών σχέσεων, οι οποίες διαφοροποιούνται με την πάροδο του χρόνου και ανάλογα με την ερευνητική προσέγγιση. Στον υπολογισμό της τρωτότητας εισάγονται νέες παράμετροι και μέθοδοι ανάλυσης, ενώ στην επιστημονική κοινότητα γίνεται αντιληπτή η ανάγκη υπολογισμού της τρωτότητας όχι μόνο σε ένα φυσικό σύστημα (όπως είναι οι ακτές), αλλά και σε τεχνικές υποδομές, όπως είναι τα λιμάνια. Επομένως, η διεθνής βιβλιογραφία εμπλουτίζεται με δημοσιεύσεις αξιολόγησης της τρωτότητας των λιμένων (Port Vulnerability Assessment) προσπαθώντας να εισάγουν την έννοια των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Οι μεθοδολογίες που ακολουθούνται είναι άμεσα συνδεδεμένες με τη λογική της αξιολόγησης του CVI, με τη διαφορά ότι οι ερευνητές αναλύουν τα ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά των εκάστοτε λιμένων και το σύνολο των υπηρεσιών και των λειτουργιών τους και προτείνουν νέες μεθόδους ανάλυσης και κατηγοριοποίησης. Σκοπός των εν

λόγω μελετών είναι η έγκαιρη κατάρτιση ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης για την προστασία των περιοχών και τη διαφύλαξη της καλής τους λειτουργίας.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία συγκεντρώνει ένα πλήθος παραμέτρων της διεθνούς βιβλιογραφίας, κατηγοριοποιημένων σε 3 επίπεδα (υποδείκτης-κατηγορία-παραμέτρος), με στόχο τη δημιουργία ενός μεθοδολογικού πλαισίου αξιολόγησης της τρωτότητας ενός πλέον ενιαίου συστήματος παράκτιας ζώνης με κεντρικό πυλώνα τον λιμένα που διαθέτει (εικόνα 37). Τα νέα κανονιστικά πλαίσια απαιτούν ο σχεδιασμός και η λήψη αποφάσεων να λαμβάνουν υπόψη το σύνολο των αλληλεπιδράσεων, θετικών ή αρνητικών και των σχέσεων που δημιουργούνται στην παράκτια ζώνη, αποφεύγοντας την αποσπασματική μελέτη. Γι' αυτόν το λόγο, κρίνεται πλέον αναγκαία η ανάπτυξη μίας νέας μεθοδολογίας, όπως περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα – εικόνα 37, που θα θεωρεί τα φυσικά και τεχνικά στοιχεία μίας περιοχής ως ένα ενιαίο σύστημα, μελετώντας τις σχέσεις, τις χρήσεις και τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται μεταξύ τους.



Εικόνα 37 Ροή εργασιών αξιολόγησης τρωτότητας ενιαίου συστήματος (πηγή: ίδια επεξεργασία).

Το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο μετά την αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης προχωρά στην επιλογή των δεικτών συλλέγοντας δεδομένα στο σήμερα και λαμβάνοντας υπόψη τα σενάρια της κλιματικής αλλαγής, με σκοπό την τελική αποτύπωση της τρωτότητας σε δύο

χρόνους, ώστε να γίνει σαφής η σειρά με την οποία θα ληφθούν μέτρα για την μείωσή της και την παράλληλη αύξηση της ανθεκτικότητας ενός συστήματος.

Για την αξιολόγηση της περιοχής είναι απαραίτητη η συλλογή γεωχωρικών πληροφοριών, στοιχείων και χαρτών για την περιοχή με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα (φυσικά χαρακτηριστικά, κλιματικά στοιχεία, υποδομές) και η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης σε περιβάλλον GIS. Ο εκάστοτε ερευνητής καλείται να παρατηρήσει την υπό μελέτη περιοχή συλλογικά. Στην περίπτωση μελέτης του Πατραϊκού κόλπου, νότια του κόλπου συγκεντρώνονται δραστηριότητες του αστικού ιστού υψηλής πίεσης για το θαλάσσιο χώρο (πόλη της Πάτρας και λιμένας διεθνούς σημασίας), ενώ βόρεια αυτού και σε απόσταση κάποιων χιλιομέτρων συναντώνται εκβολές ποταμών και περιοχές προστατευόμενες από το δίκτυο NATURA 2000. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ανάλυση να μην περιορίζεται στη ζώνη του λιμένα αλλά σε μία ευρύτερη περιοχή, στην οποία οι λειτουργίες συνδέονται και αλληλεξαρτώνται. Σε αυτό το πλαίσιο θα πρέπει να μελετώνται όλες οι περιοχές που συνδυάζουν τον αστικό ιστό και οφείλουν να προστατέψουν τα ιδιαίτερα φυσικά οικοσυστήματα, δημιουργώντας βάσεις δεδομένων για το σύνολο των παραμέτρων.

Ο θαλάσσιος χωροταξικός σχεδιασμός, καλύπτοντας τις αδυναμίες της Ο.Δ.Π.Ζ., ως πλέον νομοθετική απαίτηση από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καλεί τα εκτελεστικά όργανα στη δημιουργία σχεδίων λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των δραστηριοτήτων, των διεργασιών, των ανθρωπογενών παρεμβάσεων και των παραμέτρων που αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν την παράκτια ζώνη, επεκτείνοντας την εφαρμογή του μέσα στο θαλάσσιο χώρο. Επομένως, από τη μία πλευρά δομείται μία μεθοδολογία ολοκληρωμένης αξιολόγησης της τρωτότητας ενός ενιαίου συστήματος, ως εργαλείο μελέτης και από την άλλη η χώρα οφείλει να τηρήσει τις νομοθετικές δεσμεύσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο ενός συνολικού σχεδιασμού. Η ευρύτερη περιοχή του Πατραϊκού κόλπου αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μελέτης μίας παράκτιας ζώνης, στην οποία ανήκει ένας λιμένας διεθνούς σημασίας. Οι λειτουργίες του λιμένα, ο κυκλοφοριακός φόρτος που δημιουργείται και η επιβάρυνση που προκαλεί στο συνολικό σύστημα δε μπορούν να μη ληφθούν υπόψη στην αξιολόγηση της τρωτότητας μίας ενιαίας περιοχής με βάση το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναλύεται στην παρούσα εργασία. Στο επόμενο βήμα προς μελέτη αφού επιλεγούν οι παράμετροι αξιολόγησης προχωρά η βαθμολόγησή τους.

5. Συμπεράσματα

Η μελέτη της παρούσας μεταπτυχιακής εργασία συμπεραίνει ότι:

- ✓ Λόγω της εγγενούς τρωτότητας ενός συστήματος, η οποία αυξάνεται λόγω της κλιματικής αλλαγής και μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου, η χρήση δεικτών για την αξιολόγησή της αποτελεί βασικό μεθοδολογικό εργαλείο.
- ✓ Ταυτόχρονα η αποτίμηση της τρωτότητας ενός λιμενικού συστήματος δε μπορεί να γίνεται χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο περιβάλλον χώρος και ιδιαίτερα η παράκτια ζώνη.
- ✓ Οι λειτουργίες της παράκτιας ζώνης και των λιμένων δημιουργούν την ανάγκη της ολοκληρωμένης αποτύπωσης της τρωτότητας μίας περιοχής συνδυάζοντας τους δείκτες CVI και PVI σε ένα νέο μεθοδολογικό πλαίσιο.
- ✓ Η κατηγοριοποίηση και ο συνδυασμός παραμέτρων, όπως προτείνονται από την παρούσα εργασία για τον υπολογισμό ενός ολοκληρωμένου δείκτη αποτελούν ένα καλό εργαλείο παρακολούθησης της τρωτότητας, που δίνει τη δυνατότητα εύκολης βαθμολογίας των δεικτών και επανεξέτασης των παραμέτρων στην υφιστάμενη κατάσταση και σε μέλλοντα χρόνο.
- ✓ Το πλαίσιο που προτείνεται ακολουθεί μία λογική συνέχεια εργασιών, αξιοποιεί υφιστάμενα δεδομένα και έχει ευρύ πεδίο εφαρμογής, καθώς δεν εξαρτάται από τη γεωγραφική περιοχή μελέτης.
- ✓ Το σύνολο των παραμέτρων που προτείνονται αποτελούν εκτενή ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας και έχουν εφαρμοστεί σε παράκτιες περιοχές ανά τον κόσμο.
- ✓ Ο αριθμός των αξιοποιούμενων παραμέτρων δεν είναι ίδιος για τις τέσσερις κατηγορίες γεγονός που μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα λάθους στη διαδικασία βαθμολόγησης.

Αναφορικά με την περιοχή που εξετάζεται:

- ✓ Ο Πατραϊκός κόλπος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω του διαφορετικού προφίλ του βόρειου και νότιου τμήματος. Το νότιο τμήμα χαρακτηρίζεται από την έντονη οικονομική δραστηριότητα της πόλης της Πάτρας και του λιμένα και το βόρειο τμήμα από

το μεγάλο οικολογικό ενδιαφέρον των προστατευόμενων περιοχών, των λιμνοθαλασσών και των εκβολών ποταμών που φιλοξενεί.

- ✓ Δε μπορεί να πραγματοποιηθεί μελέτη της παράκτιας περιοχής θεωρώντας ως στατική τη λιμενική εγκατάσταση.
- ✓ Η λειτουργία του διεθνούς σημασίας λιμένα Πατρών επηρεάζει την οικονομική κατάσταση και τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην ευρύτερη περιοχή, ενώ το δίκτυο και η προσβασιμότητα στην περιοχή αναπτύσσονται με κεντρικό άξονα το λιμάνι.
- ✓ Το νέο νότιο τμήμα του λιμένα αποτελεί την πύλη της χώρας στην Ευρώπη και κατασκευάστηκε σε απόσταση τέτοια ώστε, να αποσυμφορήσει τον κεντρικό αστικό ιστό της πόλης αλλά και να είναι άμεσα συνδεδεμένο με το δίκτυο.
- ✓ Σε απόσταση περίπου 20 χιλιομέτρων από τις κυκλοφοριακές ροές των πλοίων του λιμένα συναντώνται περιοχές NATURA, λιμνοθαλάσσια περιβάλλοντα, υφάλμυρες εκτάσεις και έλη μεγάλης οικολογικής αξίας και οικονομικής σημασίας, γεγονός που καθιστά επιτακτική την εκτίμηση της τρωτότητας της περιοχής.
- ✓ Για την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης απαιτείται αρχικά η χωρική αποτύπωση των χαρακτηριστικών της περιοχής, η οποία και πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία με σκοπό τη δημιουργία ενός πίνακα είσοδο, με σκοπό τη συλλογή χωρικών δεδομένων προκειμένου να επιλεγούν και να βαθμολογηθούν οι κατάλληλες παράμετροι.
- ✓ Δεν υπάρχει διαθεσιμότητα ούτε ψηφιακή καταγραφή στο σύνολο των γεωχωρικών δεδομένων που απαιτεί μία ολοκληρωμένη ανάλυση για τα αστικά κέντρα και τα σημεία οικολογικού ενδιαφέροντος του Πατραϊκού κόλπου.
- ✓ Τα δεδομένα σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι επικαιροποιημένα.

5.1 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η εν λόγω ανάλυση λαμβάνει υπόψη τόσο τα ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά μιας παράκτιας ζώνης, τα τεχνικά στοιχεία της λιμενικής υποδομής εντός αυτής αλλά και το σύνολο των βασικών κοινωνικών και οικονομικών παραμέτρων της ευρύτερης περιοχής στην οποία ανήκει. Η τρωτότητα αποδεικνύεται ότι επηρεάζεται άμεσα από την οικονομική κατάσταση και τα κοινωνικά

χαρακτηριστικά της περιοχής, με αποτέλεσμα αυτές οι παράμετροι να μη μπορούν να παραλειφθούν από μία ολοκληρωμένη μελέτη.

- ✓ Η παραπάνω μελέτη εντάσσεται στο πλαίσιο μίας ολοκληρωμένης διαχείρισης με σκοπό την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης, της καλής λειτουργίας και το σεβασμό των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα εντός της παράκτιας ζώνης, μέσω της λήψης κατάλληλων αποφάσεων.
- ✓ Η πρακτική εφαρμογή του νέου μεθοδολογικού πλαισίου προχωρά με την απόδοση τιμών και την τελική βαθμολόγηση των παραμέτρων (quantification).
- ✓ Προτείνεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε διαφορετικές παράκτιες περιοχές και σύγκριση των αποτελεσμάτων από τη χρήση των εκάστοτε παραμέτρων.
- ✓ Η παραπάνω ανάλυση μπορεί να αποτελέσει οδηγό σε μετέπειτα έρευνες και αναπόσπαστο κομμάτι σχεδιασμού μέτρων αντιμετώπισης και προστασίας των λειτουργιών τόσο του λιμένα αλλά και του ιδιαίτερου φυσικού οικοσυστήματος στο οποίο ανήκει.
- ✓ Η επέκταση της συλλογιστικής μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε σύστημα φυσικού και τεχνικού περιβάλλοντος με σκοπό την αξιολόγηση και μείωση της τρωτότητας και την αύξηση της ανθεκτικότητας.

6. Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- Abdelhafez, M. A., Ellingwood, B., & Mahmoud, H. (2021). Vulnerability of seaports to hurricanes and sea level rise in a changing climate: A case study for mobile, AL. *Coastal Engineering*, 167, 103884.
- Alexandrakis, G., Karditsa, A., Poulos, S., Ghionis, G., & Kampanis, N. A. (2010). An assessment of the vulnerability to erosion of the coastal zone due to a potential rise of sea level: The case of the Hellenic
- Becker, A., Inoue, S., Fischer, M., & Schwegler, B. (2012). Climate change impacts on international seaports: knowledge, perceptions, and planning efforts among port administrators. *Climatic change*, 110(1-2), 5-29.
- Becker, A. H., Acciaro, M., Asariotis, R., Cabrera, E., Cretegy, L., Crist, P., ... & Velegrakis, A. F. (2013). A note on climate change adaptation for seaports: a challenge for global ports, a challenge for global society. *Climatic change*, 120(4), 683-695.
- Becker, A. H., Matson, P., Fischer, M., & Mastrandrea, M. D. (2015). Towards seaport resilience for climate change adaptation: Stakeholder perceptions of hurricane impacts in Gulfport (MS) and Providence (RI). *Progress in Planning*, 99, 1-49.
- Becker, A., Ng, A. K., McEvoy, D., & Mullett, J. (2018). Implications of climate change for shipping: Ports and supply chains. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9(2), e508
- Berglund, R., Kotovirta, V., & Seinä, A. (2007). A system for icebreaker navigation and assistance planning using spaceborne SAR information in the Baltic Sea. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 33(5), 378-387.
- Bernhardt, J. R., & Leslie, H. M. (2013). Resilience to climate change in coastal marine ecosystems. *Annual review of marine science*, 5(1), 371-392.
- Bindoff, N. L., Willebrand, J., Artale, V., Cazenave, A., Gregory, J. M., Gulev, S., ... & Woodworth, P. (2007). Observations: oceanic climate change and sea level.
- Boruff, B. J., Emrich, C., & Cutter, S. L. (2005). Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. *Journal of Coastal research*, 21(5), 932-942.
- Brubaker, R. D., & Ragner, C. L. (2010). A review of the International Northern Sea Route Program (INSROP)—10 years on. *Polar Geography*, 33(1-2), 15-38
- Büttner, G., Feranec, J., Jaffrain, G., Mari, L., Maucha, G., & Soukup, T. (2004). The CORINE land cover 2000 project. *EARSeL eProceedings*, 3(3), 331-346.
- Chhetri, P., Corcoran, J., Gekara, V., Maddox, C., & McEvoy, D. (2015). Seaport resilience to climate change: mapping vulnerability to sea-level rise. *Journal of Spatial Science*, 60(1), 65-78.
- Christodoulou, A., Christidis, P., & Demirel, H. (2019). Sea-level rise in ports: a wider focus on impacts. *Maritime Economics & Logistics*, 21(4), 482-496.

-
- Cohen, A. J., Anderson, H. R., Ostro, B., Pandey, K. D., Krzyzanowski, M., Künzli, N., ... & Smith, K. R. (2004). Urban air pollution. *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*, 2, 1353-1433.
 - Cole, B., Smith, G., & Balzter, H. (2018). Acceleration and fragmentation of CORINE land cover changes in the United Kingdom from 2006–2012 detected by Copernicus IMAGE2012 satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 73, 107-122.
 - Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J. L., Fichet, T., Friedlingstein, P., ... & Booth, B. B. (2013). Long-term climate change: projections, commitments and irreversibility. In *Climate Change 2013-The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1029-1136). Cambridge University Press.
 - Comeau, S., Cornwall, C. E., DeCarlo, T. M., Doo, S. S., Carpenter, R. C., & McCulloch, M. T. (2019). Resistance to ocean acidification in coral reef taxa is not gained by acclimatization. *Nature Climate Change*, 9(6), 477-483.
 - De Serio, F., Armenio, E., Mossa, M., & Petrillo, A. F. (2018). How to define priorities in coastal vulnerability assessment. *Geosciences*, 8(11), 415.
 - Doherty, R. M., Heal, M. R., & O'Connor, F. M. (2017). Climate change impacts on human health over Europe through its effect on air quality. *Environmental Health*, 16(1), 33-44.
 - Doukakis, E. (2005). Coastal vulnerability and risk parameters. *European Water*, 11(12), 3-7.
 - Duncan McIntosh, R., & Becker, A. (2017). Seaport climate vulnerability assessment at the multi-port scale: A review of approaches. *Resilience and Risk*, 205-224.
 - Dwarakish, G. S., & Salim, A. M. (2015). Review on the Role of Ports in the Development of a Nation. *Aquatic Procedia*, 4(1), 295-301.
 - Ehler, C. N. (2003). Indicators to measure governance performance in integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 46(3-4), 335-345.
 - EPA, U. (2001). United States Environmental Protection Agency. Quality Assurance Guidance Document-Model Quality Assurance Project Plan for the PM Ambient Air, 2.
 - Esteban, M., Takagi, H., Nicholls, R. J., Fatma, D., Pratama, M. B., Kurobe, S., ... & Avelino, E. (2020). Adapting ports to sea-level rise: empirical lessons based on land subsidence in Indonesia and Japan. *Maritime Policy & Management*, 47(7), 937-952.
 - Founda, D., Varotsos, K. V., Pierros, F., & Giannakopoulos, C. (2019). Observed and projected shifts in hot extremes' season in the Eastern Mediterranean. *Global and Planetary Change*, 175, 190-200.
 - Fourier, J. (1824). Remarques générales sur les 129errestre129es du globe 129errestre et des espaces planétaires. In *Annales de Chimie et de Physique* (Vol. 27, pp. 136-167).
 - Georgoulas, A. K., Akritidis, D., Kalisoras, A., Kapsomenakis, J., Melas, D., Zerefos, C. S., & Zanis, P. (2022). Climate change projections for Greece in the 21st century from high-resolution EURO-CORDEX RCM simulations. *Atmospheric Research*, 271, 106049.

-
- Gornitz, V., & Kanciruk, P. (1989). *Assessment of global coastal hazards from sea level rise* (No. CONF-8907104-1). Oak Ridge National Lab.(ORNL), Oak Ridge, TN (United States).
 - Gornitz, V., White, T. W., & Cushman, R. M. (1991). *Vulnerability of the US to future sea level rise* (No. CONF-910780-1). Oak Ridge National Lab., TN (USA).
 - Gornitz, V. M., White, T. W., & Daniels, R. C. (1992). *A coastal hazards data base for the US east coast* (No. ORNL/CDIAC-45; NDP-043A). Oak Ridge National Lab., TN (United States). Carbon Dioxide Information Analysis Center.
 - Hanson, S., Nicholls, R., Ranger, N., Hallegatte, S., Corfee-Morlot, J., Herweijer, C., & Chateau, J. (2011). A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. *Climatic change*, 104(1), 89-111.
 - Hewitt, C., & Director, E. N. S. E. M. B. L. E. S. (2005). The ENSEMBLES project. *EGU Newslett*, 13, 22-25.
 - Hong, H., Cui, S., & Zhang, L. (2006). A coastal vulnerability index and its application in Xiamen, China. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 9(3), 333-337.
 - Hsieh, C. H., Tai, H. H., & Lee, Y. N. (2014). Port vulnerability assessment from the perspective of critical infrastructure interdependency. *Maritime Policy & Management*, 41(6), 589-606.
 - International Finance Corporation (2011) *Climate Risk and Business: Ports*, International Finance Corporation.
 - Issaris, Y., Katsanevakis, S., Pantazi, M., Vassilopoulou, V., Panayotidis, P., Kavadas, S., ... & Karris, G. (2012). Ecological mapping and data quality assessment for the needs of ecosystem-based marine spatial management: case study Greek Ionian Sea and the adjacent gulfs. *Mediterranean Marine Science*, 13(2), 297-311.
 - Izaguirre, C., Losada, I. J., Camus, P., González-Lamuño, P., & Stenek, V. (2020). Seaport climate change impact assessment using a multi-level methodology. *Maritime Policy & Management*, 47(4), 544-557.
 - Jiang, C., Zheng, S., Ng, A. K., Ge, Y. E., & Fu, X. (2020). The climate change strategies of seaports: Mitigation vs. adaptation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 89, 102603.
 - Kates, R. W. (2000). Cautionary tales: adaptation and the global poor. *Climatic change*, 45(1), 5-17.
 - Kantamaneni, K., Gallagher, A., & Du, X. (2019). Assessing and mapping regional coastal vulnerability for port environments and coastal cities. *Journal of Coastal Conservation*, 23(1), 59-70.
 - Kontogianni, A., Tourkolias, C. H., Damigos, D., & Skourtos, M. (2014). Assessing sea level rise costs and adaptation benefits under uncertainty in Greece. *Environmental Science & Policy*, 37, 61-78.
 - Kontogianni, A., Damigos, D., Kyrtzoglou, T., Tourkolias, C., & Skourtos, M. (2019). Development of a composite climate change vulnerability index for small craft harbours. *Environmental Hazards*, 18(2), 173-190.
 - Levinson, M. (2016). *The Box: How the Shipping Container Made the World Smaller and the World Economy Bigger*-with a new chapter by the author. Princeton University Press.
 - Mahapatra, M., Ramakrishnan, R., & Rajawat, A. S. (2015). Coastal vulnerability assessment of Gujarat coast to sea level rise using GIS techniques: a preliminary study. *Journal of coastal conservation*, 19(2), 241-256.

-
- Martínez, M. L., Intralawan, A., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Sutton, P., & Landgrave, R. (2007). The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological economics*, 63(2-3), 254-272.
 - McIntosh, R. D., & Becker, A. (2019). Expert evaluation of open-data indicators of seaport vulnerability to climate and extreme weather impacts for US North Atlantic ports. *Ocean & Coastal Management*, 180, 104911.
 - McLaughlin, S., McKenna, J., & Cooper, J. A. G. (2002). Socio-economic data in coastal vulnerability indices: constraints and opportunities. *Journal of coastal research*, (36 (10036)), 487-497.
 - McLaughlin, S., & Cooper, J. A. G. (2010). A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers?. *Environmental Hazards*, 9(3), 233-248.
 - McLaughlin, B. J., Murrell, S. D., & DesRoches, S. (2011). Case study: Assessment of the vulnerability of Port Authority of NY & NJ facilities to the impacts of climate change. In *Transportation and Development Institute Congress 2011: Integrated Transportation and Development for a Better Tomorrow* (pp. 966-976).
 - Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2014). *Concrete: microstructure, properties, and materials*. McGraw-Hill Education.
 - Mertz, O., Halsnæs, K., Olesen, J. E., & Rasmussen, K. (2009). Adaptation to climate change in developing countries. *Environmental management*, 43(5), 743-752.
 - Messner, S., Moran, L., Reub, G., & Campbell, J. (2013). Climate change and sea level rise impacts at ports and a consistent methodology to evaluate vulnerability and risk. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 169, 141-153.
 - Miah, J., Hossain, K. T., Hossain, M. A., & Najia, S. I. (2020). Assessing coastal vulnerability of Chittagong District, Bangladesh using geospatial techniques. *Journal of Coastal Conservation*, 24(6), 1-18.
 - Mimikou, M. A., & Baltas, E. A. (2013). Assessment of climate change impacts in Greece: a general overview.
 - Morecroft, M. D., Crick, H. Q., Duffield, S. J., & Macgregor, N. A. (2012). Resilience to climate change: translating principles into practice. *Journal of Applied Ecology*, 49(3), 547-551.
 - Moreno, A., & Becken, S. (2009). A climate change vulnerability assessment methodology for coastal tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 17(4), 473-488.
 - Ng, A. K., Chen, S. L., Cahoon, S., Brooks, B., & Yang, Z. (2013). Climate change and the adaptation strategies of ports: The Australian experiences. *Research in Transportation Business & Management*, 8, 186-194.
 - Nicholls, R. J., Hanson, S., Herweijer, C., Patmore, N., Hallegatte, S., Corfee-Morlot, J., ... & Muir-Wood, R. (2007). Screening Study: Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Interim Analysis: Exposure Estimates.
 - Nursey-Bray, M., Blackwell, B., Brooks, B., Campbell, M. L., Goldsworthy, L., Pateman, H., ... & Hewitt, C. L. (2013). Vulnerabilities and adaptation of ports to climate change. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(7), 1021-1045.

-
- Pendleton, E. A., Thieler, E. R., Williams, S. J., & Beavers, R. S. (2004). Coastal vulnerability assessment of Padre Island National Seashore (PAIS) to sea-level rise. *US Geological Survey Open-File Report, 2004*(1090).
 - Pethick, J. S., & Crooks, S. (2000). Development of a coastal vulnerability index: a geomorphological perspective. *Environmental Conservation, 27*(4), 359-367.
 - PIANC, EnviCom WG Report no 178 – 2020, *Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways*, ISBN 978-2-87223-001-3.
 - Poo, M. C. P., Yang, Z., Dimitriu, D., Qu, Z., Jin, Z., & Feng, X. (2021). Climate Change Risk Indicators (CCRI) for seaports in the United Kingdom. *Ocean & Coastal Management, 205*, 105580.
 - Poo, M. C. P., & Yang, Z. (2022). Optimising the resilience of shipping networks to climate vulnerability. *Maritime Policy & Management, 1*-20.
 - Rangel-Buitrago, N., Neal, W. J., Bonetti, J., Anfuso, G., & de Jonge, V. N. (2020). Vulnerability assessments as a tool for the coastal and marine hazards management: An overview. *Ocean & Coastal Management, 189*, 105134.
 - ROTTERDAM, D. C., & REGION, R. (2013). Rotterdam Climate Proof.
 - Roukounis, C. N., & Tsihrintzis, V. A. (2022). Indices of Coastal Vulnerability to Climate Change: a Review. *Environmental Processes, 9*(2), 1-25.
 - Solheim, A. L., Austnes, K., Eriksen, T. E., Seifert, I., & Holen, S. (2010). Climate change impacts on water quality and biodiversity. *Background report for EEA European environment state and outlook report*.
 - Stewart, M. G., Wang, X., & Nguyen, M. N. (2011). Climate change impact and risks of concrete infrastructure deterioration. *Engineering Structures, 33*(4), 1326-1337.
 - Su, D. T., Hsieh, C. H., & Tai, H. H. (2016). Container hub-port vulnerability: Hong Kong, Kaohsiung and Xiamen. *Journal of Marine Engineering & Technology, 15*(1), 19-30.
 - Szlafsztein, C., & Sterr, H. (2007). A GIS-based vulnerability assessment of coastal natural hazards, state of Pará, Brazil. *Journal of Coastal Conservation, 11*(1), 53-66.
 - Tanim, A. H., Goharian, E., & Moradkhani, H. (2022). Integrated socio-environmental vulnerability assessment of coastal hazards using data-driven and multi-criteria analysis approaches. *Scientific Reports, 12*(1), 1-28.
 - Verny, J., & Grigentin, C. (2009). Container shipping on the northern sea route. *International Journal of Production Economics, 122*(1), 107-117.
 - Wang, T. (2014). Adapting to the risks and uncertainties posed by climate change on ports. Proceedings of the 14th International Conference of Research and Development in Mechanical Industry (RaDMI)(Vol. VIII).
 - Wiegel, M., de Boer, W., van Koningsveld, M., van der Hout, A., & Reniers, A. (2021). Global mapping of seaport operability risk indicators using open-source metocean data. *Journal of Marine Science and Engineering, 9*(7), 695.
 - World Meteorological Association. (2022). State of the Global Climate 2021.

- Wu, S. Y., Yarnal, B., & Fisher, A. (2002). Vulnerability of coastal communities to sea-level rise: a case study of Cape May County, New Jersey, USA. *Climate research*, 22(3), 255-270.
- Yang, Z., Ng, A. K., Lee, P. T. W., Wang, T., Qu, Z., Rodrigues, V. S., ... & Lau, Y. Y. (2018). Risk and cost evaluation of port adaptation measures to climate change impacts. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 444-458.
- Zhang, H., Ng, A. K., & Becker, A. (2017). A critical discussion on the roles of institutions on ports' adaptation to the impacts posed by climate change. In *Climate Change Adaptation in North America* (pp. 105-117). Springer, Cham.

Ελληνική

- Αντζουλάτου, Α. (2015). *Διάβρωση ακτών και χρήσεις γης της παράκτιας ζώνης της Αχαΐας* (Doctoral dissertation).
- Ζέρμα, Ε. Α., & Χόνδρος, Π. Α. (2016). Ανάπλαση παλαιού λιμένα Πατρών.
- Mamara A., Chatziarostolou E. & Karatarakis N., (2022). *Annual Bulletin on the Climate in Greece 2021*. Hellenic National Meteorological Observations Division Department of Climatology.
- Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, (Ιούνιος, 2011). *Οι Περιβαλλοντικές, Οικονομικές Και Κοινωνικές Επιπτώσεις Της Κλιματικής Αλλαγής Στην Ελλάδα*. Τράπεζα της Ελλάδος, ISBN 978-960-7032-49-2.
- Ινστιτούτο Συνδέσμου Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων (ΙΝΣΕΤΕ), (Νοέμβριος 2021). *Η Συμβολή του Τουρισμού στην Ελληνική Οικονομία το 2020*.
- Καταγραφή & Αξιολόγηση των Περιβαλλοντικών Συνθηκών στις οποίες Οφείλεται η Πρόκληση Μαζικών Θανάτων Ψαριών σε Αύλακες που Καταλήγουν στη Λ/Θ Μεσολογίου, Φορέας Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου-Ερευνητικό Πρόγραμμα, Δεκέμβριος 2009.
- Κουμπάρκης, Γ. (2015). Διερεύνηση των Αναπτυξιακών δυνατοτήτων των Λιμένων του Δυτικού Άξονα της Ελλάδος με έμφαση το χωροταξικό και πολεοδομικό σχεδιασμό.
- Μέμος Κωνσταντίνος, (2013). *Εισαγωγή στα Λιμενικά Έργα*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Παπαμητροπούλου, Μ. (2017). Μεσολόγγι, Ιερά Πόλις της ιστορίας και της φύσης.
- Σαρταμπάκου, Α. Ε. (2013). *Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας: Διερεύνηση της Αξιολόγησης των Παραμέτρων του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας* (Bachelor's thesis).
- Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιέργειών, (2020). *Ελληνική Υδατοκαλλιέργεια 2020*, Ετήσια Έκθεση.
- Τζανετάτου, Β. (2010). *Εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιων ζωνών στις παραλιακές περιοχές Πατραϊκού κόλπου και νότιων Ιονίων νήσων* (Doctoral dissertation, University of Thessaly (UTH); Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας).
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων – Γενική Διεύθυνση Αλιείας, (Μάιος, 2021). *Ελληνικός Αλιευτικός Στόλος έκθεση Έτους 2020*, Αθήνα.

-
- Χριστοδούλου, Δ. (2010). *Γεωφυσική, ιζηματολογική μελέτη: τηλεμετρική παρακολούθηση κρατήρων διαφυγής ρευστών σε σεισμικά ενεργές περιοχές* (Doctoral dissertation).

Διαδικτυακοί Ισότοποι

- EMODnet Bathymetry <https://www.emodnet-bathymetry.eu/>
- Ensembles Europe <https://www.ensembles-eu.org/>
- EUROSION Portal <http://www.euroasion.org/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change <https://www.ipcc.ch/>
- National Oceanic and Atmospheric Administration <https://www.noaa.gov/>
- United Nations Climate Change <https://unfccc.int/>
- United Nations Environment Program <https://www.unep.org/>
- World Association for Waterborne Transport Infrastructure <https://www.pianc.org/>
- World Meteorological Organization <https://public.wmo.int/en>
- Paris Agreement https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_el
- Ramsar Convention <https://www.ramsar.org/>
- World Health Organizations <https://www.who.int/>
- Γεωχωρικά στοιχεία δήμου Πατρών <https://gissrvweb.geopatras.gr/dpgis>
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία <http://www.emy.gr/emy/el/>
- Ελληνική Στατιστική Αρχή <https://www.statistics.gr/el/home>
- Δημοτική επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Πάτρας <https://www.deyap.gr/>
- Οργανισμός Λιμένος Πατρών Α.Ε. <https://www.patrasport.gr/>
- Τράπεζα της Ελλάδος <https://www.bankofgreece.gr/>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας <https://ypen.gov.gr/>

Παράρτημα

Πίνακας 10 Παράμετροι Αξιολόγησης Τρωτότητας ενιαίου συστήματος παράκτιας ζώνης και λιμενικής εγκατάστασης.

Υποδείκτες	A/A.A	Κατηγορία	A/A.A.A	Παράμετρος	Συμβολισμός	Μονάδες Μέτρησης	Ορισμός/Σημασία βαθμολογίας παραμέτρου Πολύ Χαμηλή (1)	Ορισμός/Σημασία βαθμολογίας παραμέτρου Πολύ Υψηλή (5)
Φυσικός Υποδείκτης (Physical)	1.1	Κλιματικά στοιχεία (Climate)	1.1.1	Ταχύτητα Ανέμου / Speed Wind	U	m/s	Νηνεμία. Δεν προκαλούνται προβλήματα στη λειτουργία του λιμένας.	Παύση εργασιών. Ο λιμένας δε μπορεί να δεχτεί και να εξυπηρετήσει κανένα είδους πλοίου.
			1.1.2	Εύρος Θερμοκρασίας / Temperature Range	TmR	°C	Μικρό εύρος μεταξύ των θερμοκρασιών στο ίδιο έτος.	Το εύρος των τιμών μεταξύ του θερμότερου καλοκαιριού και του ψυχρότερου χειμώνα.
			1.1.3	Συχνότητα εμφάνισης ακραίων φαινομένων / Frequency of extreme weather events	Fr.Ex.Ev.	%	Καιρικά φαινόμενα βάση εποχής, χωρίς αύξηση στην έντασή τους.	Σενάριο μέγιστης αύξησης καιρικών φαινομένων.
			1.1.4	Πρόβλεπόμενη αλλαγή ποσοστού ημερών πάνω από τη μέση μεγαλύτερη τιμή θερμοκρασίας / Projected change in days above baseline extremely hot temperature	Pr.Ch.Hot	%	Καμία αλλαγή στην αύξηση των θερμών ημερών.	Σενάριο μέγιστης αλλαγής και αύξησης θερμών ημερών.
	1.2	Μορφολογία / Γεωλογία (Morphology / Geology)	1.2.1	Ιζήματα πυθμένα / Buttom's sediment	But.Sed.	-	Εδάφη υψηλής αντοχής & πυκνότητας παρουσιάζουν χαμηλή τρωτότητα έναντι αλλαγών σε καιρικά φαινόμενα και έντονη κυματική φόρτιση.	Εδάφη χαμηλής αντοχής, έντονης διαπερατότητας θα παρουσιάσουν υψηλότερη τρωτότητα έναντι κλιματικών αλλαγών. Μετακινήσεις-καθιζήσεις-προσχώσεις που θα

			1.2.2	Βαθυμετρία περιοχής / Bathymetry - Slope	β	-	Περιοχές με ήπιες κλίσεις παρουσιάζουν χαμηλή τρωτότητα.	δημιουργήσουν τεχνικές δυσλειτουργίες στο λιμένα. Περιοχές με υψηλές κλίσεις παρουσιάζουν υψηλότερη τρωτότητα.
			1.2.3	Διάβρωση Ακτής / Beach Erosion	Erosion	-	Αφορά περιοχές ακτών όπου δεν παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της διάβρωσης, επομένως η τρωτότητα μειώνεται.	Ακτές στις οποίες υπάρχει έντονη διάβρωση, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα εντείνουν την τρωτότητά τους.
			1.2.4	Ιστορική Μετατόπιση της Ακτογραμμής	Shoreline	m/έτος	Περιοχές με μη σημαντική μετατόπιση της ακτογραμμής παρουσιάζουν χαμηλή τρωτότητα.	Περιοχές με έντονη μετατόπιση της ακτογραμμής παρουσιάζουν υψηλότερη τρωτότητα.
			1.3	Υδροδυναμική (Hydrodynamic)	1.3.1	Σημαντικό ύψος κύματος / Important Wave Height	Hs	m
			1.3.2	Τάση μέσης στάθμης της θάλασσας / Sea level trend	MSL	mm/year	Χωρίς μεταβολή στη μέση στάθμη της θάλασσας.	Σενάριο μέγιστης αύξησης της στάθμης της θάλασσας
Τεχνικός Υποδείκτης (Infrastructure)	2.1	Γενικά Χαρακτηριστικά Λιμένος / General Features	2.1.1	Είδος Χρήσης / Professional Usage	Usage	-	Χαμηλή τρωτότητα έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζουν τα είδη των λιμένων που σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας δεν θα υπάρξουν ιδιαίτερες επιπτώσεις στο σύνολο της περιοχής (πχ αλιευτικά καταφύγια)	Σε περιπτώσεις λιμένων διεθνούς σημασίας, εξυπηρέτησης επιβατών και φορτίων η τρωτότητα έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής αυξάνεται.
			2.1.2	Μέγεθος Λιμένος / Harbor Size	Size	m ²	Μεγαλύτερου μεγέθους λιμάνια, διαθέτουν έργα προστασίας και σύγχρονα συστήματα και σχέδια προστασίας έναντι καιρικών και άλλων φαινομένων της κλιματικής αλλαγής	Οι πολύ μικροί λιμένες (μικρά αλιευτικά ή θέσεις πρόσδεσης σε παραθαλάσσια χωριά παρουσιάζουν αυξημένη τρωτότητα έναντι αύξησης των φαινομένων κλιματικής αλλαγής (έλλειψη υποδομών και προστασίας)

		2.1.3	Ηλικία λιμένος / Age of infrastructure	Age	years	Σύγχρονοι λιμένες είναι λιγότερο τρωτοί έναντι φαινομένων κλιματικής αλλαγής. Φέρουν σύγχρονες υποδομές στο σχεδιασμό των οποίων πλέον εφαρμόζονται τα σενάρια αύξησης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας.	Λιμένες μεγαλύτεροι σε ηλικία παρουσιάζουν υψηλότερη τρωτότητα, λόγω της παλαιότητας των υποδομών και την υψηλότερη καταπόνησή τους τόσο σε καιρικά φαινόμενα όσο και σε κυματική φόρτιση. Πιθανό να έχουν ξεπεράσει και τα έτη για τα οποία σχεδιάστηκαν.
		2.1.4	Βάθος λιμενολεκάνης / Depth	D	m	Μεγάλο βάθος λιμενολεκάνης δε δημιουργούνται εύκολα προβλήματα συγκράτησης φερτών άρα μειώνεται η τρωτότητα.	Μικρά βάθη λιμενολεκάνης απαιτούν συνεχείς ελέγχους και βυθοκορήσεις αυξάνοντας την τρωτότητα.
		2.1.5	Χωρητικότητα πλοίων / Vessel Capacity	Ves.Cap.	calls x DWT	Εξυπηρέτηση πλοίων μικρής χωρητικότητας, άρα και λιμένας μικρότερης σημασίας δεν επηρεάζουν την τρωτότητα.	Εξυπηρέτηση πλοίων μεγάλης χωρητικότητας προσδίδουν υψηλή τρωτότητα.
		2.1.6	Καταγραφή σεισμικών φαινομένων εντός 50 ετών / Earthquake effect	Erthq.	Δονήσεις σε Ρίχτερ	Λιμένες που βρίσκονται σε περιοχές με εξασθενημένη σεισμική δραστηριότητα και που δεν έχουν καταγραφεί ποτέ μεγάλες δονήσεις και προβλήματα στις υποδομές τους παρουσιάζουν χαμηλή τρωτότητα.	Λιμένες που βρίσκονται σε περιοχές υψηλής σεισμικής δραστηριότητας με αποτέλεσμα οι υποδομές να υφίστανται καταπόνηση, ρηγματώσεις και κατά περίπτωση μέρη του λιμένα να τίθεται εκτός λειτουργίας.
2.2	Κατάσταση λιμενικών υποδομών / Port infrastructure	2.2.1	Κατάσταση Υποδομών / General port infrastructure state	Inf.St.	-	Σύγχρονες εγκαταστάσεις, τελευταίων ετών χωρίς να έχουν παρουσιάσει κανένα είδος τεχνικού προβλήματος.	Λιμενικές υποδομές παλαιές με ιδιαίτερες ρηγματώσεις, προσχώσεις στη λιμενολεκάνη, διάβρωση οπλισμού κρηπιδότοιχων και εμφανή προβλήματα υποδομών που εμποδίζουν τη λειτουργία.
		2.2.2	Αριθμός κρηπιδωμάτων / Number of quays	Quays	number	Μικρός λιμένας, μικρός αριθμός κρηπιδωμάτων προς χρήση.	Πολλά κρηπιδώματα, υψηλή διακίνηση φορτίου και κατάληψη αυτών.

			2.2.3	Προστασία Κυματοθραύστη / Breakwater protection	Br.Prot.	%	Η πλήρης προστασία ενός λιμένα έναντι κυματικών φορτίσεων έχει ως αποτέλεσμα τη χαμηλή τρωτότητα αυτού έναντι φαινομένων	Η έλλειψη οποιασδήποτε εξωτερικής προστασίας του λιμένα τον καθιστά ευάλωτο και υψηλά τρωτό στην κυματική φόρτιση σε σημείο διακοπής της λειτουργίας του.
			2.2.4	Υλικά κατασκευής / Construction materials	Mater.	-	Σύγχρονα υλικά υψηλής αντοχής μειώνουν την τρωτότητα.	Το ξύλο ή άλλα υλικά παλιών κατασκευών αυξάνουν την τρωτότητα.
2.3	Προσβασιμότητα (Accessibility)	2.3.1	Απόσταση από τον αστικό ιστό / Distance from urban area	Dist.1	km	Όταν ο λιμένας βρίσκεται εντός αστικού ιστού υπάρχει άμεση σύνδεση με το δίκτυο της πόλης, τόσο οδικά, σιδηροδρομικά ενώ οποιαδήποτε υποδομή ανάγκης είναι εύκολα προσβάσιμη.	Ένας λιμένας αποκομμένος από τον αστικό ιστό δημιουργεί προβλήματα στη μετακίνηση φορτίων και επιβατών και τον καθιστά ιδιαίτερα τρωτό με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοσή του.	
		2.3.2	Απόσταση από το κοντινότερο λιμάνι / Distance to nearest alternative seaport	Dist.2	nautical or statute miles	Όταν υπάρχει εναλλακτικός λιμένας (όχι απαραίτητα ίδιων διαστάσεων και υποδομών), αλλά ικανός να εξυπηρετήσει πλοία που αδυνατούν για οποιοδήποτε λόγο να προσεγγίσουν τον πρώτο η τρωτότητα του μειώνεται.	Ένας λιμένας αποκομμένος από το λοιπό δίκτυο λιμένων, ο οποίος δε μπορεί να δώσει εναλλακτική λύση σε πλοίο που τον προσεγγίζει και αδυνατεί να προσδέσει σε αυτόν δημιουργεί υψηλή τρωτότητα και μειώνει την απόδοσή του.	
2.4	Ικανότητα λιμένος (Capability)	2.4.1	Παραγωγικότητα Αποβάθρας / Wharf productivity	Wharf	10 ³ tons/meter	Η μειωμένη παραγωγικότητα σημαίνει μικρή παρουσία μηχανοκίνητων και εξοπλισμού άρα και μειωμένη τρωτότητα.	Η αυξημένη παραγωγικότητα σημαίνει βάρδιες προσωπικού/εξοπλισμών αποβάθρας και ύπαρξη γερανών/περονοφόρων κτλ δημιουργώντας υψηλή τρωτότητα στο λιμένα. Αυξημένη χρήση.	
		2.4.2	Βαθμός κατάληψης αποβάθρας / Berth occupancy rate	Berth	%	Μικρός βαθμός κατάληψης αποβάθρας φέρει μειωμένη τρωτότητα.	Ο υψηλός βαθμός κατάληψης της αποβάθρας σημαίνει υψηλές τιμές εξυπηρέτησης φορτίου/πλοίων/επιβατών με αποτέλεσμα σε περιπτώσεις που μπορούν να εμποδίσουν αυτή τη λειτουργία η τρωτότητα να αυξάνεται.	

Περιβαλλοντικός Υποδείκτης (Environmental)	3.1	Χλωρίδα-Πανίδα (Flora-Fauna)	3.1.1	Αριθμός απειλούμενων ειδών στην ευρύτερη περιοχή του λιμένας / Number of Threatened or endangered species found in port area	Num.Sp.	Species number	Δεν υπάρχουν απειλούμενα είδη ή άλλα είδη πανίδας στην ευρύτερη περιοχή του λιμένα, επομένως οποιαδήποτε αλλαγή στις υποδομές/τη λειτουργία του κτλ δεν επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα της περιοχής	Υπάρχει μεγάλος και σημαντικός αριθμός προστατευόμενων ειδών που επιβιώνουν σε μικρή ακτίνα από το λιμένα με αποτέλεσμα οποιοδήποτε έργο (ή αλλαγή στο βυθό ή οι αφίξεις μεγάλων πλοίων) να επηρεάσει τη βιοποικιλότητα, την αλυσίδα και να απειλήσει την επιβίωσή τους.
			3.1.2	Ύπαρξη λιβαδειών ποσειδωνίας / Posidonia oceanica	Pos.Oc.	-	Δεν υπάρχουν λιβάδια Ποσειδωνίας σε κλίμακα που επηρεάζεται από το λιμένα.	Ύπαρξη λιβαδιών που μπορούν να απειληθούν από τη λειτουργία του λιμένα προκαλεί υψηλή τρωτότητα.
	3.2	Περιοχές Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος / Area of environmental interest	3.2.1	Απόσταση από ιχθυοκαλλιέργειες (Distance from fish farms)	Dist.3	km	Δεν υπάρχουν ιχθυοκαλλιέργειες σε απόσταση που να επηρεάζονται από το λιμένα, από την κίνηση των πλοίων, τα απόβλητα και οποιαδήποτε άλλη λειτουργία.	Υπάρχουν ιχθυοκαλλιέργειες σε απόσταση που μπορούν να επηρεασθούν από τη λειτουργία του λιμένα προκαλεί υψηλή τρωτότητα.
			3.2.2	Περιοχή κρίσιμων ενδιαιτημάτων σε ακτίνα 30 χλμ. από το λιμάνι / Number of critical habitat areas within 50 miles of the port	Crit.hab.	m ²	Δεν υπάρχουν περιοχές κρίσιμων ενδιαιτημάτων σε απόσταση 30 χλμ, άρα δεν αυξάνεται η τρωτότητα	Υπάρχουν περιοχές μέσα στα 30 χλμ ακτίνας, άρα υψηλή τρωτότητα
			3.2.3	Ύπαρξη περιοχών δικτύου NATURA 2000 / Natura Areas	Natura	-	Η μη ύπαρξη περιοχών NATURA δεν αυξάνουν την τρωτότητα του συστήματος	Η ύπαρξη περιοχών NATURA σε κοντινή περιοχή επηρεάζει αυξάνοντας την τρωτότητα του συστήματος, θέτοντας ειδικό πλαίσιο διαχείρισης.
			3.2.4	Σύνδεση & Απορροή υδάτινων σωμάτων / Water Bodies	WB	-	Δεν υπάρχουν υδάτινα σώματα που να συνδέονται με το λιμένα.	Υπάρχουν υδάτινα σώματα, ρέματα ποταμοί ή λίμνες που καταλήγουν/αποστραγγίζουν εντός ή πολύ κοντά από το λιμένα δημιουργώντας προσχώσεις λόγω φερτών/ μεγάλες απορροές κτλ αυξάνουν την τρωτότητα

Κοινωνικό-οικονομικός Υποδείκτης (Socio-Economic)	4.1	Χρήσεις γης / Land Use	4.1.1	Χρήσεις γης / κάλυψης / Land Use	LC	industrial/mixed use	Χρήσεις που δεν επηρεάζονται από τη λειτουργία του λιμένα ή τις επιπτώσεις	Χρήσεις και υποδομές υψηλής σημασίας ή οικοτόπου υψηλού ενδιαφέροντος.
	4.2	Οικονομικά Στοιχεία / Economic state	4.2.1	Μέσο κόστος υλικών ζημιών στην εδνοχώρα του λιμένα από έντονα καιρικά φαινόμενα από το 1950 μέχρι σήμερα > 1 εκ. € / Average cost of property damage from storm events in the port country since 1950 > 1. Mil. €	Cost	€	Το χαμηλότερο κόστος από τις υλικές ζημιές (που σημαίνει και λιγότερα περιστατικά καιρικών φαινομένων) έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη τρωτότητα.	Υψηλό κόστος ζημιών κατά τα τελευταία χρόνια από έντονα καιρικά φαινόμενα προσδίδουν υψηλότερη τρωτότητα στο λιμένα.
			4.2.2	Ποσοστό απασχόλησης επί του λιμένα / Port employments	P.Empl.	%	Εάν το ποσοστό απασχόλησης στο λιμένα, από τους συνολικούς εργαζόμενους της περιοχής, είναι μικρό έως αμελητέο δεν επηρεάζεται η τρωτότητα του λιμένα σε περίπτωση δυσλειτουργιών.	Εάν ένας λιμένας είναι ζωτικής σημασίας στην οικονομική ζωή μιας πόλης και απασχολεί μεγάλο μέρος των κατοίκων της οποιοδήποτε πρόβλημα στη λειτουργία του αυξάνει την τρωτότητα
			4.2.3	Μέσο κατά κεφαλήν εισόδημα / Average per capita income	PCI	€	Υψηλό εισόδημα, υψηλό μορφωτικό επίπεδο, εύπορη περιοχή που λαμβάνει μέτρα προστασίας.	Χαμηλό εισόδημα, περιοχή άμεσα εκτεθειμένη χωρίς υποδομές και στρατηγικά σχέδια.
			4.2.4	Μέσος ετήσιος αριθμός διακίνησης TEUs / Average annual TEUs	TEUs	x10 ³	Χαμηλός αριθμός διακίνησης TEUs(μικρής σημασίας λιμένας) δεν προστίθεται στην τρωτότητα.	Υψηλός αριθμός διακίνησης TEU (λιμένας υψηλής σημασίας) για το διεθνές εμπόριο φέρει υψηλή τρωτότητα σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας (από φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής).
			4.2.5	Μέσος ετήσιος αριθμός επιβατών κρουαζιέρας / Average annual cruise passengers	Cr.Pas.	x10 ³	Χαμηλός αριθμός επιβατών κρουαζιέρας (μικρής σημασίας λιμένας) δεν προστίθεται στην τρωτότητα.	Υψηλός αριθμός επιβατών κρουαζιέρας (λιμένας υψηλής σημασίας) δημιουργεί και υψηλή τρωτότητα σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας (από φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής).

	4.3	Δημογραφικά στοιχεία / Demographic Features	4.3.1	Αριθμός κατοίκων / Number of inhabitants	Inhab.	number	Μεγάλα αστικά κέντρα υψηλού πληθυσμού, μειώνεται η τρωτότητα λόγω ύπαρξης σχεδίων και καλύτερης οργάνωσης και αντιμετώπισης	Λιγότεροι κάτοικοι, άμεσα εκτεθειμένοι αυξάνεται η τρωτότητα της περιοχής.
			4.3.2	Ρυθμός πληθυσμιακής μεταβολής της τελευταίας δεκαετίας / Rate of population change in the port country	Rate.Pop.	%	Χωρίς τάση αύξησης, δεν επηρεάζεται η τρωτότητα.	Η τάση αύξησης του πληθυσμού φέρει υψηλότερες ανάγκες για θέσεις εργασίας, αυξάνει το εμπόριο (θαλάσσιο) και την μετακίνηση. Συνεπώς αυξάνεται συνολικά η χρήση των λιμενικών εγκαταστάσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της τρωτότητας.
	4.4.	SoVI	Δείκτης κοινωνικής Ευπάθειας / Port country social vulnerability (SoVI) score	SoVI	score number			

