

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών
Γεωπληροφορικής

2022

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο- Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης



Επιβλέπων Καθηγητής: Βασίλειος Ψαριανός

Μαρία Πισιμίσση

A.M.: 06103634

2022

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι αλλαγές στο μέσο κλίμα μπορεί να οδηγήσουν σε αλλαγές στη συχνότητα, την ένταση, τη χωρική κάλυψη, τη διάρκεια και το χρονοδιάγραμμα ορισμένων καιρικών και κλιματικών γεγονότων, που ενδέχεται να έχουν ως αποτέλεσμα πρωτοφανείς ακρότητες. Αυτά τα άκρα μπορούν, με τη σειρά τους, να τροποποιήσουν τις κατανομές των μελλοντικών κλιματικών συνθηκών (IPCC SREX, 2012).

Έχει γίνει πλέον κατανοητό ότι το κλίμα αλλάζει και η ευπάθεια των οδικών υποδομών στην κλιματική αλλαγή αυξάνεται. Δεδομένου ότι οι οδικές υποδομές είναι ζωτικής σημασίας για την κοινωνία, η διατήρηση της λειτουργικότητας και ασφάλειας του οδικού δικτύου αποτελεί μεγάλη πρόκληση και πρέπει άμεσα να ληφθούν αποφάσεις. Παρόλες τις σημαντικές αβεβαιότητες που αφορούν τις προβλέψεις του μελλοντικού κλίματος και τις συναφείς κοινωνικοοικονομικές εξελίξεις και σε εκτιμήσεις του συνέπειες αυτών των αλλαγών στις μεταφορικές απαιτήσεις, υπάρχει διαρκής ανάγκη για προσαρμογή των οδικών μεταφορών.

Ορισμένες χώρες είναι προηγμένες στην κατανόηση και στο επίπεδο ετοιμότητάς τους για τις μελλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα οδικά τους δίκτυα, ενώ άλλες χώρες και ολόκληρες περιοχές φαίνεται να έχουν πολύ περιορισμένη καθοδήγηση και πληροφορίες για να τις βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεων. Συνεπώς, υπάρχει μεγάλη ασυνέπεια στις προσεγγίσεις και το επίπεδο των παρεχόμενων πληροφοριών. Για την γεφύρωση του χάσματος μεταξύ κρατών, έχουν αναπτυχθεί οδηγοί και πλαίσια που έχουν συγκεντρώσει και συνθέσει τις βέλτιστες πρακτικές και γνώσεις που είναι διαθέσιμες διεθνώς σε ένα αποτελεσματικό και εύχρηστο εργαλείο που μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε οδική αρχή. Προτείνονται για το σκοπό αυτό κατάλληλες μέθοδοι και διαδικασίες που επιτρέπουν ολιστική, εννοιολογική και συστηματική αξιολόγηση και πρόγνωση της λειτουργικότητας της οδικής υποδομής με στόχο τον εντοπισμό και την ιεράρχηση στοχευμένων μέτρων και προτάσεις για τον σχεδιασμό που θα πρέπει να περιλαμβάνει αφενός την διαχείριση του υφιστάμενου δικτύου και αφετέρου την πρόβλεψη για τις μελλοντικές κατασκευές. Τέλος, η διαχείριση του υφιστάμενου δικτύου θα περιλαμβάνει τις εργασίες συντήρησης των υποδομών και την αποκατάσταση των ζημιών που προκαλούνται μετά από «ανατρεπτικό γεγονός», π.χ. ακραίο καιρικό φαινόμενο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ψαριανό για την άψογη συνεργασία και την υποστήριξή του καθώς και τους συναδέλφους κ. Ζυγούρη και κ. Κίτσο για την βοήθεια τους για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Λέξεις κλειδιά: κλιματική αλλαγή, οδικό δίκτυο, υποδομές, άνεμος, γέφυρα σήμανσης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
Ευρετήριο Πινάκων	5
Ευρετήριο Εικόνων	6
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
2 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	15
2.1 Ιστορική αναδρομή	15
2.2 Ορισμοί βασικών εννοιών.....	16
2.3 Κλιματική αλλαγή – Μετρήσεις και προβλέψεις	18
2.4 Τα σενάρια της κλιματική αλλαγή.....	18
2.5 Μετρήσεις και συμπεράσματα έτους 2020	22
2.6 Μελλοντικές προβλέψεις.....	26
2.6.1 Θερμοκρασία (Unesc, 2020)	28
2.6.2 Υετός.....	29
2.6.3 Χιονοπτώσεις, θαλάσσιος πάγος και μόνιμος παγετός	29
2.6.4 Στάθμη Θάλασσας.....	30
2.6.5 Ακραία καιρικά φαινόμενα	31
2.6.6 Ακραίες θερμοκρασίες - Κύματα καύσωνα.....	31
2.6.7 Ισχυρές καταιγίδες και ξηρασία.....	32
2.6.8 Καταιγίδες και δυνατοί άνεμοι	33
2.7 Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στα έργα οδοποιίας.....	37
2.7.1 Οδόστρωμα	41
2.7.2 Συστήμα απορροής οδών.....	41
2.7.3 Γέφυρες και παρόμοιες υποδομές.....	42
2.7.4 Βλάστηση κατά μήκος των δρόμων	42
2.7.5 Γέφυρες σήμανσης και πινακίδες σήμανσης.....	42
2.8 Ανταπόκριση στην Κλιματική Αλλαγή	43
2.9 Παγκόσμια Ομοσπονδία Οδών (PIARC)	51
2.9.1 Στάδιο 1: Προσδιορισμός εμβέλειας, μεταβλητών, κινδύνων και δεδομένων	52
2.9.2 Στάδιο 2: Εκτίμηση και ιεράρχηση των κινδύνων.....	58
2.9.3 Στάδιο 3: Ανάπτυξη και επιλογή Αποκρίσεων και Στρατηγικών Προσαρμογής	61
2.9.4 Στάδιο 4 - Ενσωμάτωση ευρημάτων στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων.	66
2.10 Διεθνές παρατηρητήριο των Ηνωμένων Εθνών	67
2.11 Η περίπτωση των ΗΠΑ	68

2.11.1	Ενέργειες πριν το γεγονός.....	73
2.11.2	Ενέργειες κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά τα γεγονότα	74
2.12	Ευρώπη.....	74
2.13	Πρόγραμμα ROADapt.....	76
2.14	Ευρωπαϊκή πλατφόρμα κλιματικής αλλαγής (Climate-ADAPT).....	81
2.15	GRaBS Πρόγραμμα	84
2.16	Η περίπτωση της Γερμανίας.....	85
2.16.1	Γενικά.....	85
2.16.2	Κλιματικές επιπτώσεις - Πόσο και πού επηρεάζεται το γερμανικό σύστημα μεταφορών από την κλιματική αλλαγή και τα ακραία φαινόμενα	95
2.16.3	Αξιολόγηση κρισιμότητας	96
2.16.4	Μέτρα προσαρμογής που διερευνήθηκαν	99
2.16.5	Συμπεράσματα και προοπτικές.....	106
2.17	Η περίπτωση του Ηνωμένου Βασιλείου - Πρόγραμμα Κλιματικών Επιπτώσεων (Climate Impacts Programme (UKCIP)).....	109
3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	110
3.1	Εισαγωγή- Ελλάδα και κλιματική αλλαγή	110
3.2	Οι άνεμοι στην Ελλάδα	114
3.2.1	Εισαγωγή -Κλιματικό σύστημα και ατμοσφαιρική κυκλοφορία (άνεμοι)	114
3.2.2	Προβλέψεις για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στους ανέμους στην Ελλάδα 115	
3.3	Πινακίδες σήμανσης.....	119
3.3.1	Πληροφοριακές πινακίδες σήμανσης	119
3.3.2	Τοποθέτηση Πληροφοριακών Πινακίδων.....	122
3.3.3	Βασικές αρχές σχεδιασμού	125
3.4	Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης.....	133
3.4.1	Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης σύμφωνα με τους κανονισμούς AASHTO	133
3.4.2	Οι κανονισμοί DIN	135
3.4.3	Οι Ευρωκώδικες	136
4	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	141
4.1	Γενικά.....	141
4.2	Μορφολογία της Περιοχής μελέτης.....	142
4.3	Κλιματικά δεδομένα της περιοχής μελέτης	143
4.4	Μεθοδολογία εκτίμησης κλιματικών μεταβολών	145

4.4.1	Ταχύτητα ανέμου	146
4.4.2	Ακραία καιρικά φαινόμενα -Ημέρες με ισχυρούς ανέμους και μέγιστες ταχύτητες ανέμου 148	
4.5	Αβεβαιότητες στην εκτίμηση κλιματικών μεταβολών.....	153
4.6	ΠΕΡΙΠΤΩΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ – ΓΕΦΥΡΑ ΣΗΜΑΝΣΗΣ.....	154
4.6.1	Γενικά.....	154
4.6.2	Υπολογισμοί	156
4.6.3	Αποτελέσματα υπολογισμών	159
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	167
5.1	Γενικά.....	167
5.2	Διδάγματα από την εκτίμηση κινδύνων και επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο δίκτυο (Lessons Learned)	168
5.3	Προτάσεις.....	169
6	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	171
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	173

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Μέση θερμοκρασιακή ανωμαλία συγκριτικά με τα προβιομηχανικά επίπεδα και τα SRES (Moss, 2010).....	21
Πίνακας 2: Επιπτώσεις των μεταβλητών της κλιματικής αλλαγής στο οδικό δίκτυο (Πηγή: NDF, 2016).....	39
Πίνακας 3: Κλιματικοί δείκτες που επηρεάζουν τις μεταφορές και την ποιότητα των οδών (Πηγή: (Unesco, 2020)).	46
Πίνακας 4: Δυσκολίες στην εφαρμογή της κλιματικής αλλαγής (Πηγή: (Saqib Gulzara, 2012)).....	49
Πίνακας 5: Πλαίσια για την προσαρμογή των μεταφορών στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: (Kai-Michael Griese, 2021)).	51
Πίνακας 6: Πίνακας έκθεσης στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: (PIARC, 2015)).	54
Πίνακας 7: Πίνακας με την κλίμακα ευαισθησίας (Πηγή: (PIARC, 2015)).....	56
Πίνακας 8: Πίνακας Τρωτότητας (Πηγή: (PIARC, 2015)).	56
Πίνακας 9: Βαθμολογία της πιθανότητας επίδρασης (Πηγή: (PIARC, 2015)).	59
Πίνακας 10: Παραδείγματα κλίμακας σοβαρότητας επιπτώσεων(Πηγή: (PIARC, 2015)).....	59
Πίνακας 11: Πίνακας βαθμολογίας κινδύνου (Πηγή: (PIARC, 2015)).....	60
Πίνακας 12: Κατηγορίες κινδύνου και απόκριση (Πηγή: (PIARC, 2015)).	60
Πίνακας 13: Πρωτοβουλίες και έργα Ευρωπαϊκών χωρών που αφορούν την προσαρμογή του τομέα των μεταφορών στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: (Saqib Gulzara, 2012)).....	75
Πίνακας 14: Βήματα του πλαισίου RIMARROC (Πηγή: (ROADAPT, 2015)).	77
Πίνακας 15: Πίνακας με τα ορόσημα και τις προτεραιότητες της στρατηγικής Climate- Adapt 2022-2024 (Πηγή: (Climate-ADAPT, 2021)).....	83
Πίνακας 16: Ταξινόμηση της μέσης ημερήσιας κίνησης στους ομοσπονδιακούς αυτοκινητοδρόμους σε κατηγορίες συνάφειας με την κυκλοφορία (Πηγή: (BMVI, 2020))	97
Πίνακας 17: Πίνακας με τα γεωγραφικά στοιχεία των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη (Πηγή: : (Theodoros Katoropidis*, 2021)).	117
Πίνακας 18: Κατηγορίες, μορφές και τύποι πληροφοριακών πινακίδων (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))..	120
Πίνακας 19: Πίνακας με τις ποιότητες του χάλυβα σύμφωνα με την DIN EN 10025 (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002)).	127
Πίνακας 20: Πίνακας με τους ευρωκώδικες όπως μεταφέρθηκαν στην ελληνική νομοθεσία (Πηγή: ΕΛΟΤ)..	136
Πίνακας 21: Πίνακες α) ορισμός κατηγορίας τραχύτητας β) Συντελεστές μεταβολής της μέσης τραχύτητας καθ' ύψος, συναρτήσει της κατηγορίας τραχύτητας του εδάφους (Πηγή: (Κ. ΤΡΕΖΟΣ, 2001)).	139
Πίνακας 22: Πίνακας Μετεωρολογικών σταθμών και έτη λειτουργίας (Πηγή: ΕΜΥ).....	143
Πίνακας 23: Πίνακας με τη μέση ταχύτητα του ανέμου σύμφωνα με τα τέσσερα σενάρια κλιματικής αλλαγής ανά νομό.(Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018)).....	146

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Εκπομπές CH ₄ προερχόμενες από τις μεταφορές σύμφωνα με τα τέσσερα σενάρια της κλιματικής αλλαγής (Πηγή: https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=compare).....	21
Εικόνα 2: Θεματικός χάρτης με τις εκτιμώμενες εκπομπές CH ₄ προερχόμενες από τις μεταφορές σύμφωνα με το σενάριο RCP 8.5 για το έτος 2100 (Πηγή: https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=spatial).....	22
Εικόνα 3: Γράφημα μεταβολής του διοξειδίου του άνθρακα (ppm) σε διάστημα 800.000 ετών (Πηγή: https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide).....	23
Εικόνα 4: Γράφημα μεταβολής της παγκόσμιας μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας από 1880 μέχρι το 2100 (Πηγή: https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature)	24
Εικόνα 5: Θεματικός χάρτης με τις θερμοκρασιακές ανωμαλίες των ωκεανών το 2020 (Πηγή: https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/reporting-state-climate-2020)	25
Εικόνα 6: (α) Γράφημα μεταβολής του θαλάσσιου πάγου στην Αρκτική από το 1980 μέχρι το 2020 και (β) Εικόνα της τρύπας του όζοντος στην Ανταρκτική το 2020(Πηγή: https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/reporting-state-climate-2020)	25
Εικόνα 7: Γράφημα μεταβολής της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας από 1995 μέχρι το 2020 (Πηγή: https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/reporting-state-climate-2020)	26
Εικόνα 8:Μελλοντικές εκπομπές άνθρακα (αριστερά) και τις προβλεπόμενες θερμοκρασίες που θα προκύψουν (δεξιά) από την Katharine Hayhoe (Πηγή: Ειδική Έκθεση Κλιματικών Επιστημών 2017 από το Ερευνητικό Πρόγραμμα Παγκόσμιας Αλλαγής των ΗΠΑ)	27
Εικόνα 9: Γράφημα με προσομοίωση της παγκόσμιας μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης από το 1950 μέχρι το 2100 βασιζόμενη στα δεδομένα 1986-2005. Με γκρι χρώμα τα ιστορικά δεδομένα, με κόκκινο χρώμα προβλέψεις σύμφωνα με RCP 8.5. και με μπλε RCP2.6 (Πηγή: IPCC,2013).....	27
Εικόνα 10: Θεματικοί χάρτες με τις τάσεις της μέσης θερμοκρασίας που έχουν παρατηρηθεί 1950-2007 (τοπική αύξηση θερμοκρασίας ανά τους βαθμούς αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας) τις τέσσερις εποχές. (Πηγή: (Unesco, 2013))	28
Εικόνα 11: Γραφήματα με την εξέλιξη των κλιματικών παραμέτρων. Σε κάθε ένα από αυτά τα δεδομένα έχουν κανονικοποιηθεί σε κοινή χρονική περίοδο. (Πηγή: IPCC, 2013)	28
Εικόνα 12: Γραφήματα με προβολές (α) της κάλυψης χιονιού στο Νότιο ημισφαίριο τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο και (β) τις αλλαγές των παγετώνων κοντά στην επιφάνεια για τα τέσσερα σενάρια κλιματικής αλλαγής (Πηγή: IPCC, 2013).....	29
Εικόνα 13: Γραφήματα με προβολές (α) της μέσης στάθμης θάλασσας το 2100 και (β) της μέσης στάθμης θάλασσας από το 2010 μέχρι το 2100 με δεδομένα βάσης 1986-2005. (Πηγή: (Unesco, 2013)).....	31
Εικόνα 14: Θανατηφόρες κλιματικές συνθήκες το 2100 κάτω από διαφορετικά σενάρια εκπομπών. (Πηγή: (Unesco, 2013))	32
Εικόνα 15: Υφιστάμενη κατάσταση (επιπτώσεις) τροπικών και έξτρα τροπικών καταιγίδων κατηγορίας 4 και 5 (Επάνω), μελλοντική κατάσταση (επιπτώσεις) τροπικών και έξτρα τροπικών καταιγίδων κατηγορίας 4 και 5 το 2100 με αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας 2°C (Κάτω). Ο x και ο γ άξονας είναι σε βαθμούς. (Πηγή: (Unesco, 2013))	33
Εικόνα 16: Θεματικός χάρτης με την διάρκεια θερμών ημερών (Warm spell duration index) σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000.Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση με την χρήση πολλαπλών μοντέλων . (Πηγή: (Unesco, 2013))	34
Εικόνα 17: Θεματικός χάρτης με τον αριθμό των πολύ θερμών ημερών σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000.Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση την χρήση πολλαπλών μοντέλων. (Πηγή: (Unesco, 2013))	34

Εικόνα 18: Θεματικός χάρτης με τον αριθμό παγωμένων ημερών σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000.Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση την χρήση πολλαπλών μοντέλων. (Πηγή: (Unece, 2013))	35
Εικόνα 19: Θεματικός χάρτης με τον αριθμό ημερών με ημερήσια βροχόπτωση πάνω από 20mm σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000.Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση την χρήση πολλαπλών μοντέλων. (Πηγή: (Unece, 2013))	35
Εικόνα 20: Θεματικός χάρτης με την μέγιστη ποσότητα βροχόπτωσης 5 συνεχόμενων ημερών εκφρασμένα σε ποσοστά επί τοις εκατό, σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000.Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση την χρήση πολλαπλών μοντέλων. (Πηγή: (Unece, 2013))	36
Εικόνα 21: Θεματικός χάρτης με συνεχόμενες μέρες ξηρασίας, σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000.Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση την χρήση πολλαπλών μοντέλων. (Πηγή: (Unece, 2013))	36
Εικόνα 22: Θεματικός χάρτης με συνεχόμενες μέρες ξηρασίας, σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000.Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση με την χ . (Πηγή: IPCC, 2014)	37
Εικόνα 23: Θεματικός χάρτης με την τρωτότητα των χωρών από τους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής. (Πηγή: Edinger and Vanduycke, 2015, Integrating Climate Change into Road Asset Management)	38
Εικόνα 24: Πίνακας με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα ανθρώπινα συστήματα. (Πηγή: IPCC,2018)	38
Εικόνα 25: Ο κύκλος της κλιματικής προσαρμογής (Πηγή: (PIARC, 2015))	39
Εικόνα 26: Επιπτώσεις στο οδόστρωμα μετά την απόψυξη του μόνιμου παγετού κατά μήκος ενός εγκαταλελειμμένου τμήματος της εθνικής οδού Northwest Territory 4, ανατολικά του Yellowknife (Πηγή: (Unece, 2020))	41
Εικόνα 27: Επιπτώσεις στο οδόστρωμα μετά την απόψυξη του μόνιμου παγετού κατά μήκος ενός εγκαταλελειμμένου τμήματος της εθνικής οδού Northwest Territory 4, ανατολικά του Yellowknife (Πηγή: (Unece, 2020).	44
Εικόνα 28: Επιπτώσεις στο οδόστρωμα μετά την απόψυξη του μόνιμου παγετού κατά μήκος ενός εγκαταλελειμμένου τμήματος της εθνικής οδού Northwest Territory 4, ανατολικά του Yellowknife (Πηγή: (IPCC,2018))	45
Εικόνα 29: Μελέτες που έχουν εκπονηθεί για την προσαρμογή των μεταφορών και του οδικού δικτύου στην κλιματική αλλαγή. (Πηγή: Διάφορες)	47
Εικόνα 30: Τα πλεονεκτήματα της αύξησης της ανθεκτικότητας (Πηγή: (World Bank, 2017))	50
Εικόνα 31: (α) Ο κύκλος της ανθεκτικότητας και (β) Ποσοτικοποίηση της ανθεκτικότητας σύμφωνα με τη λειτουργικότητα απώλεια του συστήματος (Πηγή: (K. Anastassiadou*, 2014))	50
Εικόνα 32: Σχηματικό διάγραμμα του σταδίου 1 της διαδικασίας (Πηγή: (PIARC, 2015))	53
Εικόνα 33: Σχηματικό διάγραμμα της διάρκειας σχεδιασμού των υποδομών (Πηγή: Αξιολόγηση Κινδύνου της Κλιματικής Αλλαγής)	55
Εικόνα 34: Σχηματικό διάγραμμα του σταδίου 3 της διαδικασίας (Πηγή: (PIARC, 2015))	61
Εικόνα 35: Σχηματικό διάγραμμα με τις προτεραιότητες για την προσαρμογή του οδικού δικτύου στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: Αξιολόγηση Κινδύνου της Κλιματικής Αλλαγής)	66
Εικόνα 36: Σχηματικό διάγραμμα του σταδίου 4 της διαδικασίας (Πηγή: (PIARC, 2015))	67
Εικόνα 37: Σχηματικό διάγραμμα με τις προτεραιότητες για την προσαρμογή του οδικού δικτύου στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: (FWHA, 2018))	69
Εικόνα 38: Σχηματικό διάγραμμα με τις προβολές των επιπτώσεων στις υποδομές του οδικού δικτύου με και χωρίς μείωση αερίων του θερμοκηπίου (Πηγή: (FWHA, 2018))	71

Εικόνα 39: Σχηματικό διάγραμμα με την διαδικασία διαχείρισης πόρων (Πηγή: (NAMS, 2011))	72
Εικόνα 40: Σχηματικό διάγραμμα με την διαδικασία διαχείρισης πόρων μετά την ενσωμάτωση διαδικασιών που αφορούν την κλιματική αλλαγή (Πηγή: (PIARC, 2015)).....	73
Εικόνα 41: Χάρτης με τις οδούς που αποτελούν τμήμα του διεθνούς δικτύου E-Roads (Πηγή: (ROADAPT, 2015))	75
Εικόνα 42: Η διαδικασία αναγνώρισης και εκτίμησης κινδύνων κατά RIMARROC (Πηγή: (ROADAPT, 2015))	77
Εικόνα 43: Δομή των οδηγιών του προγράμματος RoadApt (Πηγή: (ROADAPT, 2015))	78
Εικόνα 44: Σχηματική παρουσίαση των βημάτων για την χρήση των δεδομένων στις μελέτες που αφορούν την κλιματική αλλαγή (τα κόκκινα περιγράμματα αναφέρονται στα βήματα, τα πράσινα περιγράμματα αναφέρονται στις παραγράφους των οδηγιών του προγράμματος RoadApt (Πηγή: (ROADAPT, 2015)).....	79
Εικόνα 45: Εκτίμηση κινδύνου χρησιμοποιώντας πίνακα κινδύνου (Πηγή: (ROADAPT, 2015)).....	80
Εικόνα 46: Πίνακας πολιτικής για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: (ROADAPT, 2015))	81
Εικόνα 47: Στρατηγική 2022-2024 (Πηγή: (Climate-ADAPT, 2021))	82
Εικόνα 48: Θεματικός χάρτης με την πρόοδο των χωρών της ΕΕ σε θέματα εθνικής πολιτικής (Πηγή: https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/countries-regions/countries)	82
Εικόνα 49: Θεματικός χάρτης με την πρόοδο των χωρών της ΕΕ σε θέματα επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής και εκτίμηση τρωτότητας (Πηγή: https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/countries-regions/countries)	83
Εικόνα 50: Η πλατφόρμα του έργου GRaBs(Πηγή: https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/grabs).....	84
Εικόνα 51: Θεματικές περιοχές του δικτύου εμπειρογνομόνων BMVI στο πλαίσιο της στρατηγικής έρευνας 2030. (Πηγή: (BMVI, 2020)).....	86
Εικόνα 52: Δομή έργου του θέματος Προσαρμογή των μεταφορών και των υποδομών στην κλιματική αλλαγή και τα ακραία καιρικά φαινόμενα (φάση χρηματοδότησης 2016-2019) με τις εννέα ερευνητικές του προτεραιότητες. Η αρχή που συντονίζει το κάθε ερευνητικό θέμα δίνεται σε παρένθεση.	87
Εικόνα 53: Οργανωτική δομή, βασικά ζητήματα και αντιμετωπισμένες κλιματικές επιρροές του θέματος 1 στην επόμενη φάση επεξεργασίας (2020-2025).	90
Εικόνα 54: Μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αέρα πάνω από τη Γερμανία ως χρονοσειρά (1951-2100, κινητός μέσος όρος 30 ετών, αριστερά) και ως σήματα αλλαγής (δεξιά) για το κοντινό (σκοτεινή σκιά) και το μακρινό μέλλον (ανοιχτή σκιά) σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς. Η χρονοσειρά παρουσιάζεται για δεδομένα παρατήρησης (HYRAS) και τρία σύνολα κλιματικών μοντέλων (για το σενάριο προστασίας του κλίματος RCP2.6, το μέτριο σενάριο RCP4.5 και το σενάριο επιχείρησης όπως πριν από το σενάριο RCP8.5). Η βιολετί διακεκομμένη γραμμή δείχνει τη μέση τιμή από την εκτέλεση του ιστορικού μοντέλου για την περίοδο αναφοράς. Τα σήματα αλλαγής (διάμεσος του συνόλου ως μαύρη κουκκίδα και το εύρος ως παχιά γραμμή) εμφανίζονται για τις εποχές (χειμώνας [(DJF], άνοιξη [MAM], καλοκαίρι [JJA], φθινόπωρο [SON])) και το έτος για το σενάριο για την προστασία του κλίματος (μπλε) και το σενάριο επιχειρηματικότητας όπως πριν (κόκκινο).	92
Εικόνα 55 Προβλεπόμενη κλιματική αλλαγή (μέση γερμανική, σε ημέρες) για επτά κλιματικούς δείκτες με βάση τη θερμοκρασία (βλ. ορισμό στο κείμενο ή στις υποσημειώσεις) για το κοντινό (σκοτεινή σκιά) και το μακρινό μέλλον (ανοιχτή σκιά) σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς με τη χρήση του σενάριο προστασίας του κλίματος (μπλε) και σενάριο business-as-usual (κόκκινο). Εμφανίζονται η διάμεσος του συνόλου (μαύρο σημείο) και το εύρος ζώνης των σημάτων αλλαγής.	92
Εικόνα 56: Αλλαγές στο 50ο εκατοστημόριο για τη μέση συνολική βροχόπτωση το χειμώνα (α) και το καλοκαίρι (β), τον αριθμό των ημερών έντονης βροχόπτωσης (> 20 mm) το χειμώνα (γ) και τον αριθμό των ημερών ξηρής βροχόπτωσης (< 1 mm) το καλοκαίρι (δηλαδή) για το σενάριο «business as-usual» στο απώτερο μέλλον σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς.	93
Εικόνα 57: Χάρτης του 98ου εκατοστημόριου των ριπών ανέμου (σε m/s) στην περίοδο αναφοράς από προσομοιώσεις του COSMO-CLM με μέγεθος πλέγματος 2,8 km.....	93

Εικόνα 58: Χωρική κατανομή (διάμεσος του συνόλου περιφερειακής προβολής κλίματος στην περίοδο αναφοράς, αριστερά) και χρονική ανάπτυξη (κινητός μέσος όρος 30 ετών για το 1951–2100, δεξιά) του 98ου εκατοστημόριου των ημερήσιων ταχυτήτων ανέμου (m/s). Οι χρονοσειρές παρουσιάζονται για τρία σενάρια για το κλίμα (σενάριο προστασίας του κλίματος RCP2.6, μέτριο σενάριο RCP4.5 και σενάριο business-as-usual RCP8.5). Η μέση τιμή για την περίοδο αναφοράς υποδεικνύεται με διακεκομμένη γραμμή.....	94
Εικόνα 59: Σχετικές συχνότητες ακραίων ταχυτήτων ανέμου για τη βορειοδυτική (ΒΔ), τη βορειοανατολική (ΝΟ), τη νοτιοδυτική (ΝΔ) και τη νοτιοανατολική Βόρεια Θάλασσα (SO), τη βόρεια (ΜΒ, Κόλπος της Θάλασσας) και την κεντρική Βαλτική Θάλασσα (ΖΟ) και τη μετάβαση περιοχή (UEG) στο κοντινό (κάθε αριστερά) και στο μακρινό μέλλον (δεξιά). Τα αποτελέσματα βασίζονται σε 8 υλοποιήσεις του σεναρίου business-as-usual με 2 συνδυασμένα μοντέλα ατμόσφαιρας-ωκεανού. Η σχετική συχνότητα των ακραίων ταχυτήτων ανέμου κατά την περίοδο αναφοράς ορίστηκε στο 2% για όλες τις θαλάσσιες περιοχές. Οι προβλεπόμενες αυξήσεις εμφανίζονται με κόκκινο, οι μειώσεις με μπλε.	94
Εικόνα 60: Τα πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης κρισιμότητας χρησιμοποιώντας το παράδειγμα μέσης ημερήσιας κίνησης (DTVw) σε ομοσπονδιακούς αυτοκινητοδρόμους (Πηγή: Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG (2019)).....	98
Εικόνα 61: Σχηματική αναπαράσταση των χρόνων ανάπτυξης και προγραμματισμού λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα (τροποποιήθηκε από Lowe et al. (2009); © Crown Copyright 2009).....	104
Εικόνα 62: Η διαδικασία των 5 βημάτων σύμφωνα με τον οδηγό προσαρμογής «Adaptation wizard» (Πηγή: https://www.ukcip.org.uk/)	109
Εικόνα 63: Σχηματική απεικόνιση δράσεων μετριασμού της ΕΕ (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	110
Εικόνα 64: Ανασκόπηση της πορείας της Ελλάδας σε θέματα που αφορούν την κλιματική αλλαγή (Πηγή: Climate Adapt).....	111
Εικόνα 65: Η βασική δομή ενός ΠεΣΠΚΑ (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	112
Εικόνα 66: Διασύνδεση της ΕΣΠΚΑ με τα ΠεΣΠΚΑ και συμπληρωματικές για την προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή πρωτοβουλίες (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	113
Εικόνα 67: Η τροχιά της κυκλοφορίας του αέρα εξαιτίας της κίνησης της Γης (Φαινόμενο Coriolis) και η δημιουργία των αερίων μαζών	115
Εικόνα 68: Χάρτης με τους μετεωρολογικούς σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη (Πηγή: (Theodoros Katopodis*, 2021))	116
Εικόνα 69: (i) Τάσεις της μέσης ετήσιας ταχύτητας του ανέμου για α) ιστορικά δεδομένα b) σενάριο RCP4.5 c) σενάριο RCP 8.5 (ii) Διαφορά των τάσεων της μέσης ετήσιας ταχύτητας του ανέμου στα 100μ (Πηγή: : (Theodoros Katopodis*, 2021))	118
Εικόνα 70: Τάσεις της μέσης ετήσιας ταχύτητας του ανέμου για α) ιστορικά δεδομένα b) σενάριο RCP4.5 c) σενάριο RCP 8.5 το χειμώνα και d) ιστορικά δεδομένα e) σενάριο RCP4.5 f) σενάριο RCP 8.5 το καλοκαίρι (Πηγή: : (Theodoros Katopodis*, 2021))	119
Εικόνα 71: Διαφορετικές μορφές πινακίδων αναγγελίας κατευθύνσεων σε μεγάλες πλαϊνές πινακίδες (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	121
Εικόνα 72: Διαφορετικές μορφές πινακίδων αναγγελίας κατευθύνσεων σε γέφυρες σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	122
Εικόνα 73: Πάκτωση πλευρικής πινακίδας (Πηγή: ΟΣΜΕΟ,2011)	123
Εικόνα 74: Τοποθέτηση πλευρικών πινακίδων κατά πλάτος της οδού (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	124
Εικόνα 75: Γέφυρα πινακίδας σήμανσης και στηθαία ασφαλείας (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	124
Εικόνα 76: Λεπτομέρεια αγκύρωσης σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	126
Εικόνα 77: Λεπτομέρειες έδρασης γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	126
Εικόνα 78: Λεπτομέρεια διάταξης στερέωσης γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	127

Εικόνα 79: Παράδειγμα διάταξης στερέωσης γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	128
Εικόνα 80: Διάταξη κοχλίων γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	128
Εικόνα 81: Διάταξη κοχλίων γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	129
Εικόνα 82: Διάταξη κοχλίων γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	129
Εικόνα 83: Τομή ζυγώματος ορθοστάτη γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	131
Εικόνα 84: Λεπτομέρειες γέφυρας σήμανσης για απομάκρυνση των ομβρίων και προστασία των καλωδίων (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	131
Εικόνα 85: Τομή γέφυρας σήμανσης με διάδρομο επίσκεψης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	132
Εικόνα 86: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))	132
Εικόνα 87: Χάρτης με ισοανεμικές καμπύλες των Η.Π.Α. (Πηγή: (Texas DoT, 1995))	133
Εικόνα 88: Παράδειγμα α) δικτυώματος γέφυρας σήμανσης και β) σχεδιασμός φορτίων ανέμου σε γέφυρα σήμανσης και πλευρική πινακίδα (Πηγή: (Texas DoT, 1995))	134
Εικόνα 89: Ισοανεμικές καμπύλες α) σύμφωνα με ΕΛΟΤ και β) σύμφωνα με νεότερη μελέτη (Πηγή: (Κ. ΤΡΕΖΟΣ, 2001))	137
Εικόνα 90: Διακύμανση της ταχύτητας του ανέμου συναρτήσει του χρόνου (Πηγή: (Κ. ΤΡΕΖΟΣ, 2001))	138
Εικόνα 91: Βοηθητικό σκαρίφημα για τον υπολογισμό της επίδρασης του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης (Πηγή: (ΕΝ 1991-1-4, 2005))	138
Εικόνα 92: Αναλυτική περιγραφή της τραχύτητας του εδάφους με εικόνες ως βοήθημα (Πηγή: (ΕΝ 1991-1-4, 2005))	140
Εικόνα 93: Χάρτης Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας και θέσης των υπό εξέταση πινακίδων σήμανσης	141
Εικόνα 94: Χάρτης Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας με τους σημαντικότερους οδικούς άξονες (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	142
Εικόνα 95: Γεωφυσικός Χάρτης Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	143
Εικόνα 96: Χάρτης με τη θέση των μετεωρολογικών σταθμών (Πηγή: Google Earth)	144
Εικόνα 97: Εκατοστιαίες μεταβολές της μέσης ταχύτητας ανέμου την περίοδο 2021-2050 (μελλοντικό) και 1961-1990 (ιστορικό), για το Σενάριο RCP4.5 (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	146
Εικόνα 98: Εκατοστιαίες μεταβολές της μέσης ταχύτητας ανέμου την περίοδο 2071-2100 (μελλοντικό) και 1961-1990(ιστορικό), για το Σενάριο RCP4.5 (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	147
Εικόνα 99: Εκατοστιαίες μεταβολές της μέσης ταχύτητας ανέμου την περίοδο 2021-2050 (μελλοντικό) και 1961-1990(ιστορικό), για το Σενάριο RCP8.5 (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	147
Εικόνα 100: Εκατοστιαίες μεταβολές της μέσης ταχύτητας ανέμου την περίοδο 2071-2100 (μελλοντικό) και 1961-1990(ιστορικό), για το Σενάριο RCP8.5(Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	148
Εικόνα 101: Μεταβολές του αριθμού ημερών ανά έτος με μέγιστες ταχύτητες ανέμου στα 10 m. από το έδαφος μεγαλύτερες από 20 m/s μεταξύ της περιόδου 2021-2050 (μελλοντική) και 1961-1990(ιστορική)για το Σενάριο RCP4.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	149
Εικόνα 102: Μεταβολές του αριθμού ημερών ανά έτος με μέγιστες ταχύτητες ανέμου στα 10 m. από το έδαφος μεγαλύτερες από 20 m/s μεταξύ της περιόδου 2071-2100 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική)για το Σενάριο RCP4.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	149
Εικόνα 103: Μεταβολές του αριθμού ημερών ανά έτος με μέγιστες ταχύτητες ανέμου στα 10 m. από το έδαφος μεγαλύτερες από 20 m/s μεταξύ της περιόδου 2021-2050 (μελλοντική) και 1961-1990(ιστορική)για το Σενάριο RCP8.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))	150
Εικόνα 104: Μεταβολές του αριθμού ημερών ανά έτος με μέγιστες ταχύτητες ανέμου στα 10 m. από το έδαφος μεγαλύτερες από 20 m/s μεταξύ της περιόδου 2071-2100 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική) για το	

Σενάριο	RCP8.5. (Πηγ 150
ή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))	
Εικόνα 105: Ποσοστιαίες μεταβολές της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου μεταξύ της περιόδου 2021-2050 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική) για το Σενάριο RCP4.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))	151
Εικόνα 106: Ποσοστιαίες μεταβολές της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου μεταξύ της περιόδου 2071-2100 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική) για το Σενάριο RCP4.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))	151
Εικόνα 107: Ποσοστιαίες μεταβολές της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου μεταξύ της περιόδου 2021-2050 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική) για το Σενάριο RCP8.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))	152
Εικόνα 108: Ποσοστιαίες μεταβολές της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου μεταξύ της περιόδου 2071-2100 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική) για το Σενάριο RCP8.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))	152
Εικόνα 109: Χάρτης με τη θέση της γέφυρας σήμανσης (Πηγή: Google Earth).....	154
Εικόνα 110: Κατασκευαστικό σχέδιο πινακίδας (Πηγή: Μελέτη σήμανσης ασφάλισης τμήματος Άγιος Κωνσταντίνος- Καμ. Βούρλα)	155
Εικόνα 111:: Πινακίδα σήμανσης μαζί με το μεταλλικό δικτύωμα όπως χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς	156
Εικόνα 112:: Προσομοίωμα υπολογισμού πινακίδας σήμανσης (α) διαστάσεις (β) κόμβοι (γ) στοιχεία	157
Εικόνα 113: Η παραμόρφωση του φορέα της πινακίδας σήμανσης από (α) ίδιο βάρος (β) τον άνεμο (γ) την θερμοκρασιακή μεταβολή.	159
Εικόνα 114: L.C. 1 - Ίδιο Βάρος - Καμπτική ροπή.....	160
Εικόνα 115: L.C. 2 - Φορτίο Ανέμου - Καμπτική ροπή	161
Εικόνα 116: Μέγιστες θλιπτικές τάσεις μεταλλικών διατομών - υποστυλώματα	161
Εικόνα 117: Μέγιστες θλιπτικές τάσεις μεταλλικών διατομών -δοκός.....	162
Εικόνα 118: Μέγιστες εφελκυστικές τάσεις μεταλλικών διατομών - υποστυλώματα.....	162
Εικόνα 119: Μέγιστες εφελκυστικές τάσεις μεταλλικών διατομών - δοκός.....	163
Εικόνα 120: L.C. 12 - Φορτίο Ανέμου * 1.07 - Καμπτική ροπή	164
Εικόνα 121: Μέγιστες θλιπτικές τάσεις μεταλλικών διατομών - υποστυλώματα	164
Εικόνα 122: Μέγιστες θλιπτικές τάσεις μεταλλικών διατομών -δοκός.....	165
Εικόνα 123: Μέγιστες εφελκυστικές τάσεις μεταλλικών διατομών - υποστυλώματα.....	165
Εικόνα 124: Μέγιστες εφελκυστικές τάσεις μεταλλικών διατομών - δοκός.....	166

Βραχυγραφίες

ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΟΠ	Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΚΑΑ	Κλιματική Ανθεκτική Ανάπτυξη
ΟΜΟΕ	Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων
ΓΠΣ	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
ΜΠΕ	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
FHWA	Federal Highway Administration
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (Εθνικό Κέντρο Ωκεάνιας και Ατμοσφαιρικής Κυκλοφορίας)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή)
BMVI	Γερμανικό Ομοσπονδιακό Υπουργείο Μεταφορών και Ψηφιακής Υποδομής
BMU	Γερμανικό Ομοσπονδιακό Υπουργείο Περιβάλλοντος
BAST	Γερμανικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Ερευνών Αυτοκινητοδρόμων
RCPs	Representative Concentration Pathways
SRES	Special Report on Emissions Scenarios

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υπάρχουν συντριπτικές ενδείξεις ότι ο πλανήτης θερμαίνεται από τη δεκαετία του 1850 (από τα ανώτερα ατμόσφαιρα προς τα βάθη των ωκεανών) με αλλαγές που παρατηρούνται σε πολλούς κλιματικούς παράγοντες και δείκτες. Τα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν ότι πολλές από αυτές τις αλλαγές θα ενταθούν κατά τη διάρκεια του εικοστού πρώτου αιώνα και θα έχουν επιπτώσεις αυξάνοντας το επίπεδο κινδύνου και επιδεινώνοντας τις υποδομές μεταφορών και τη λειτουργία του μεταφορικού συστήματος (Unesco, 2020).

Οι βασικές προβλέψεις της Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2017) είναι οι εξής:

- Η Γη θα γίνει θερμότερη.
- Ορισμένες περιοχές θα γίνουν πιο υγρές συνολικά και κάποιες θα γίνουν πιο ξηρές.
- Η στάθμη της θάλασσας θα ανέβει και το ύψος του υετού
- Η χιονοκάλυψη και η έκταση του θαλάσσιου πάγου θα μειωθούν και,
- Η συχνότητα και η σοβαρότητα των ακραίων καιρικών φαινομένων (όπως καταιγίδες, κύματα καύσωνα, ξηρασία και περίοδοι παρατεταμένων και έντονων βροχοπτώσεων) θα αυξηθούν.

Έχοντας πλέον αδιάσειστα επιστημονικά στοιχεία ότι η κλιματική αλλαγή είναι γεγονός, υπάρχουν πλέον ανησυχίες κατά πόσο είναι μια αντιστρέψιμη διαδικασία και ποια μέτρα πρέπει να ληφθούν για την προστασία του πλανήτη, από περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική άποψη. Ανάμεσα στα κορυφαία θέματα προς συζήτηση αποτελεί και η σχέση της κλιματικής αλλαγής με τα συστήματα μεταφορών γενικά και το οδικό δίκτυο ειδικότερα που αποτελεί εδώ και χιλιάδες τον πιο δημοφιλές χερσαίο δίκτυο. Εμπειρογνώμονες από όλο τον κόσμο έχουν κληθεί τα απαντήσουν καίρια ερωτήματα (ROADAPT, 2015) :

- Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει πραγματικά τους δρόμους;
- Πώς και πού θα επηρεάσει η κλιματική αλλαγή τους δρόμους;
- Πόσο πιθανό είναι να συμβεί; Και αν συμβεί, ποιες είναι οι συνέπειες;
- Τι πρέπει να γίνει για τον μετριασμό των κινδύνων και πότε;

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι να εκτιμηθεί πώς προβλέπεται να επηρεαστούν οι άνεμοι σε παγκόσμιο και τοπικό επίπεδο με την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις που θα υπάρξουν στις υποδομές του οδικού δικτύου. Για την εκτίμηση της αντοχής του δικτύου σε μελλοντικές καιρικές συνθήκες – αύξηση της μέσης ταχύτητας του ανέμου και των ακραίων καιρικών φαινομένων με ριπές αέρα- πραγματοποιήθηκε μια συγκριτική ανάλυση σε μία υφιστάμενη γέφυρα σήμανσης στο αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ στο τμήμα Άγιος Κωνσταντίνος- Καμένα Βούρλα. Στην ουσία έγινε στατική επίλυση της γέφυρας σήμανσης αρχικά με υφιστάμενα κλιματικά δεδομένα και σε δεύτερη φάση με τις προβλέψεις του ανέμου σύμφωνα με το σενάριο κλιματικής αλλαγής R4.6.

Στο δεύτερο κεφάλαιο που έχει τον τίτλο Επιστημονικό υπόβαθρο, περιγράφεται το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και οι παγκόσμιες μελλοντικές προβλέψεις βάσει των δεικτών που έχουν οριστεί και των σεναρίων της κλιματικής αλλαγής. Περιγράφονται επίσης οι επιπτώσεις που είναι πιθανόν

να υπάρξουν σε ένα οδικό δίκτυο στις κατασκευές και στην λειτουργικότητά του. Τέλος, παρουσιάζονται οι προσπάθειες που έχουν γίνει σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά και σε επίπεδο κρατών για την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις οδούς και προτάσεις για την λήψη μέτρων σε θέματα προσαρμογής.

Στο τρίτο κεφάλαιο με τίτλο μεθοδολογία αναλύεται σε μεγαλύτερο βάθος το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής στον ελλαδικό χώρο με έμφαση τους ανέμους και προβλέψεις μεταβολής αυτών σύμφωνα με τα κλιματικά σενάρια. Επιπλέον, περιγράφονται οι γέφυρες σήμανσης και οι κανονισμοί που διέπουν την τοποθέτηση και την κατασκευή τους στην Ελλάδα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η περιοχή μελέτης, η περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας από μορφολογική και κλιματική άποψη, τα δύο στοιχεία που επηρεάζουν τις προβλέψεις του ανέμου, καθώς και τα χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος και της συγκεκριμένης γέφυρας σήμανσης που πραγματοποιήθηκε η στατική μελέτη. Επιπλέον παρουσιάζεται η στατική μελέτη και τα αποτελέσματα των στατικών υπολογισμών.

Το πέμπτο κεφάλαιο αφορά στα συμπεράσματα της διερεύνησης. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται συνόψιση των βασικών συμπερασμάτων της διερεύνησης που αφορά την λήψη μέτρων για την προσαρμογή του οδικού δικτύου στην κλιματική αλλαγή. Επιπλέον παρατίθενται διδάγματα από χώρες και τέλος γίνονται προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.

Το έκτο κεφάλαιο έχει τίτλο «ΑΝΑΦΟΡΕΣ» και αποτελείται από της πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για την διερεύνηση και συγγραφή της διπλωματικής με αλφαβητική σειρά.

2 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 Ιστορική αναδρομή

ο 1965, επιστήμονες της Συμβουλευτικής Επιτροπής Επιστημών του Προέδρου των ΗΠΑ διατύπωσαν για πρώτη φορά ανησυχίες σχετικά με ένα «φαινόμενο του θερμοκηπίου» (global warming).

Σε μια έκθεση που ονομαζόταν "Αποκατάσταση της ποιότητας του περιβάλλοντος μας", οι επιστήμονες πρότειναν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα προκλήθηκε από τη συσσώρευση διοξειδίου του άνθρακα. Αλλά μόλις το 1975 επινοήθηκε ο όρος «παγκόσμια υπερθέρμανση» από τον γεωεπιστήμονα Wallace Broecker - και χρειάστηκαν χρόνια μέχρι να γίνει κατανοητό το ζήτημα. Στην προσπάθεια να γίνει ευρέως γνωστό το θέμα και για την ευαισθητοποίηση του κοινού στην προστασία του περιβάλλοντος, τότε απασχολούσαν πιο πολύ η ρύπανση και τα τοξικά απόβλητα, στις 22 Απριλίου 1970, διοργανώθηκε διαμαρτυρία στις ΗΠΑ που ονομάστηκε η «Ημέρα της γης». Από το 1990 και μετά η «Ημέρα της γης» έχει γίνει πλέον παγκόσμιο γεγονός, όταν 200 εκατομμύρια άνθρωποι σε 141 χώρες ένωσαν τις δυνάμεις τους για να την φέρουν στην παγκόσμια σκηνή.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, οι ξηρασίες και η ζέστη που άγγιξε τις μέχρι τότε μέγιστες τιμές, οδήγησαν σε κάλυψη από τα μέσα ενημέρωσης σε όλο τον κόσμο, παρουσιάζοντας το φαινόμενο ως απαρχή της «παγκόσμιας υπερθέρμανσης». Το μεγάλο βήμα έγινε το 1988, όταν ο ΟΗΕ εγκαινίασε τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC)¹. Η ομάδα εμπειρογνομόνων ανέλαβε το έργο της αξιολόγησης της αναπτυσσόμενης επιστήμης για την κλιματική αλλαγή και της παροχής πληροφοριών στις κυβερνήσεις. Η δημιουργία της IPCC αποσκοπούσε στην συνεργασία των χωρών σε παγκόσμιο επίπεδο για την αντιμετώπιση της επικείμενης απειλής.

Σημαντικά ορόσημα αποτελούν η Σύνοδος Κορυφής για τη Γη του Ρίο — μια διεθνής διάσκεψη για τη βιώσιμη ανάπτυξη που πραγματοποιήθηκε από τον ΟΗΕ το 1992 — καθόρισε ένα σύνολο αρχών για τη βελτίωση και την προστασία του περιβάλλοντος που υιοθετήθηκαν από 178 χώρες, και το πρωτόκολλο του Κιότο, όπως ονομάστηκε η διεθνής συνθήκη που επικυρώθηκε το 1997 στο Κιότο της Ιαπωνίας. Το τελευταίο αποτελεί ένα ιστορικό σχέδιο για το κλίμα μεταξύ των εθνών για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Πιο συγκεκριμένα, οι βιομηχανικά προηγμένες χώρες όφειλαν να μειώσουν τις εκπομπές κατά 5% κατά μέσο όρο μέχρι την περίοδο 2008-12, αν και υπήρχαν μεγάλες διαφορές στους στόχους για μεμονωμένες χώρες. Η σύνοδος κορυφής της Γης επανεξετάστηκε τον Ιούνιο του 2012 όταν πραγματοποιήθηκε το Rio+20, όπου και πάλι επανεξετάστηκαν μαζί θέματα της οικονομίας, του κλίματος και της διεθνούς ανάπτυξης.

Παρόλα αυτά, μεταξύ 2000 και 2019 παρατηρήθηκαν εννέα από τα θερμότερα χρόνια που έχουν καταγραφεί ποτέ, με την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων να αυξάνεται συνεχώς. Τον Οκτώβριο του 2018 η IPCC ανακοίνωσε ότι ο πλανήτης έχει μόνο 12 χρόνια για να περιορίσει καταστροφή του περιβάλλοντος και την επίδραση στο κλίμα πριν οι συνέπειές της γίνουν μη αναστρέψιμες.

Πλέον πολλά κράτη παράλληλα με την προσπάθεια μείωσης των παραγόντων που ευθύνονται για την κλιματική αλλαγή (mitigation), ετοιμάζονται για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που θα προκύψουν από αυτή (adaptation). Παγκόσμιοι οργανισμοί έχουν αναπτύξει υπάρχοντα πλαίσια,

¹ <https://www.ipcc.ch/>

εργαλεία λήψης αποφάσεων, πηγές πληροφοριών και βιβλιογραφία που είναι διαθέσιμα παγκοσμίως για να βοηθήσουν τα κράτη να κατανοήσουν τις πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και με την σειρά τους να αναπτύξουν στρατηγικά σχέδια την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων.

2.2 Ορισμοί βασικών εννοιών

Κλίμα (Climate): ονομάζονται οι κατά μέσο όρο μακροπρόθεσμες επικρατούσες καιρικές συνθήκες μιας περιοχής. Είναι το σύνολο της γενικότερης μορφής των καιρικών συνθηκών της ατμόσφαιρας μιας περιοχής, οι περιοδικές διακυμάνσεις, και τα ακραία καιρικά φαινόμενα (όπως καταιγίδες ή παρατεταμένες κατακρημνίσεις, βροχή κτλ) που παρατηρούνται κατά μέσο όρο κατά τη διάρκεια μεγάλης χρονικής περιόδου (τουλάχιστον 30 χρόνια) (Tyler, 1997)

Κλίμα (Climate): Μέσες καιρικές συνθήκες χρονικά και χωρικά. (PIARC, 2015)

Καιρός (Weather): Βραχυπρόθεσμες ατμοσφαιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση, συννεφιά, άνεμος).

Προσαρμογή (Adaptation): Η προσαρμογή είναι αναπροσαρμογή (adjustment) εντός φυσικών ή ανθρώπινων συστημάτων ως απόκριση σε πραγματικά ή προβλεπόμενα κλιματικά ερεθίσματα ή τις επιπτώσεις τους, η οποία στοχεύει στον μετριασμό της βλάβης ή στην εκμετάλλευση ευεργετικών ευκαιριών. Συνήθως, όταν συζητείται η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, αναφέρεται σε αλλαγές στα ανθρώπινα συστήματα και περιλαμβάνει «αλλαγή του τρόπου που κάνουμε τα πράγματα» για να προετοιμαστούμε για τις πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Παραδείγματα προσαρμογής μπορεί να περιλαμβάνουν την αποτελεσματικότερη χρήση των σπάνιων υδάτινων πόρων. προσαρμογή των κωδικών σχεδιασμού στις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες και τα ακραία καιρικά φαινόμενα: κατασκευή αντιπλημμυρικών συστημάτων και ανάπτυξη διαδικασιών απόκρισης έκτακτης ανάγκης που θα χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων. Η προσαρμογή στοχεύει στη μετριοπάθεια της βλάβης (όπως πλημμύρες) ή/και στην εκμετάλλευση ευεργετικών ευκαιριών που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής (όπως η επιμήκυνση των καλλιεργητικών περιόδων των καλλιεργειών). Η προσαρμογή διαφέρει από τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής που αναφέρεται σε μέτρα που λαμβάνονται για τη μείωση και την πρόληψη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Απλώς, ο μετριασμός προσπαθεί να αντιμετωπίσει τις αιτίες της κλιματικής αλλαγής, ενώ η προσαρμογή επιδιώκει να προσαρμοστεί στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Ικανότητα προσαρμογής (Adaptive Capacity): Η ικανότητα ή η δυνατότητα ενός συστήματος να ανταποκρίνεται με επιτυχία στη μεταβλητότητα και την αλλαγή του κλίματος και περιλαμβάνει προσαρμογές τόσο στη συμπεριφορά όσο και στους πόρους και τις τεχνολογίες

Κλιματική Αλλαγή (Climate change): Η κλιματική αλλαγή αναφέρεται σε οποιαδήποτε σημαντική αλλαγή στα μέτρα του κλίματος που διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Με άλλα λόγια, η κλιματική αλλαγή περιλαμβάνει σημαντικές αλλαγές στη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις ή τα μοτίβα του ανέμου, μεταξύ άλλων, που συμβαίνουν για αρκετές δεκαετίες ή περισσότερο. (PIARC, 2015)

Κλιματική Αλλαγή (Climate change)²: αναφέρεται η οποιαδήποτε μεταβολή που παρατηρείται στο κλίμα με το πέρασμα του χρόνου, είτε οφείλεται σε φυσικές επιδράσεις, είτε προκαλείται από την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Κλιματική Αλλαγή (Climate change)³: αναφέρεται σε αλλαγές του κλίματος που αποδίδονται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες μεταβάλλουν τη σύνθεση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας και παρατηρούνται, όπως και οι φυσικές διακυμάνσεις, σε συγκρίσιμα χρονικά διαστήματα

Κλιματικές προβολές (Climate Projections): Εκτιμήσεις του μελλοντικού κλίματος που προέρχονται από επιστημονικά κλιματικά μοντέλα.

Κλιματικές Μεταβλητές (Climate Variables): Παράγοντες που καθορίζουν και διέπουν το κλίμα. Οι κύριοι παράγοντες περιλαμβάνουν τη βροχή, την ατμοσφαιρική πίεση, τον άνεμο, την υγρασία και τη θερμοκρασία.

Έκτακτη ανάγκη (Emergency): Κατάσταση που εγκυμονεί άμεσους κινδύνους για το περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και τη ζωή ή την ιδιοκτησία.

Ακραία καιρικά φαινόμενα (Extreme Weather): καιρικά φαινόμενα που βρίσκονται στα άκρα της ιστορικής κατανομής, ιδιαίτερα έντονα ή μη εποχικά καιρικά φαινόμενα.

Καταστροφή (Hazard): Κάτι που έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει συμβάντα κινδύνου και συνεπώς δυσμενείς συνέπειες.

Καταστροφή (Hazard)⁴: Μια πιθανή πηγή αστοχίας.

Ανθεκτικότητα (Resilience): Ικανότητα πρόβλεψης, προετοιμασίας, αντιμετώπισης και ανάκτησης από απειλές με ελάχιστη ζημιά στην κοινωνική ευημερία, την οικονομία και το περιβάλλον.

Κίνδυνος (Risk): Ένα γεγονός που είναι μια πιθανή αλλά όχι βέβαιη έκβαση μιας συγκεκριμένης περίπτωσης και είναι ανεπιθύμητο ή έχει ανεπιθύμητες συνέπειες.

Βιωσιμότητα (Sustainability): Κάτι θεωρείται βιώσιμο όταν προωθεί την κοινωνική δικαιοσύνη, την περιβαλλοντική ευθύνη και την οικονομική βιωσιμότητα.

Τρωτότητα (Vulnerability): Ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα είναι ευαίσθητο ή ανίκανο να αντιμετωπίσει δυσμενείς επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένης της κλιματικής μεταβλητότητας και των ακραίων.

Διαθεσιμότητα (Availability): Η πιθανότητα ότι η απαιτούμενη διαδικασία μπορεί να λειτουργήσει οποιαδήποτε στιγμή κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες

Δυνατότητα συντήρησης (Maintainability): Η πιθανότητα κατά την οποία δράσεις συντήρησης μπορούν να πραγματοποιηθούν κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και για ορισμένο χρονικό διάστημα.

² Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC

³ United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC

⁴ Smith, 2001

2.3 Κλιματική αλλαγή – Μετρήσεις και προβλέψεις

Η Κλιματική Αλλαγή θεωρείται ως ένα πρόβλημα με μοναδικά χαρακτηριστικά. Είναι παγκόσμιας κλίμακας, μακροπρόθεσμου χρονικού ορίζοντα (μπορεί να διαρκέσει μερικούς αιώνες), και περιλαμβάνει σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ κλιματικών, περιβαλλοντικών, οικονομικών, πολιτικών, θεσμικών, κοινωνικών και τεχνολογικών διεργασιών (USGCRP, 2017)

Ενώ υπάρχουν πολλές θεωρίες για το ποιες είναι οι κλιματικές μεταβλητές που αφενός αποδεικνύουν και αφετέρου παρέχουν μετρήσιμες ποσότητες για την κλιματική αλλαγή (και εξίσου πώς να την αποτρέψουμε από την επιδείνωση), οι παρατηρήσεις υποδεικνύουν δύο βασικές κατηγορίες (PIARC, 2015):

- Τις σταδιακές αλλαγές που σχετίζονται με την διαρκή αύξηση ανά έτος των μέσων θερμοκρασιών, των βροχοπτώσεων και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και βιώνονται σε χρονική περίοδο όπως μήνες, χρόνια, δεκαετίες ή/και αιώνες.
- Τα ακραία συμβάντα είναι συνήθως εκείνα που συμβαίνουν ξαφνικά, μερικές φορές με περιορισμένη προειδοποίηση, συνήθως σε μια περίοδο ωρών, ημερών ή εβδομάδων. Αυτά τα συμβάντα περιλαμβάνουν βαριές και/ή παρατεταμένες βροχοπτώσεις που οδηγούν σε πλημμύρες επιφανειακών υδάτων, καταιγίδες και κατολισθήσεις, κύματα καύσωνα, μεμονωμένες πολύ ζεστές ή κρύες μέρες και παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας. Σχετικά με αυτά παρατηρείται αύξηση της συχνότητάς τους, συγκριτικά με προηγούμενες δεκαετίες

Επειδή το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής έχει παγκόσμια κλίμακα και μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα έπρεπε να οριστούν αρχικά συγκεκριμένοι δείκτες για την παρακολούθησή του και την συλλογή και στην συνέχεια η δημιουργία μια κοινής βάσης που να πλαισιώσουν τις μελλοντικές προβλέψεις. Οι δείκτες οι οποίοι δημιουργήθηκαν είναι τα αέρια του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη, η θερμοκρασία στην ανώτερη ατμόσφαιρα, η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας, η περιεκτικότητα των ωκεανών σε θερμότητα, η παγκόσμια στάθμη θάλασσας, η έκταση και πυκνότητα του θαλάσσιου πάγου και τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Για την πρόβλεψη μελλοντικών κλιματικών συνθηκών αναπτύχθηκαν τα σενάρια της κλιματικής αλλαγής.

2.4 Τα σενάρια της κλιματικής αλλαγής

Πολλοί παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την προσπάθεια πρόβλεψης της μελλοντικής υπερθέρμανσης του πλανήτη που συμβάλλουν με την σειρά τους στην κλιματική αλλαγή, με σημαντικότερη την ποσότητα των μελλοντικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αυτή με την σειρά της εξαρτάται από τις εξελίξεις στην τεχνολογία, αλλαγές στην παραγωγή ενέργειας και τη χρήση γης, παγκόσμιες και τοπικές οικονομικές συνθήκες και την αύξηση του πληθυσμού.

Η προσπάθεια πρόβλεψης των κλιματικών συνθηκών αποτελούν αντικείμενο πολλών και διαφορετικών ερευνητικών ομάδων σε όλο τον πλανήτη, γεγονός που δημιούργησε την πρόκληση και την ανάγκη δημιουργίας μιας κοινής βάσης πρότυπων σεναρίων. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται να διασφαλιστεί ότι χρησιμοποιούνται αρχικές συνθήκες, ιστορικά δεδομένα και προβολές με συνέπεια στους διάφορους κλάδους της κλιματικής επιστήμης και οι έρευνες μεταξύ διαφορετικών ομάδων να είναι συμπληρωματική και συγκρίσιμη. Τα σενάρια παρέχουν ένα πλαίσιο μέσω του οποίου η διαδικασία του, τα πειράματα δόμησης μπορούν να εξορθολογηθούν χωρίς μεγάλο κόστος (διαφορετικά θα απαιτούνται ισχυροί υπολογιστές σε μια πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία χωρίς να διασφαλίζεται η επιτυχία του πειράματος).

Τα πρώτα σενάρια είχαν παρουσιαστεί στην 3η Έκθεση Αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Nakicenovic et al., 2000) και τα οποία ονομάζονταν SRES (Special Report on Emissions Scenarios). Τα σενάρια αυτά ενσωμάτωναν εκτιμήσεις σχετικά με την εξέλιξη της παγκόσμιας οικονομίας, την μεταβολή του πληθυσμού της γης, την ζήτηση ενέργειας, τις τεχνολογικές εξελίξεις, τις αλλαγές στις χρήσεις γης και το πως οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν τις εκπομπές αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα κύρια χαρακτηριστικά των 4 βασικών σεναρίων SRES περιλαμβάνουν (ΕΜΕΚΑ, 2011):

Σενάριο A2	Μέτρια αύξηση του μέσου παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος. Ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αργή και τμηματική τεχνολογική ανάπτυξη και μέτριες έως μεγάλες αλλαγές στη χρήση γης. Ραγδαία αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα η οποία θα φτάσει τα 850 ppm το 2100
Σενάριο A1B	Ραγδαία οικονομική ανάπτυξη. Ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας αλλά παράλληλα διάδοση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών. Χρήση τόσο ορυκτών καυσίμων όσο και εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Μικρές αλλαγές στη χρήση γης. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. Έντονη αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα η οποία θα φτάσει τα 720 ppm το 2100
Σενάριο B2	Ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας με μέτριους ρυθμούς. Ηπιότερες τεχνολογικές αλλαγές σε σύγκριση με τα σενάρια εκπομπών A1 και B1. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα με μέτριους αλλά σταθερούς ρυθμούς η οποία θα φτάσει το 2100 τα 620 ppm.
Σενάριο B1	Μεγάλη αύξηση του παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος. Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Μείωση της χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας και στροφή στη χρήση τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το έτος 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. Αύξηση της συγκέντρωσης CO ₂ στην ατμόσφαιρα με ήπιους σχετικά ρυθμούς ιδιαίτερα από το 2050 και μετά η οποία θα φτάσει το 2100 τα 550 ppm.

Στην 5η Έκθεση Αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Fifth Assessment Report ,IPCC, 2014) παρουσιάστηκαν 4 νέα Σενάρια που ονομάζονται RCPs (Representative Concentration Pathways). Τα νέα σενάρια RCPs αντικαθιστούν τα προηγούμενα σενάρια εξέλιξης και περιλαμβάνουν 4 πιθανές «διαδρομές» εξέλιξης των συγκεντρώσεων των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων μέχρι το 2100. Βασίζονται σε εκτιμήσεις σχετικά με τις κοινωνικές και οικονομικές εξελίξεις (μεταβολή παγκόσμιου ΑΕΠ, πληθυσμού κλπ.) και τον βαθμό εφαρμογής κλιματικών πολιτικών, ενώ δεν λαμβάνουν υπόψη φυσικές μεταβολές, όπως η μεταβολές της ηλιακής δραστηριότητας, ή μη αναμενόμενες φυσικές εκπομπές όπως η έκρηξη ενός ηφαιστείου (IPCC, 2014). Τα ονόματα των σεναρίων προέρχονται από την πιθανή μεταβολή στο ενεργειακό ισοζύγιο της γης (radiative forcing)

που προκαλεί η αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Έχουν θεσπιστεί τέσσερα σενάρια⁵, παρακάτω παρατίθενται τα πρωτεύοντα χαρακτηριστικά (IPCC, 2017):

RCP 8.5: αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας το μοντέλο MESSAGE και την ολοκληρωμένη αξιολόγηση Πλαίσιο από το Διεθνές Ινστιτούτο για την Ανάλυση Εφαρμοσμένων Συστημάτων (IIASA), Αυστρία. Αυτό το σενάριο χαρακτηρίζεται από αυξανόμενες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου με την πάροδο του χρόνου, που οδηγεί σε υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου (Riahi et al. 2007).

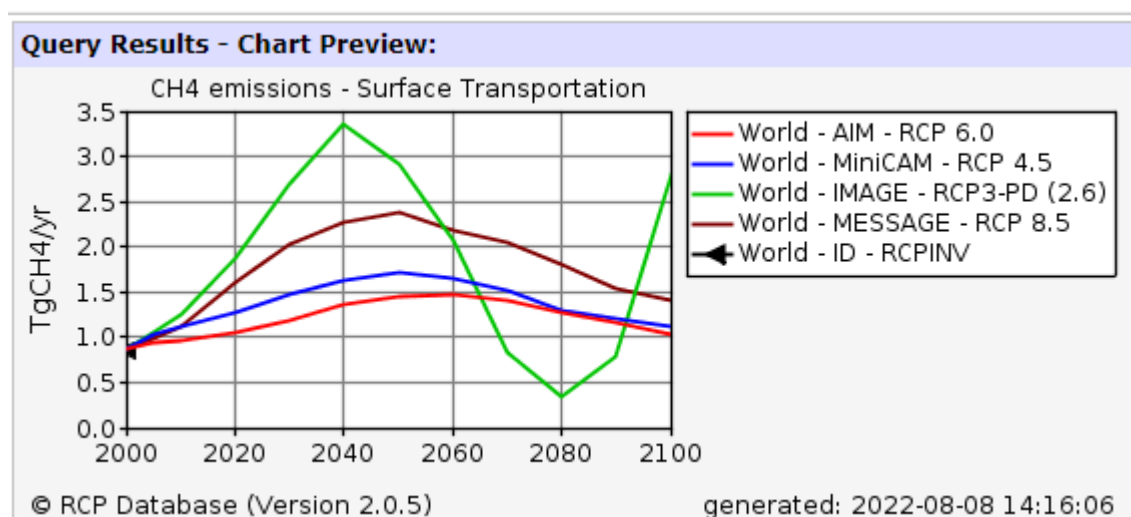
RCP6: αναπτύχθηκε από την ομάδα μοντελοποίησης AIM στο Εθνικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Μελετών (NIES) στην Ιαπωνία. Είναι ένα σενάριο σταθεροποίησης στο οποίο η συνολική ισχύς ακτινοβολίας σταθεροποιείται λίγο μετά 2100 με την εφαρμογή μιας σειράς τεχνολογιών και στρατηγικών για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Fujino et al. 2006; Hijioaka et al. 2008).

RCP 4.5: αναπτύχθηκε από την ομάδα μοντελοποίησης GCAM στο Pacific Northwest National Laboratory's Joint Global Change Research Institute (JGCRI) στις Ηνωμένες Πολιτείες. Είναι μια σταθεροποίηση σενάριο στο οποίο η ολική δύναμη ακτινοβολίας σταθεροποιείται λίγο μετά το 2100, χωρίς υπέρβαση του μακροπρόθεσμο επίπεδο στόχου επιβολής ακτινοβολίας (Clarke et al. 2007; Smith and Wigley 2006; Wise et al. 2009).

RCP2.6: αναπτύχθηκε από την ομάδα μοντελοποίησης IMAGE του PBL Netherlands Environmental Οργανισμός Αξιολόγησης. Η διαδρομή εκπομπής είναι αντιπροσωπευτική των σεναρίων στη βιβλιογραφία που οδηγούν σε πολύ χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης αερίων θερμοκηπίου. Είναι ένα σενάριο «αιχμής και παρακμής». η ακτινοβολία του

Το επίπεδο επιβολής φτάνει πρώτα σε μια τιμή περίπου 3,1 W/m² στα μέσα του αιώνα και επιστρέφει στα 2,6 W/m² με 2100. Προκειμένου να φτάσουμε σε τέτοια επίπεδα επιβολής ακτινοβολίας, οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (και έμμεσα οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων) μειώνονται σημαντικά, με την πάροδο του χρόνου (Van Vuuren et al. 2007a).

⁵ Το 1992 η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) δημοσίευσε το πρώτο σύνολο σεναρίων για την κλιματική αλλαγή, που ονομάζεται IS92. Το έτος 2000 η IPCC κυκλοφόρησε ένα δεύτερο γενιά προβολών, που συλλογικά αναφέρονται ως Ειδική Έκθεση για τις Εκπομπές Σενάρια (SRES). Αυτά χρησιμοποιήθηκαν σε δύο επόμενες εκθέσεις, η Τρίτη Έκθεση Αξιολόγησης (TAR) και την Έκθεση Αξιολόγησης Τέσσερα (AR4) και παρείχαν κοινά σημεία αναφοράς για πολλά έρευνα της επιστήμης του κλίματος την τελευταία δεκαετία. Το 2007, η IPCC ανταποκρίθηκε στις εκκλήσεις για βελτιώσεις στο SRES καταλύοντας τη διαδικασία που παρήγαγε τα Αντιπροσωπευτικά Μονοπάτια Συγκέντρωσης (RCPs).



Εικόνα 1: Εκπομπές CH₄ προερχόμενες από τις μεταφορές σύμφωνα με τα τέσσερα σενάρια της κλιματικής αλλαγής (Πηγή: <https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=compare>)

Κάθε Αντιπροσωπευτική Διαδρομή Συγκέντρωσης (RCP) ορίζει μια συγκεκριμένη τροχιά εκπομπών και επακόλουθος δυνάμενος ακτινοβολίας (η δύναμη ακτινοβολίας είναι ένα μέτρο της επιρροής που ασκεί ένας παράγοντας μεταβολή της ισορροπίας εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας στο σύστημα Γης-ατμόσφαιρας, μετρούμενη σε watt ανά τετραγωνικό μέτρο):

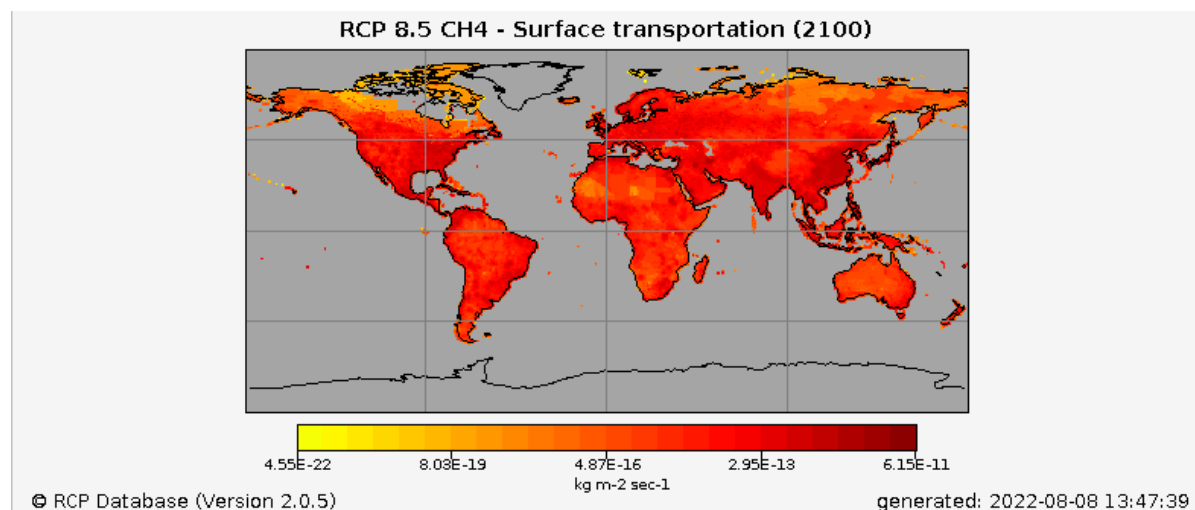
Πίνακας 1: Μέση θερμοκρασιακή ανωμαλία συγκριτικά με τα προβιομηχανικά επίπεδα και τα SRES (Moss, 2010)

Σενάριο	ενεργειακό ισοζύγιο της γης (radiative forcing)	CO ₂ ισοδύναμο	θερμοκρασιακή ανωμαλία (Κελσίου)	μονοπάτι (pathway)	SRES ισοδύναμο θερμοκρασιακής ανωμαλίας
RCP8.5	8,5 Wm ² το 2100	1370	4,9	Αύξηση	SRES A1F1
RCP6	6 Wm ² μετά το 2100	850	3	Σταθεροποίηση χωρίς υπέρβαση	SRES B2
RCP4.5	4,5 Wm ² μετά το 2100	650	2,4	Σταθεροποίηση χωρίς υπέρβαση	SRES B1
RCP2.6 (RCP3PD)	3 Wm ² πριν το 2100, με μείωση στα 2,6Wm ² το 2100	490	1,5	Κορύφωση και μείωση	Κανένα (None)

Ένα σενάριο RCP αποτελείται από μια βάση δεδομένων σε μορφή υπολογιστικού φύλλου. Για κάθε κατηγορία εκπομπών, ένα RCP περιέχει ένα σύνολο αρχικών τιμών και τις εκτιμώμενες εκπομπές έως το 2100, με βάση υποθέσεις για την οικονομική δραστηριότητα, τις πηγές ενέργειας, την αύξηση του πληθυσμού και άλλους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες. (Τα δεδομένα περιέχουν επίσης ιστορικές, πραγματικές πληροφορίες)⁶.

⁶ <https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=about>

Κάθε σενάριο περιέχει τις ίδιες κατηγορίες δεδομένων, αλλά οι τιμές ποικίλλουν, προβάλλοντας διαφορετικές τροχιές εκπομπών με την πάροδο του χρόνου, όπως καθορίζεται από τις εκάστοτε κοινωνικοοικονομικές υποθέσεις, οι οποίες είναι μοναδικές για κάθε σενάριο. Τα δεδομένα περιέχουν και χωρική πληροφορία, ανά μισό βαθμό γεωγραφικού πλάτους και γεωγραφικό μήκος και αποτελούν το αρχικό σημείο για περαιτέρω έρευνα. Παρέχονται σε μορφή χάρτη ή σε γράφημα συγκρίνοντας τα τέσσερα σενάρια.



Εικόνα 2: Θεματικός χάρτης με τις εκτιμώμενες εκπομπές CH₄ προερχόμενες από τις μεταφορές σύμφωνα με το σενάριο RCP 8.5 για το έτος 2100

(Πηγή: <https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=spatial>)

2.5 Μετρήσεις και συμπεράσματα έτους 2020

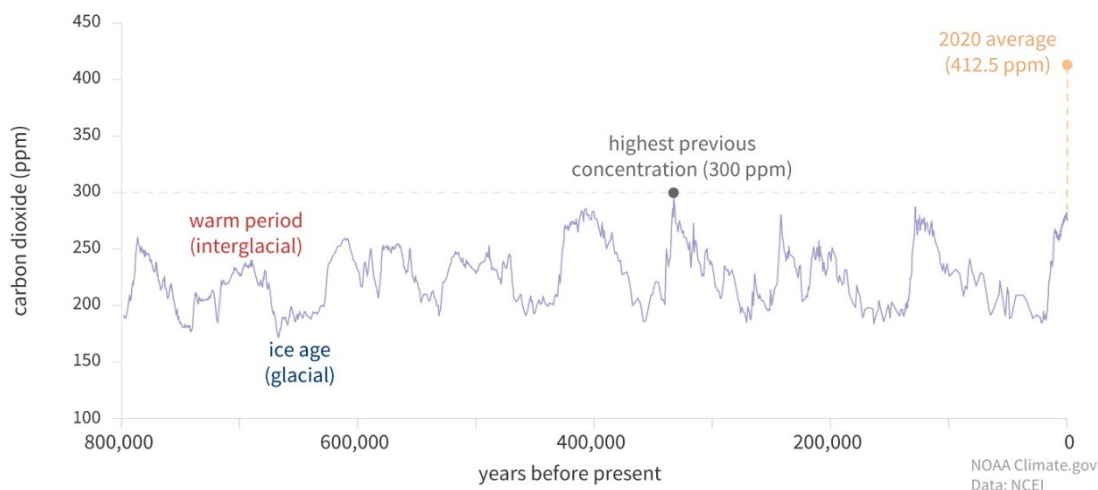
Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, για την εκτίμηση της κλιματικής αλλαγής, οι μετρήσεις των μετεωρολογικών φαινομένων, που αποτελούν δείκτες της κλιματικής αλλαγής, σε παγκόσμιο επίπεδο για το έτος 2020, οδήγησαν στα παρακάτω συμπεράσματα⁷:

- Τα αέρια του θερμοκηπίου ήταν τα υψηλότερα που έχουν καταγραφεί.
- Η θερμοκρασία της επιφάνειας του πλανήτη ήταν ανάμεσα στις υψηλότερες που έχουν καταγραφεί.
- Οι ανώτερες ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες ήταν οι υψηλότερες που έχουν καταγραφεί.
- Οι θερμοκρασίες της επιφάνειας της θάλασσας ήταν ανάμεσα στις υψηλότερες που έχουν καταγραφεί.
- Η παγκόσμια περιεκτικότητα σε θερμότητα των άνω ωκεανών ήταν η υψηλότερη που έχει καταγραφεί.
- Η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας ήταν η υψηλότερη που έχει καταγραφεί.
- Οι ωκεανοί απορρόφησαν την μέγιστη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που έχει καταγραφεί.
- Η Αρκτική συνέχισε να θερμαίνεται. Η ελάχιστη έκταση του θαλάσσιου πάγου ήταν από τις πιο χαμηλές και αυξήθηκε η τρύπα του όζοντος.
- Οι τροπικοί κυκλώνες και άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα ήταν συνολικά πολύ πάνω από το μέσο όρο.

⁷ <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/reporting-state-climate-2020>

Συνεπώς, όλοι οι κλιματικοί παράγοντες που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή δεν έχουν παρουσιάσει καμία βελτίωση το αντίθετο μάλιστα. Επιπλέον, παρόλες τις προσπάθειες για την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου η αύξηση τους είναι σταθερή.

CARBON DIOXIDE OVER 800,000 YEARS



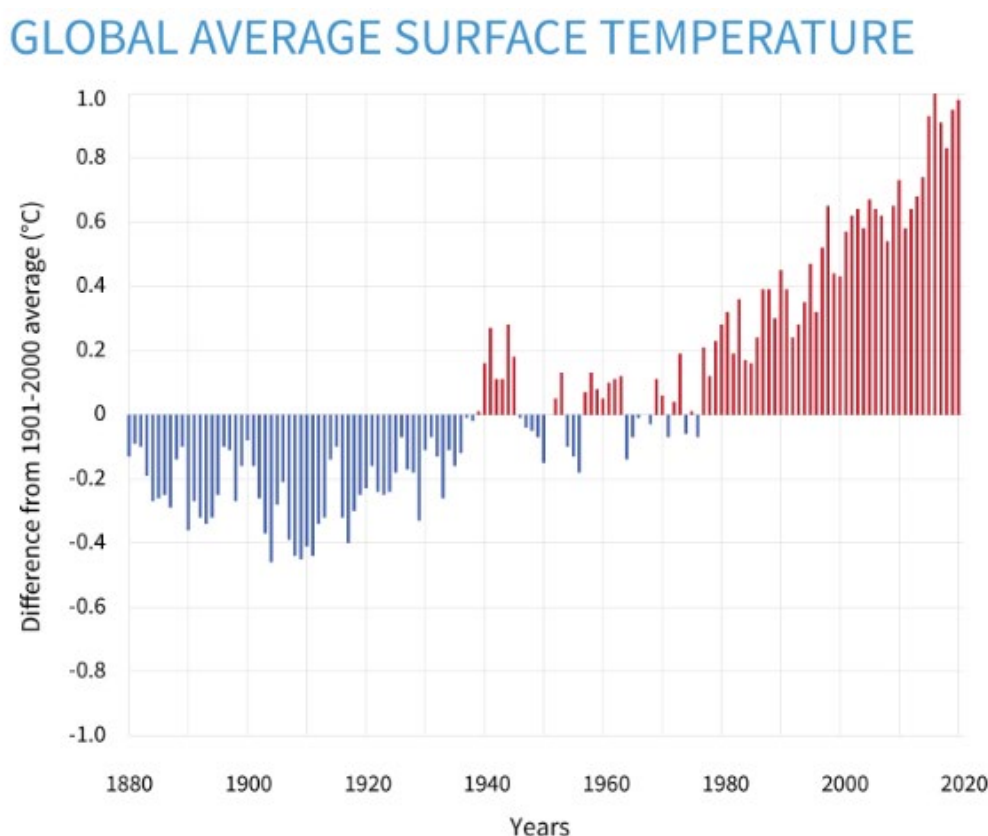
Εικόνα 3: Γράφημα μεταβολής του διοξειδίου του άνθρακα (ppm) σε διάστημα 800.000 ετών (Πηγή: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>)

Πιο αναλυτικά, αν και η θέρμανση δεν ήταν ομοιόμορφη σε ολόκληρο τον πλανήτη, η ανοδική τάση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας δείχνει ότι περισσότερες περιοχές θερμαίνονται παρά ψύχονται. Οι ετήσιες παγκόσμιες θερμοκρασίες επιφάνειας ήταν 0,97°-1,12°F (0,54°-0,62°C) πάνω από τον μέσο όρο 1981-2010, ανάλογα με το σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε). Αυτό τοποθετεί το 2020 μεταξύ των τριών θερμότερων ετών από τότε που ξεκίνησαν τα ρεκόρ στα μέσα έως τα τέλη του 1800. Αυτή ήταν η θερμότερη χρονιά που έχει καταγραφεί χωρίς την παρουσία του φαινομένου «Ελ Νίνιο»⁸. Σύμφωνα με την Ετήσια Έκθεση για το Κλίμα 2020 της NOAA⁹, η συνδυασμένη θερμοκρασία ξηράς και ωκεανών έχει αυξηθεί με μέσο ρυθμό 0,14 °F (0,08 °C) ανά δεκαετία από το 1980, που αποτελεί την χρονολογία έναρξης καταγραφής των κλιματικών παραμέτρων. Ωστόσο, ο μέσος ρυθμός αύξησης τα επτά χρόνια από το 2014 και έχει σημειωθεί υπερδιπλάσιος ρυθμός αύξησης (0,18°C / 0,32°F).

Στην περιοχή της ατμόσφαιρας ακριβώς πάνω από την επιφάνεια της Γης, η παγκόσμια μέση ετήσια χαμηλότερη θερμοκρασία της τροπόσφαιρας ισοδυναμεί με την υψηλότερη καταγραφή του 2016. Η θερμοκρασία, όπως αναμένεται αυξάνεται και στα υπερκείμενα στρώματα της ατμόσφαιρας. Η παγκόσμια μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας το 2020 ήταν η τρίτη υψηλότερη που έχει καταγραφεί, που ξεπέρασε μόνο το 2016 και το 2019, και τα δύο σχετίζονταν με τις συνθήκες του «Ελ Νίνιο».

⁸ Το Ελ Νίνιο (γνωστό και ως Ελ Νίνο, ισπ: El Niño) είναι το ωκεάνιο φαινόμενο κατά το οποίο τα κεντρικά και ανατολικά νερά του Ειρηνικού Ωκεανού κοντά στον Ισημερινό (ακτές του Περού) είναι θερμότερα σε σχέση με άλλες περιοχές. Η θερμοκρασία του νερού είναι μεγαλύτερη κατά 3° C περίπου.

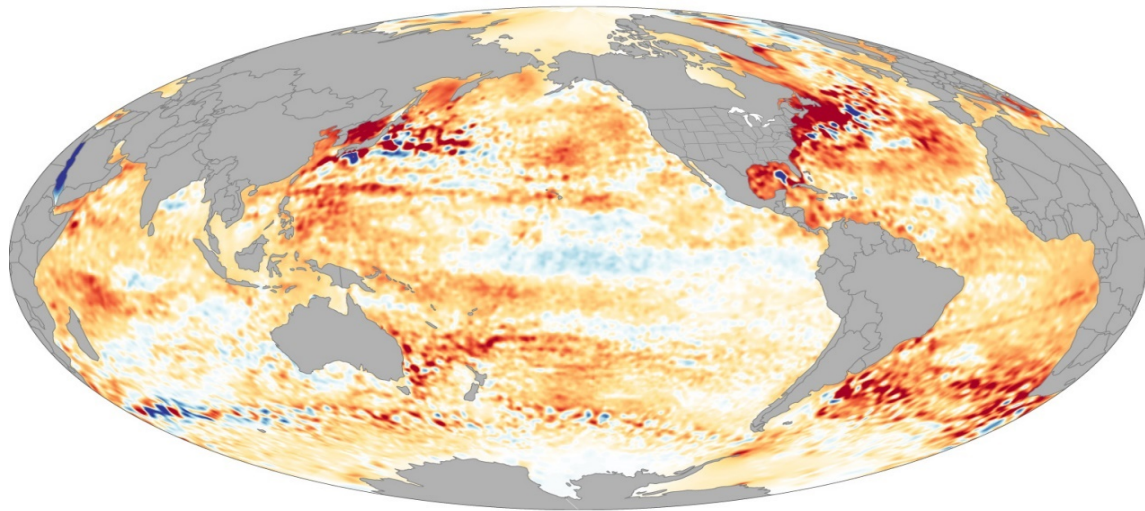
⁹ Εθνικό Κέντρο Ωκεάνιας και Ατμοσφαιρικής Κυκλοφορίας (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) <https://www.noaa.gov/>



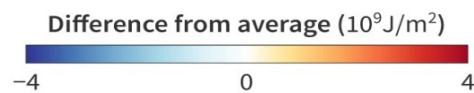
Εικόνα 4: Γράφημα μεταβολής της παγκόσμιας μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας από 1880 μέχρι το 2100 (Πηγή: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>)

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η περιεκτικότητα σε θερμότητα των άνω ωκεανών έφτασε σε υψηλά επίπεδα το 2020 στο ανώτερο στρώμα, μετρούμενη από την επιφάνεια στα 2.300 πόδια (700 μέτρα), σύμφωνα με τέσσερα από τα πέντε σύνολα δεδομένων που αναλύθηκαν στην έκθεση. Αυτές οι μέγιστες τιμές θερμότητας αντανακλούν τη συνεχιζόμενη συσσώρευση θερμικής ενέργειας στα κορυφαία 2.300 πόδια του ωκεανού. Η περιεκτικότητα σε θερμότητα των ωκεανών ήταν επίσης υψηλή στο βαθύτερο στρώμα από κάτω, από 700 έως 2.000 μέτρα βάθος, σύμφωνα και με τα πέντε σύνολα δεδομένων. Οι ωκεανοί απορροφούν περισσότερο από το 90% της περίσσειας θερμότητας της Γης από την υπερθέρμανση του πλανήτη. Τα θερμότερα νερά του άνω ωκεανού μπορούν να οδηγήσουν ισχυρότερους τυφώνες και να αυξήσουν τους ρυθμούς τήξης των παγετώνων γύρω από τη Γροιλανδία και την Ανταρκτική.

2020 OCEAN HEAT CONTENT ANOMALIES



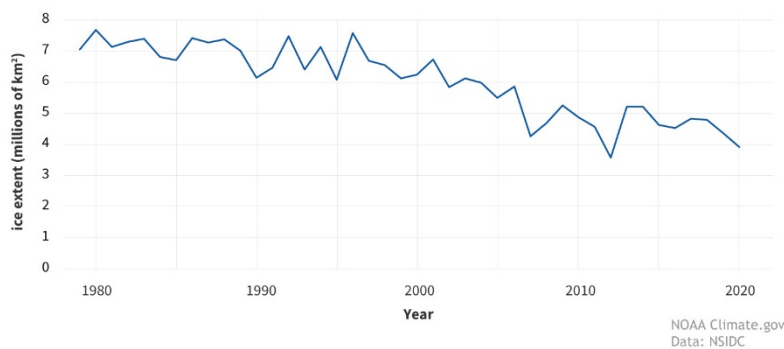
compared to
1993–2020



NOAA Climate.gov
Data: PMEL

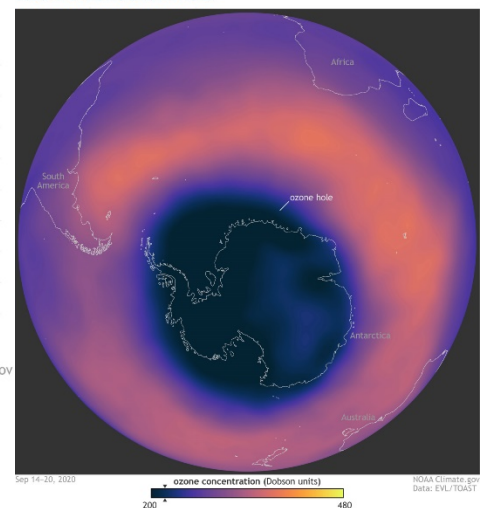
Εικόνα 5: Θεματικός χάρτης με τις θερμοκρασιακές ανωμαλίες των ωκεανών το 2020 (Πηγή: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/reporting-state-climate-2020>)

ARCTIC SEA ICE MINIMUM 2ND-LOWEST ON RECORD



(α)

2020 ANTARCTIC OZONE HOLE

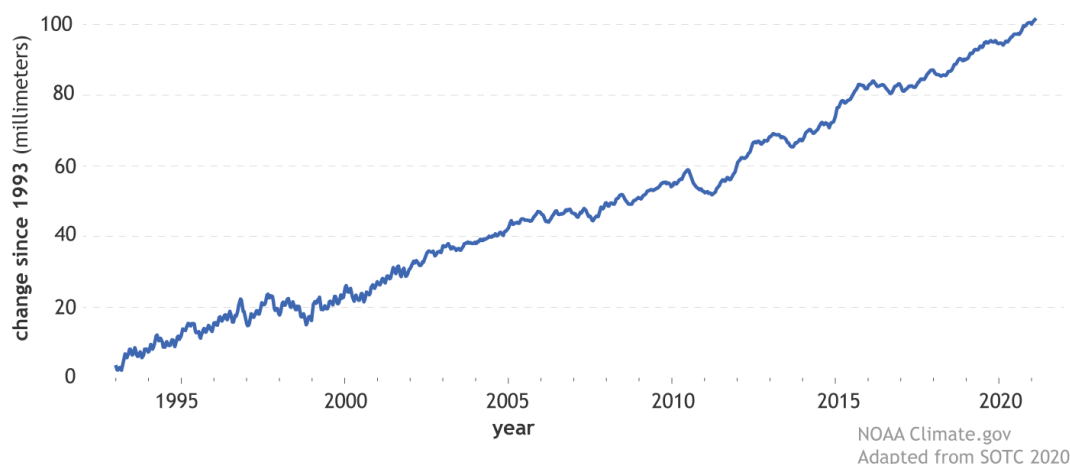


(β)

Εικόνα 6: (α) Γράφημα μεταβολής του θαλάσσιου πάγου στην Αρκτική από το 1980 μέχρι το 2020 και (β) Εικόνα της τρύπας του όζοντος στην Ανταρκτική το 2020(Πηγή: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/reporting-state-climate-2020>)

Για ένατη συνεχή χρονιά, η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας ανέβηκε σε νέο υψηλότερο επίπεδο και ήταν περίπου 3,6 ίντσες (91,3 χιλιοστά) υψηλότερη από τον μέσο όρο του 1993, τη χρονιά που σηματοδοτεί την έναρξη καταγραφής του δορυφορικού υψομέτρου. Η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας αυξάνεται σε μέσο ποσοστό 1,2 ίντσες (3,0 εκατοστά) ανά δεκαετία λόγω αλλαγών στο κλίμα. Το λιώσιμο των παγετώνων και των στρωμάτων πάγου, μαζί με την υπερθέρμανση των ωκεανών, ευθύνονται για την τάση ανόδου της μέσης στάθμης της θάλασσας παγκοσμίως.

2020 GLOBAL SEA LEVEL HITS A NEW RECORD HIGH



Εικόνα 7: Γράφημα μεταβολής της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας από 1995 μέχρι το 2020

(Πηγή: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/reporting-state-climate-2020>)

2.6 Μελλοντικές προβλέψεις

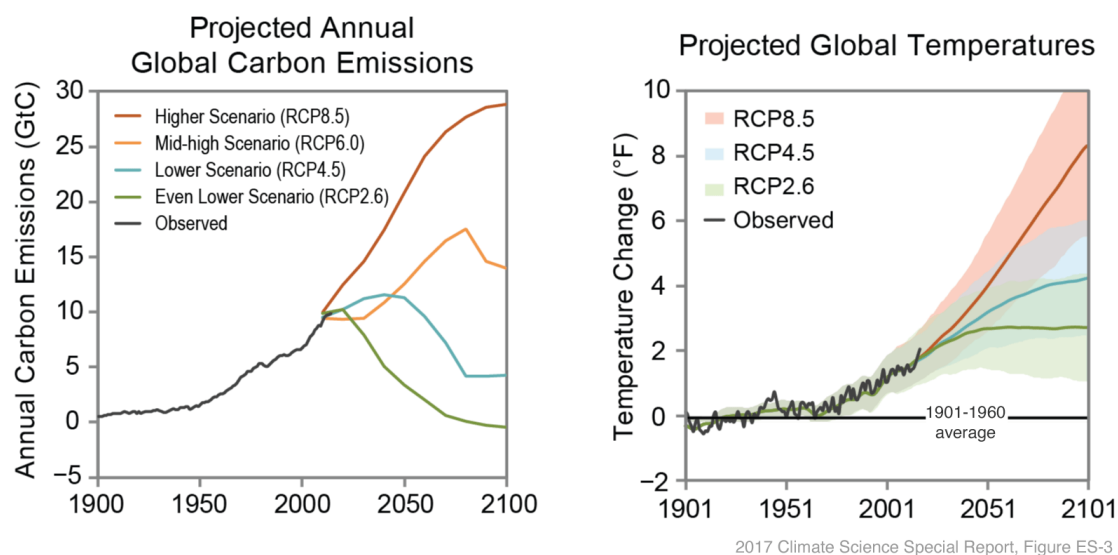
Με βάση την παγκόσμια ανάλυση του NOAA, τα 10 θερμότερα χρόνια που έχουν καταγραφεί έχουν συμβεί όλα από το 2005 και τα 7 από τα 10 έχουν συμβεί μόλις από το 2014. Κοιτάζοντας πίσω στο 1988, προκύπτει ένα μοτίβο: εκτός από το 2011, καθώς κάθε νέο έτος προστίθεται στο ιστορικό ρεκόρ, γίνεται ένα από τα κορυφαία 10 πιο ζεστά που έχουν καταγραφεί εκείνη την εποχή, αλλά τελικά αντικαθίσταται καθώς το παράθυρο της «δεκάδας» μετακινείται προς τα εμπρός με την πάροδο του χρόνου.¹⁰

Η ποσότητα της μελλοντικής θέρμανσης που θα αντιμετωπίσει η Γη εξαρτάται από το πόσο διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια θερμοκηπίου εκπέμπουμε τις επόμενες δεκαετίες. Σήμερα, οι δραστηριότητές μας - καύση ορυκτών καυσίμων και εκκαθάριση δασών - προσθέτουν περίπου 11 δισεκατομμύρια μετρικούς τόνους άνθρακα στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο. Σύμφωνα με την Ειδική Έκθεση Επιστήμης του Κλίματος (Climate Science Special report) των ΗΠΑ του 2017, εάν οι ετήσιες εκπομπές συνεχίσουν να αυξάνονται γρήγορα, όπως συμβαίνει από το 2000 μέχρι και σήμερα, τα μοντέλα προβλέπουν ότι μέχρι το τέλος αυτού του αιώνα, η παγκόσμια θερμοκρασία θα είναι από 5 -10,2 °F υψηλότερη από τον μέσο όρο 1901-1960 (USGCRP, 2017). Εάν οι ετήσιες εκπομπές αυξηθούν πιο αργά και αρχίσουν να μειώνονται σημαντικά έως το 2050, οι θερμοκρασίες των

¹⁰ <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>

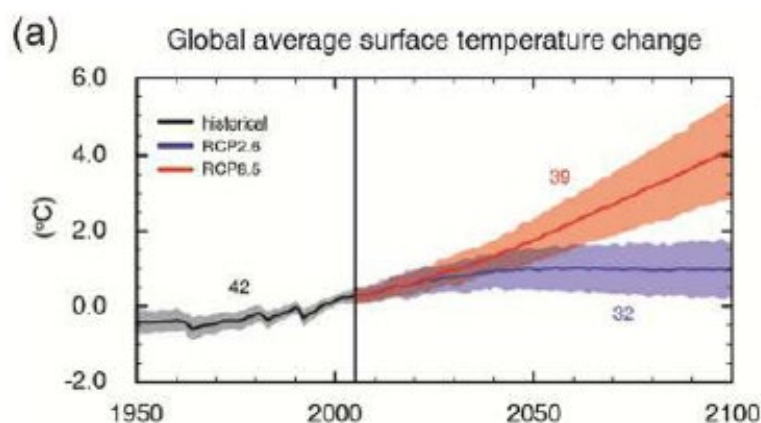
μοντέλων θα εξακολουθούν να είναι τουλάχιστον 2,4 βαθμούς υψηλότερες από το πρώτο μισό του 20ού αιώνα και πιθανώς έως και 5,9 βαθμούς υψηλότερες.

Υπερθέρμανση του πλανήτη κατά 2°C πάνω από το προβιομηχανικό επίπεδο έχει προταθεί ευρέως ως το όριο πέραν του οποίου οι κίνδυνοι της κλιματικής αλλαγής γίνονται απαράδεκτοι υψηλό (IPCC, 2018). Χωρίς αποτελεσματικά μέτρα μετριασμού, είναι πιθανό να φτάσουμε αυτή την τιμή το 2050 σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5.



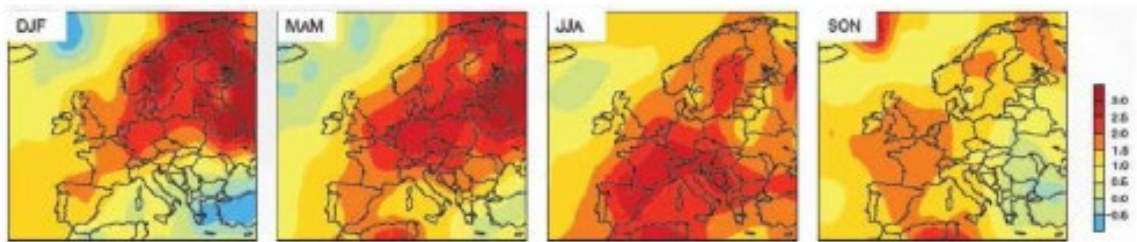
2017 Climate Science Special Report, Figure ES-3

Εικόνα 8:Μελλοντικές εκπομπές άνθρακα (αριστερά) και τις προβλεπόμενες θερμοκρασίες που θα προκύψουν (δεξιά) από την Katharine Hayhoe (Πηγή: Ειδική Έκθεση Κλιματικών Επιστημών 2017 από το Ερευνητικό Πρόγραμμα Παγκόσμιας Αλλαγής των ΗΠΑ¹¹)



Εικόνα 9: Γράφημα με προσομοίωση της παγκόσμιας μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης από το 1950 μέχρι το 2100 βασιζόμενη στα δεδομένα 1986-2005. Με γκρι χρώμα τα ιστορικά δεδομένα, με κόκκινο χρώμα προβλέψεις σύμφωνα με RCP 8.5. και με μπλε RCP2.6 (Πηγή: IPCC,2013)

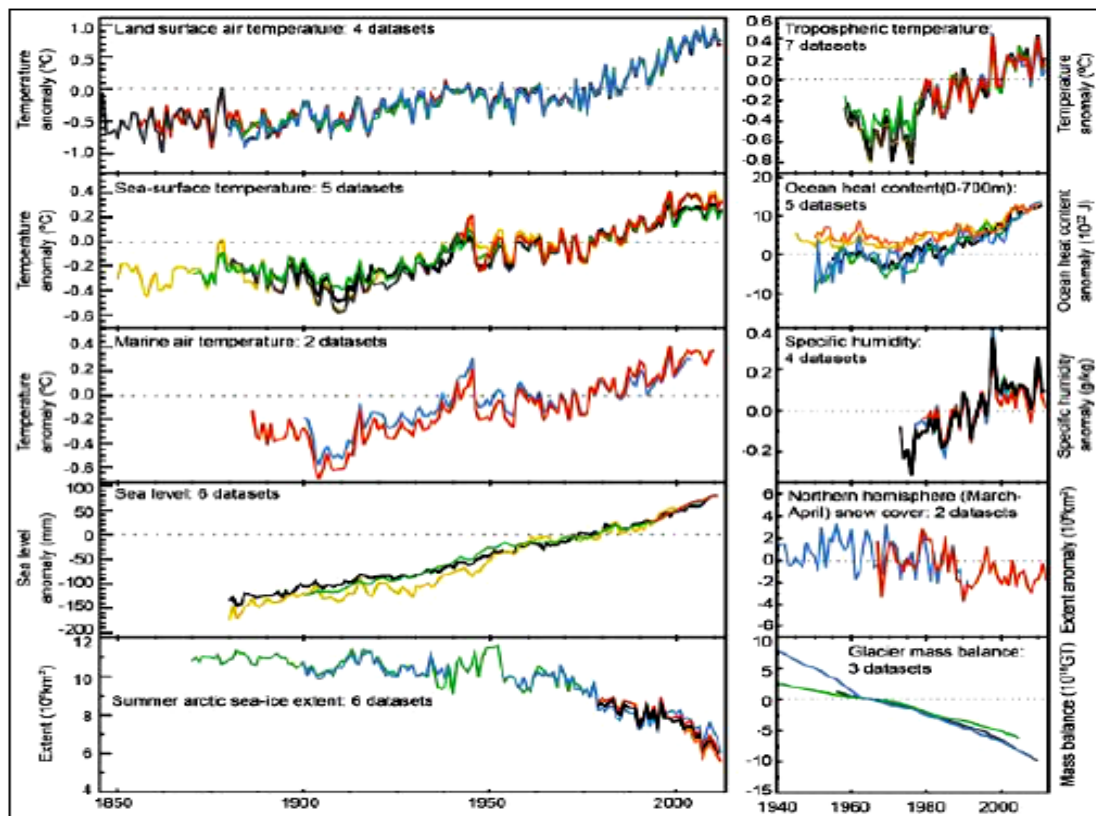
¹¹ Climate Science Special Report, U.S. Global Change Research Program



Εικόνα 10: Θεματικοί χάρτες με τις τάσεις της μέσης θερμοκρασίας που έχουν παρατηρηθεί 1950-2007 (τοπική αύξηση θερμοκρασίας ανά τους βαθμούς αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας) τις τέσσερις εποχές. (Πηγή: (Unesco, 2013))¹²

2.6.1 Θερμοκρασία (Unesco, 2020)

Ο παγκόσμιος μέσος όρος, η μεταβολή της θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια είναι ο πιο αναφερόμενος δείκτης της κλιματικής αλλαγής, καθώς σχετίζεται άμεσα και με την αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου¹³ (IPCC, 2013), τους κίνδυνους και τις επιπτώσεις στον πλανήτη. Παρά κάποιες βραχυπρόθεσμη μεταβλητότητα, μια σταθερή τάση θέρμανσης είναι ορατή στη θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια από τη δεκαετία του 1970.



Εικόνα 11: Γραφήματα με την εξέλιξη των κλιματικών παραμέτρων. Σε κάθε ένα από αυτά τα δεδομένα έχουν κανονικοποιηθεί σε κοινή χρονική περίοδο. (Πηγή: IPCC, 2013)

¹² Οι τέσσερις εποχές που αναφέρονται αποτελούν τα αρχικά των μηνών που τις απαρτίζουν: December-February (DJF), March-May (MAM), June-August (JJA), September-November (SON)

¹³ Greenhouse Gas (GHG)

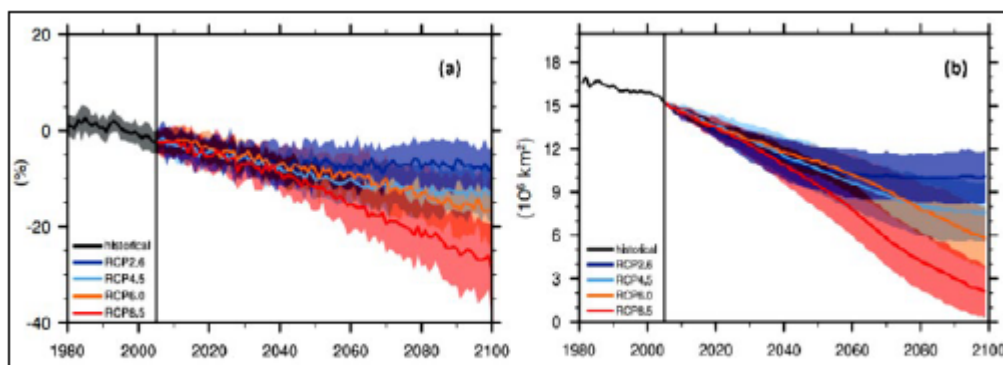
Το κλίμα ελέγχεται από η εισροή και εκροή θερμότητας και η δυναμική αποθήκευσης της (IPCC, 2013). Το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αποθηκεύεται από τους ωκεανούς, που λειτουργεί όμως συσσωρευτικά αυξάνοντας την θερμοκρασία τους. (Cheng et al., 2019a). Η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αλλαγές στην ωκεάνια και ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Αυτό με τη σειρά του μπορεί να οδηγήσει σε πιο έντονες ή συχνότερες ακραίες καιαινίδες καθώς και σε έντονες βροχοπτώσεις σε ορισμένες περιοχές, επίσης όπως παρατεταμένες ξηρασίες σε άλλες περιοχές. Τις τελευταίες δεκαετίες, υπάρχουν ενδείξεις για μια αυξανόμενη περιεκτικότητα σε θερμότητα των ωκεανών. Παρόμοια τα τελευταία 5 χρόνια (2014–2018) ήταν τα θερμότερα που έχουν καταγραφεί. Το κλίμα δεν αλλάζει και δεν θα αλλάξει ομοιόμορφα και προβλέπεται ότι οι κατοικημένες περιοχές θα αντιμετωπίσουν τις ακραίες τιμές (IPCC, 2018).

2.6.2 Υετός

Τα δεδομένα για τις παγκόσμιες βροχοπτώσεις της γης δείχνουν μια αυξητική τάση, ειδικά στα μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη (EPA, 2015). Οι Schneider et al. (2017) προτείνουν ότι μια θέρμανση περίπου 1°C σε σχέση με τον προβιομηχανικό χρόνο μπορεί οδηγούν σε αύξηση 2-3% των παγκόσμιων βροχοπτώσεων. Οι βροχοπτώσεις αναμένεται να αλλάξουν με ακόμη πιο περίπλοκο τρόπο από τη θερμοκρασία. Σε ορισμένες περιοχές προβλέπεται αύξηση του αριθμού των έντονων, ενώ παρατεταμένες ξηρασίες και μείωση βροχοπτώσεων σε άλλες (IPCC, 2013; 2018). Αλλαγές στα πρότυπα βροχοπτώσεων προβλέπονται και στην Ευρώπη, με το βορρά να γενικά γίνεται πιο υγρός και το νότο ξηρότερο (Unesco, 2020).

2.6.3 Χιονοπτώσεις, θαλάσσιος πάγος και μόνιμος παγετός

Εκτιμήσεις της χιονοκάλυψης, του θαλάσσιου πάγου, των παγετώνων, των στρωμάτων πάγου και του μόνιμου παγετού και της τρέχουσας κατάστασής τους/οι τάσεις και οι μελλοντικές προβλέψεις είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τις μεταφορές στις περιοχές της Αρκτικής (για παράδειγμα η Ρωσική Ομοσπονδία, ο Καναδάς και οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής).



Source: IPCC, 2013–Stocker et al, 2013 (see above)

Εικόνα 12: Γραφήματα με προβολές (α) της κάλυψης χιονιού στο Νότιο ημισφαίριο τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο και (β) τις αλλαγές των παγετώνων κοντά στην επιφάνεια για τα τέσσερα σενάρια κλιματικής αλλαγής (Πηγή: IPCC, 2013)

Η έκταση της χιονοκάλυψης της άνοιξης έχει μειωθεί σε όλο το βόρειο ημισφαίριο (η χιονοκάλυψη του αντιπροσωπεύει περίπου το 98% της παγκόσμιας χιονοκάλυψης) από τη δεκαετία του 1950

(IPCC, 2013), χωρίς όμως να είναι ομοιόμορφη με περιοχές (π.χ. οι Άλπεις και Σκανδιναβία) παρουσίασαν σταθερές μειώσεις στο βάθος της χιονοκάλυψης τους σε χαμηλά υψόμετρα και αύξηση σε μεγάλα υψόμετρα και σε άλλες χωρίς σταθερές τάσεις. (Unepce, 2020).

Ο αρκτικός θαλάσσιος πάγος βρίσκεται σε πτώση και περαιτέρω μειώσεις προβλέπονται με σημαντική διαχρονική μεταβλητότητα. Η ελάχιστη έκταση του θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής έχει μειωθεί κατά περίπου 40% από το 1979. Οι ελάχιστες τιμές πάγου σημειώθηκαν την τελευταία δεκαετία (NOAA, 2017).

Η ταχεία απόψυξη του μόνιμου παγετού προβλέπεται λόγω της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας και αλλαγές στις χιονοπτώσεις. Αν και υπάρχουν προκλήσεις στην αξιολόγηση της δυναμικής του μόνιμου παγετού, η έκταση του αναμένεται να μειωθεί κατά 37-81% μέχρι το τέλος του εικοστού πρώτου αιώνα, ανάλογα με το σενάριο εκπομπών. Οι αλλαγές στην έκταση του μόνιμου παγετού θα μπορούσαν να δημιουργήσουν προβλήματα στην ανάπτυξη και τη συντήρηση του Αρκτική υποδομή λόγω αστάθειας του εδάφους που σχετίζεται με την απόψυξη (Unepce, 2020). Αυτό με τη σειρά του θα μπορούσε να περιορίσει την ανάπτυξη δικτύων μεταφορών που αξιοποιούν πιθανές νέες διαδρομές στον Αρκτικό Ωκεανό δυνατό από την προβλεπόμενη τήξη των πάγων της Θάλασσας της Αρκτικής.

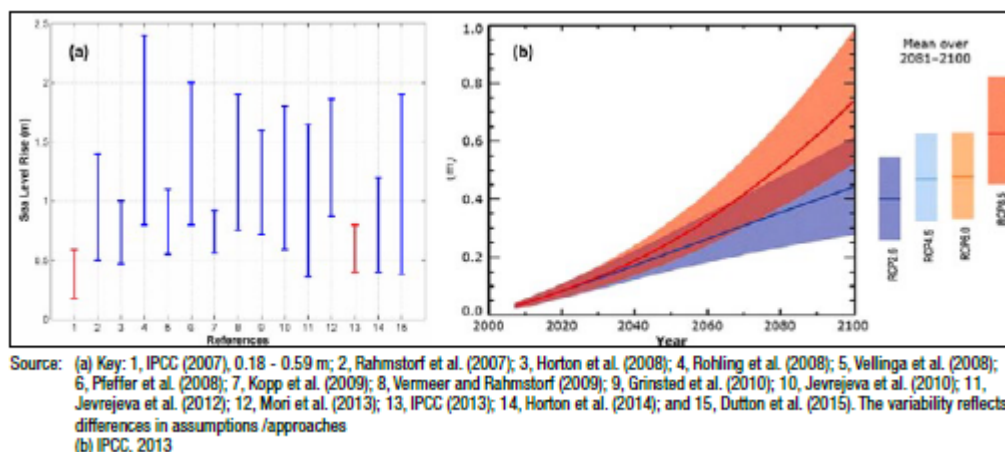
2.6.4 Στάθμη Θάλασσας

Η αύξηση της θερμοκρασιών των ωκεανών είχε ως αποτέλεσμα την άνοδο της στάθμης της θάλασσας λόγω της θερμικής επέκταση του όγκου του ωκεανού (Hanna et al., 2013). Από το 1860, η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί κατά περίπου 0,20 m. κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, τα παγκόσμια ποσοστά της αύξησής της είναι κατά μέσο όρο 1,3–1,8 cm ανά δεκαετία (Church et al., 2013). Πρόσφατα στοιχεία δείχνουν ότι αυτή η επιτάχυνση μπορεί να αποδοθεί κυρίως στην αλλαγή του ισοζυγίου της μάζας πάγου. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας παρουσιάζει σημαντική χωρική μεταβλητότητα, με το να είναι πιο συνεπής στον Ατλαντικό και Ινδικό Ωκεανό, με τις περισσότερες περιοχές και στους δύο ωκεανούς να παρουσιάζουν ποσοστά παρόμοια με τον παγκόσμιο μέσο όρο (WMO, 2016). Στην Ευρώπη, η στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί κατά μήκος του μεγαλύτερου μέρους των ακτών της τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες, με το εξάιρεση της βόρειας ακτής της Βαλτικής (Unepce, 2020).

Οι προβολές για την αύξηση της θάλασσας περιορίζονται από τις αβεβαιότητες σχετικά με την απόκριση στην υπερθέρμανση του πλανήτη και τις συνεισφορές από ορεινούς παγετώνες καθώς και άντληση υπόγειων υδάτων για σκοπούς άρδευσης και αποθήκευση νερού σε ταμιευτήρες. Ως εκ τούτου ο IPCC παρέχει σταθερά συντηρητική εκτιμήσεις σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι τοπικές τάσεις θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων κατά μήκος μιας συγκεκριμένης ακτής.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα συνεχιστεί μετά το 2100 (Jevrejeva et al., 2012), λόγω της αυξανόμενης περιεκτικότητας σε θερμότητα των ωκεανών (Cheng et al., 2019a) που θα προκαλέσει αυξανόμενη θερμική διαστολή για αρκετά αιώνες, ενώ η τελευταία παρατηρούμενη δυναμική απώλεια πάγου στη Γροιλανδία και την Ανταρκτική μπορεί επίσης συνεχίσει στο μέλλον. Η μη ελεγχμένη μέση άνοδος της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει ανεξέλεγκτη άνοδο της στάθμης της

θάλασσας.



Εικόνα 13: Γραφήματα με προβολές (α) της μέσης στάθμης θάλασσας το 2100 και (β) της μέσης στάθμης θάλασσας από το 2010 μέχρι το 2100 με δεδομένα βάσης 1986-2005. (Πηγή: (Unesco, 2013))

2.6.5 Ακραία καιρικά φαινόμενα

Η κλιματική αλλαγή συχνά συνδέεται στο δημόσιο διάλογο με την αύξηση του παγκόσμιου μέσου όρου θερμοκρασία. Ωστόσο, για τον κλάδο των μεταφορών, καθώς και για την ευρύτερη κοινωνία, οικονομία και το περιβάλλον, οι τοπικές συνθήκες και τα ακραία φαινόμενα είναι πιο σχετικά. Τα ακραία γεγονότα μπορεί να καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα, όπως ξαφνικές και παροδικές αλλαγές θερμοκρασίας, γρήγορες υποχωρήσεις θαλάσσιου πάγου, περιόδους ασυνήθιστα υψηλής βροχόπτωσης, έντονες καταιγίδες, εκτεταμένες ξηρασίες, κύματα καύσωνα, πυρκαγιές, ξαφνικές απελευθερώσεις νερού από το λιώσιμο παγετώνων. Όλα αυτά, από μόνα τους ή σε συνδυασμό, μπορεί να έχουν σημαντικές και δαπανηρές επιπτώσεις στις υποδομές και τις λειτουργίες των μεταφορών.

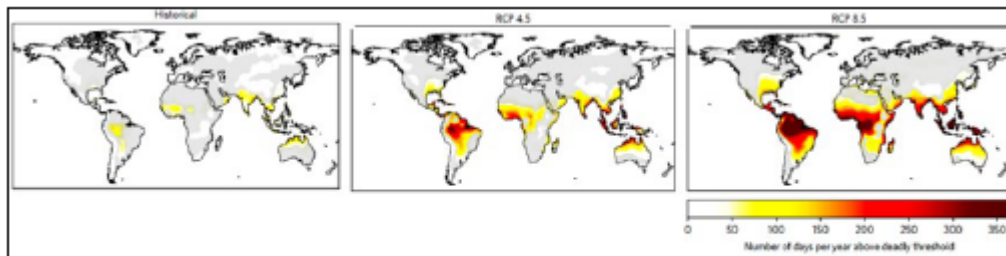
Ακραία υδρομετεωρολογικά φαινόμενα, όπως πλημμύρες και καταιγίδες, ευθύνονται για περίπου 44 και 28 % αντίστοιχα, όλων των φυσικών καταστροφών που καταγράφηκαν μεταξύ 1998 και 2017 (Taalas, 2019). Τα τελευταία χρόνια, υπήρξαν πολλά ακραία γεγονότα που επηρέασαν την περιοχή της ΕΕ και της υποδομές και λειτουργίες μεταφορών, με ορισμένες από αυτές να προκαλούν πολύ σοβαρές ζημιές και απώλειες. Για παράδειγμα, ο τυφώνας Sandy στην Καραϊβική και τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (2012), ξηρασίες σε στις νότιες και κεντρικές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (2012 και 2013), πλημμύρες στο κέντρο Ευρώπη (Μάιος-Ιούνιος 2013) και η εποχή των τυφώνων του 2017 που έπληξαν τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και υπερπόντια εδάφη των κρατών μελών της ΟΗΕ. Όσον αφορά τις οικονομικές απώλειες, το 1980. Ο μέσος όρος του 2016 ήταν 5,5 συμβάντα ετησίως με κόστος άνω του 1 δισεκατομμυρίου \$ ΗΠΑ (Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (CPI)-προσαρμοσμένο), ενώ ο ετήσιος μέσος όρος για την περίοδο 2012 – 2016 ήταν 10,6 τέτοια γεγονότα (NOAA, 2017).

2.6.6 Ακραίες θερμοκρασίες - Κύματα καύσωνα

Οι κλιματικές παρατηρήσεις δείχνουν αυξήσεις στη συχνότητα και την ένταση των κυμάτων καύσωνα (IPCC, 2013). Οι μελέτες απόδοσης υποδηλώνουν ότι οι ακραίες θερμοκρασίες και τα κύματα καύσωνα είναι σημαντικά υψηλότερες υπό ανθρωπογενείς επιρροές παρά κάτω φυσικές

συνθήκες. Τα κλιματικά μοντέλα δείχνουν την συνεχή αύξηση της πιθανότητα εμφάνισης πολύ ζεστών καλοκαιριών και κυμάτων καύσωνα κατά τη διάρκεια του εικοστού πρώτου αιώνα. Μεγαλύτερες αλλαγές αναμένεται να σημειωθούν στις υποτροπικές και τις μεσαίου γεωγραφικού πλάτους περιοχές, ενώ η συχνότητα των ψυχρών επεισοδίων θα μειωθεί σε όλες τις περιοχές. Στη δυτική και κεντρική Ευρώπη, ο χειρότερος καύσωνας από το 2003 καταγράφηκε στις αρχές Ιουλίου 2015 με την Ισπανία, τη Γαλλία και την Ελβετία να σπάνε ρεκόρ θερμοκρασίας όλων των εποχών. Το 2017 υπήρχαν επίσης πολυάριθμα κύματα καύσωνα που έπληξαν την Τουρκία, την Κύπρο, την Ισπανία, την Ιταλία και τα Βαλκάνια. Ρεκόρ υψηλό θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν επίσης στην Κοιλιάδα του Θανάτου (Καλιφόρνια, ΗΠΑ) (WMO, 2018).

Ο συνδυασμός της υπερβολικής ζέστης με υψηλή σχετική υγρασία μπορεί να έχει πολύ σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία/ασφάλεια προσωπικού και επιβατών στα περισσότερα μέσα μεταφοράς, με σημαντικές υπερβάσεις του «θανατηφόρου ορίου» μέχρι το τέλος του αιώνα σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5.



Source: Conditions refer to the number of days per year exceeding the threshold of temperature and humidity beyond which climatic conditions become deadly, averaged between 1995 and 2005 (historical experiment), and between 2090 and 2100 under RCP 4.5 and RCP 8.5. Results are based on multi-model medians. Grey areas indicate locations with high uncertainty (multi-model standard deviation larger than the projected mean) (Mora et al., 2017)

Εικόνα 14: Θανατηφόρες κλιματικές συνθήκες το 2100 κάτω από διαφορετικά σενάρια εκπομπών. (Πηγή: (Unepce, 2013))

2.6.7 Ισχυρές καταιγίδες και ξηρασία

Διακρίνεται μια αυξανόμενη συχνότητα και ένταση ισχυρών βροχοπτώσεων (νεροποντές) σε παρατηρήσεις για πολλά μέρη του κόσμου, εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας, και έχουν προκαλέσει τα περισσότερα από τα παρατηρούμενα αυξήσεις στη συνολική βροχόπτωση τα τελευταία 50 χρόνια. Ακραίες βροχοπτώσεις θα είναι περισσότερες έντονο στις περισσότερες από τις μεσαίου γεωγραφικού πλάτους και τις υγρές τροπικές περιοχές (IPCC, 2013). Για κεντρικά και βορειοανατολικά Ευρώπη, μεγάλες αυξήσεις (25 %) στις έντονες βροχοπτώσεις προβλέπονται για το τέλος του έτους αιώνας. Τα κλιματικά μοντέλα υψηλής ανάλυσης δείχνουν ότι οι ακραίες εποχιακές βροχοπτώσεις θα μπορούσαν επίσης να ενταθούν με την κλιματική αλλαγή. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, για παράδειγμα, αν και τα καλοκαίρια θα γίνουν πιο ξηρά Συνολικά, η εμφάνιση έντονων καλοκαιρινών βροχοπτώσεων (πάνω από 30 mm σε μια ώρα) θα μπορούσε να αυξηθεί περίπου πέντε φορές. Κίνδυνοι που συνδέονται με γεγονότα έντονων βροχοπτώσεων όπως οι αστοχίες πρανών και οι κατολισθήσεις έχουν επίσης αυξηθεί σε ορεινές περιοχές.

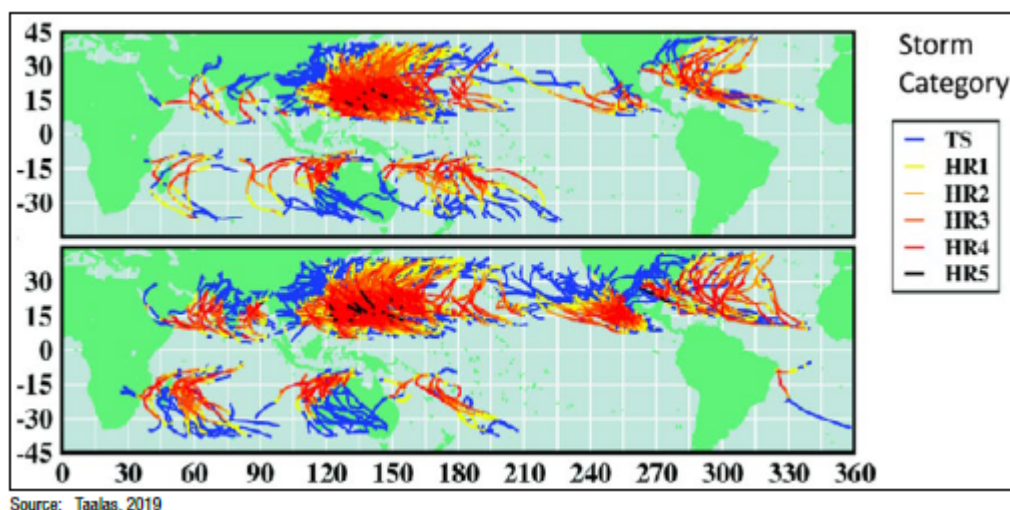
Οι πλημμύρες ποταμών από σταθερή βροχόπτωση πάνω από το μέσο όρο είναι ένας σοβαρός και διαδεδομένος κίνδυνος (King et al., 2015). Οι πλημμύρες των ποταμών προκαλούνται τόσο από φυσικούς όσο και από κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες. Το προηγούμενο εξαρτάται από τον υδρολογικό κύκλο, ο οποίος επηρεάζεται από τις αλλαγές στη θερμοκρασία, τη βροχόπτωση και τήξη

παγετώνων/χιονιού, ενώ το τελευταίο από αλλαγές χρήσης γης, προγράμματα διαχείρισης ποταμών και πλημμύρες απλή ανάπτυξη. Στην περιοχή της ΕΕ, οι πλημμύρες αποτελούν πάντα έναν κίνδυνο. Στην Ευρώπη, Οι ετήσιες απορρίψεις νερού έχουν γενικά αυξηθεί στο βορρά και μειώθηκαν στο νότο.

Σημαντικές αυξήσεις στους κινδύνους πλημμύρας προβλέπονται για την κεντρική και δυτική Ευρώπη. Οι αναμενόμενες πλημμύρες προκαλούν ζημιές κάτω από μια άνοδο της θερμοκρασίας 1,5°C από την προβιομηχανική εποχή (IPCC, 2018) εκτιμάται ότι είναι διπλάσιο (15 δισεκατομμύρια ευρώ/έτος) από το μέσο κόστος του 1976–περίοδος 2005.

2.6.8 Καταιγίδες και δυνατοί άνεμοι

Οι καταιγίδες και οι ανεμοθύελλες είναι δύσκολο να προβληθούν και η ετήσια συχνότητα των τροπικών καταιγίδων δεν έχει συμβεί αλλαγή με το χρόνο (WMO, 2018). Ωστόσο, όπως οι έντονες τροπικές και εκτός τροπικού καταιγίδες (οι οποίες είναι συνήθως συνδεδεμένες με ακραίους ανέμους, βροχοπτώσεις και παράκτιες πλημμύρες) τροφοδοτούνται από την αυξανόμενη περιεκτικότητα σε θερμότητα των ωκεανών και τις επιφανειακές θερμοκρασίες, αναμένεται ότι η καταστροφικότητά τους θα αυξηθεί στο μέλλον (WMO, 2014).

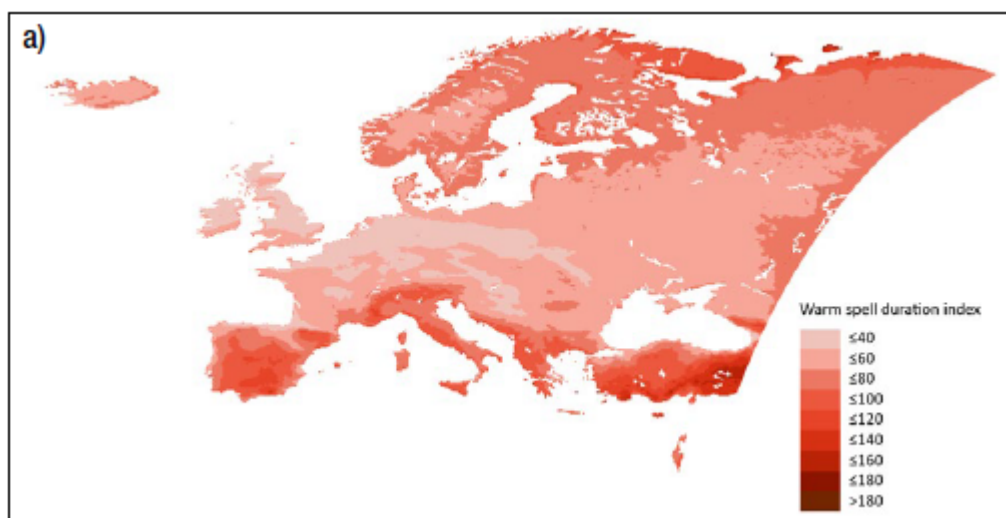


Εικόνα 15: Υφιστάμενη κατάσταση (επιπτώσεις) τροπικών και έξτρα τροπικών καταιγίδων κατηγορίας 4 και 5 (Επάνω), μελλοντική κατάσταση (επιπτώσεις) τροπικών και έξτρα τροπικών καταιγίδων κατηγορίας 4 και 5 το 2100 με αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας 2°C (Κάτω). Ο x και ο y άξονας είναι σε βαθμούς. (Πηγή: (Unece, 2013))

Έχει προταθεί ότι μια μέτρια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C στον άνω ωκεανό μπορεί να οδηγήσει σε Η ταχύτητα του ανέμου καταιγίδας αυξάνεται έως και 5 m/s καθώς και αυξημένη συχνότητα εμφάνισης των πιο καταστροφικών (Κατηγορία 5) κυκλώνες (Steffen, 2009); Πρόσφατη έρευνα προβλέπει επίσης αύξηση της επίπτωσης από τις πιο έντονες τροπικές καταιγίδες μέχρι το τέλος του αιώνα, ακόμη και υπό μέτρια θέρμανση σενάριο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι καταιγίδες μπορούν να προκαλέσουν συνδυασμένους κινδύνους (π. πλημμύρες τόσο στα ποτάμια όσο και στις παράκτιες πλημμύρες και ζημιές από ισχυρούς ανέμους).

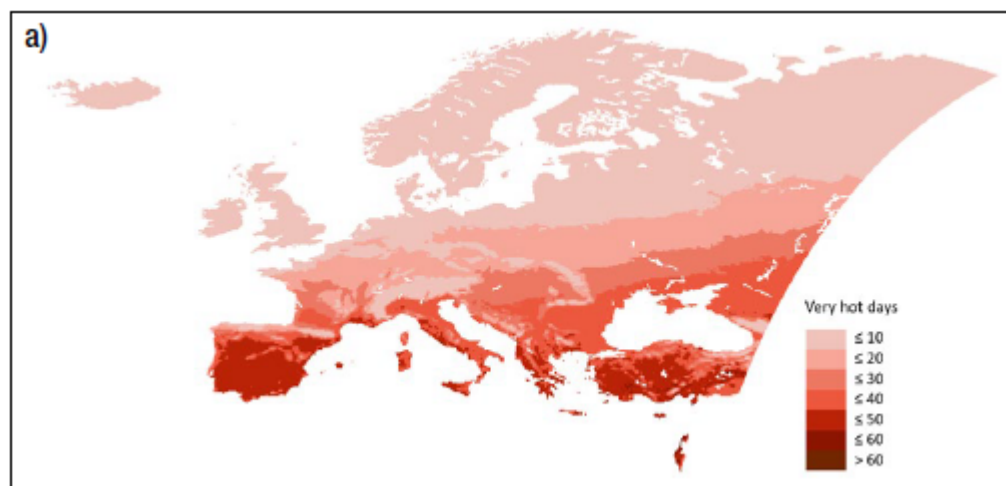
Χάρτες με τις προβλέψεις για τις κλιματολογικές μεταβλητές της κλιματικής αλλαγής παρατίθενται παρακάτω. Για τους υπολογισμούς έχει ληφθεί υπόψη το σενάριο RCP8.5

1. Δείκτης διάρκειας θερμών ημερών (Warm spell duration index)



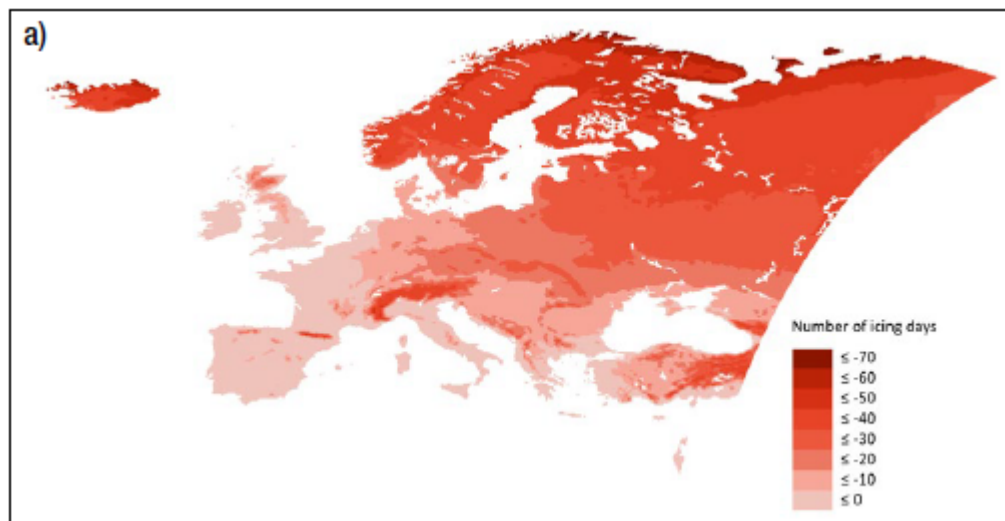
Εικόνα 16: Θεματικός χάρτης με την διάρκεια θερμών ημερών (Warm spell duration index) σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000.Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση με την χρήση πολλαπλών μοντέλων . (Πηγή: (Unesco, 2013))

2. Αριθμός πολύ θερμών ημερών (Number of very hot days)



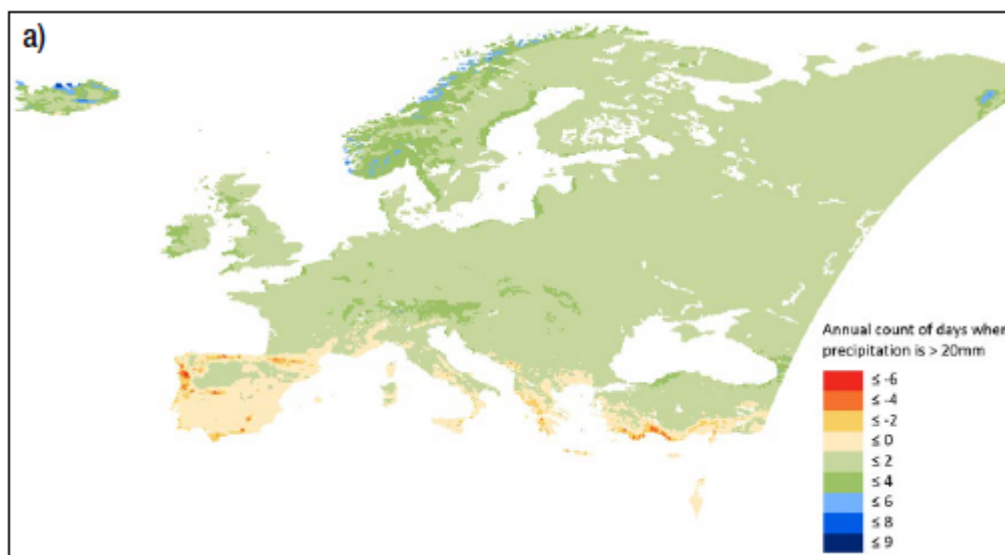
Εικόνα 17: Θεματικός χάρτης με τον αριθμό των πολύ θερμών ημερών σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000.Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση την χρήση πολλαπλών μοντέλων. (Πηγή: (Unesco, 2013))

3. Αριθμός παγωμένων ημερών (Number of icing days)



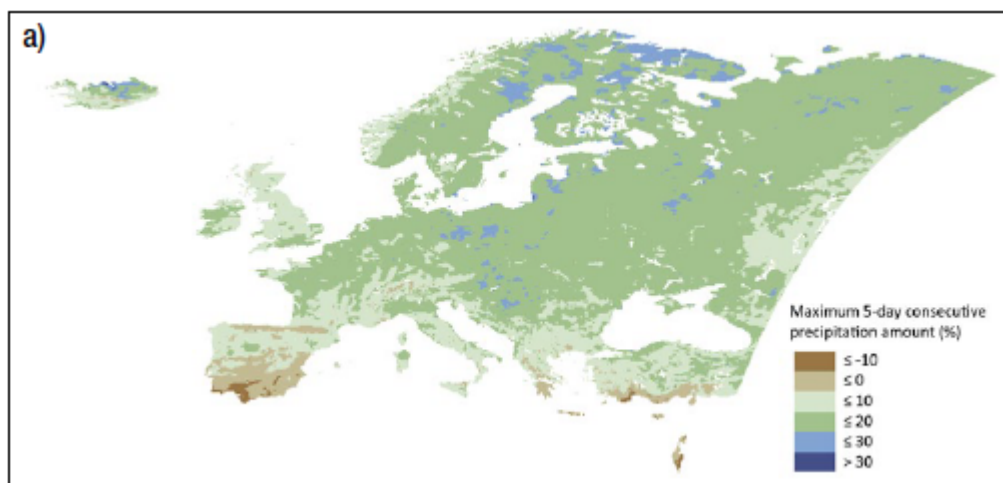
Εικόνα 18: Θεματικός χάρτης με τον αριθμό παγωμένων ημερών σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000. Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση την χρήση πολλαπλών μοντέλων. (Πηγή: (Unese, 2013))

4. Ημερήσια βροχόπτωση πάνω από 20 μμ (Daily precipitation above 20 mm)



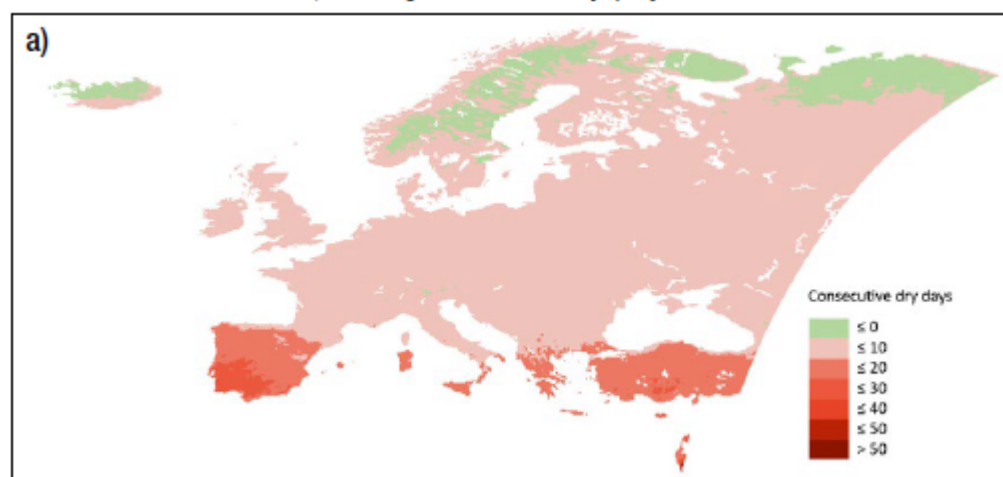
Εικόνα 19: Θεματικός χάρτης με τον αριθμό ημερών με ημερήσια βροχόπτωση πάνω από 20mm σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000. Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση την χρήση πολλαπλών μοντέλων. (Πηγή: (Unese, 2013))

5. Μέγιστη ποσότητα βροχόπτωσης 5 συνεχόμενων ημερών (Maximum 5-day consecutive precipitation amount)



Εικόνα 20: Θεματικός χάρτης με την μέγιστη ποσότητα βροχόπτωσης 5 συνεχόμενων ημερών εκφρασμένα σε ποσοστά επί τοις εκατό, σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000. Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση την χρήση πολλαπλών μοντέλων. (Πηγή: (Unesco, 2013))

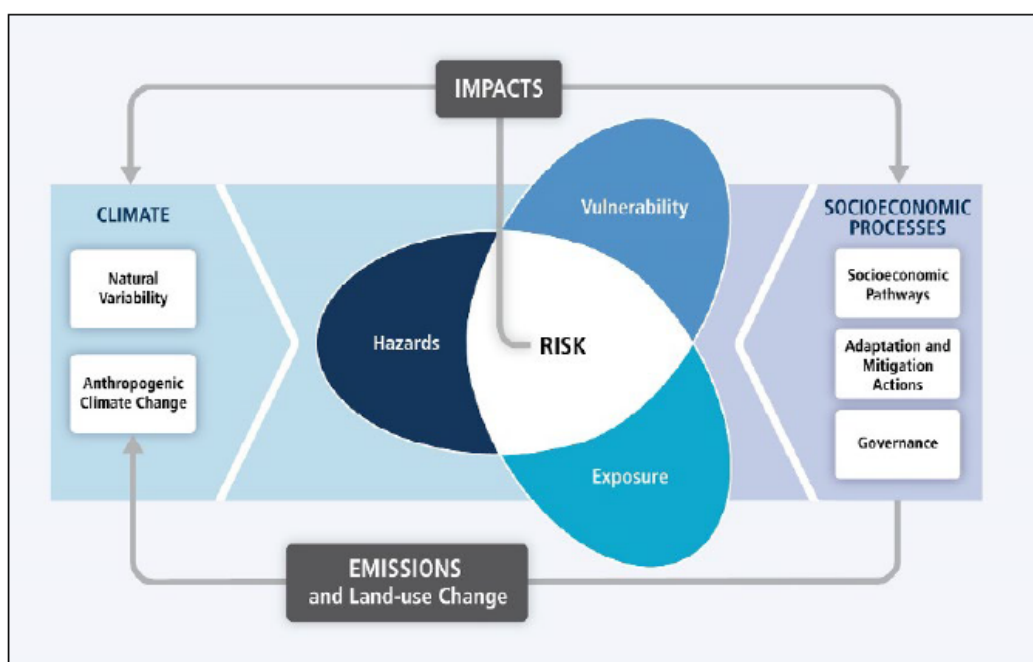
6. Συνεχόμενες μέρες ξηρασίας (Consecutive dry days)



Εικόνα 21: Θεματικός χάρτης με συνεχόμενες μέρες ξηρασίας, σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000. Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση την χρήση πολλαπλών μοντέλων. (Πηγή: (Unesco, 2013))

2.7 Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στα έργα οδοποιίας

Οι οδικές μεταφορές θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως «αναγκαίο κακό». Από την μία είναι απαραίτητες για την οικονομία και την κοινωνία παγκοσμίως, όταν το 2017, οι οδικές μεταφορές στην ΕΕ των 28 αντιπροσώπευαν το 73,3% του συνολικού όγκου των χερσαίων εμπορευματικών μεταφορών και το 80,1% των μεταφορών επιβατών, και από την άλλη εντείνουν το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής με την διαρκή επέκταση του δικτύου και την χρήση των παραγώγων του πετρελαίου ως καύσιμη ύλη. Στο προσκήνιο εμφανίζονται νέες προκλήσεις σε σχέση με την διαθεσιμότητα του οδικού δικτύου, που σχετίζονται με την ανθεκτικότητα της υποδομής οδικών μεταφορών στις ακραίες καιρικές συνθήκες και την κλιματική αλλαγή, τα οποία θα πρέπει να αντιμετωπίσουν, παράλληλα και σε συνέργεια, με τις άλλες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν.



Source: IPCC (2014).

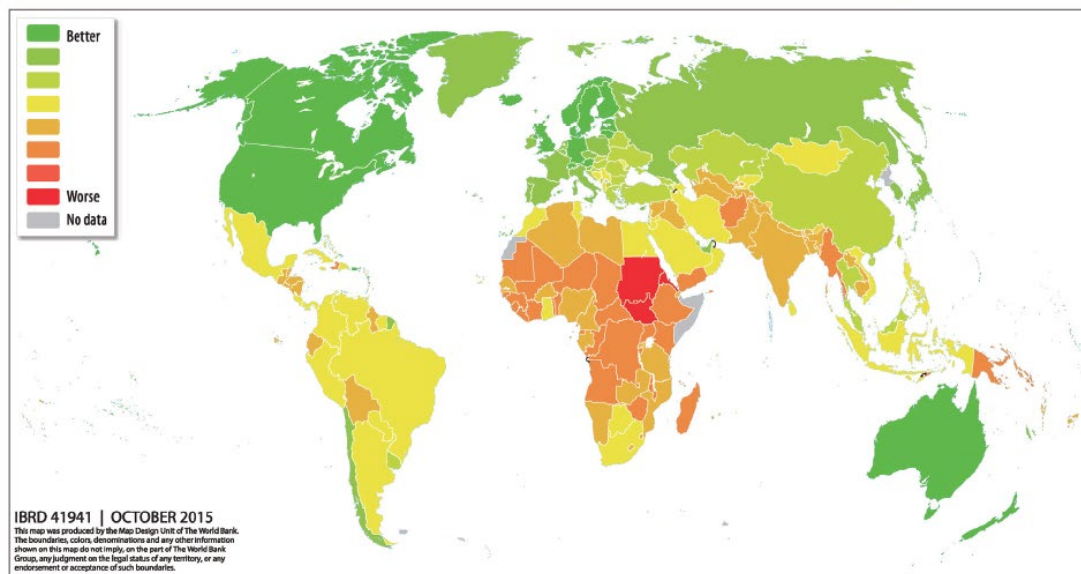
Εικόνα 22: Θεματικός χάρτης με συνεχόμενες μέρες ξηρασίας, σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5 για την περίοδο 2051-2080 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000. Ο χάρτης παρουσιάζει μέσες τιμές που προέρχονται από ανάλυση με την χ. (Πηγή: IPCC, 2014)

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, οι παράμετροι της κλιματικής αλλαγής επηρεάζουν τις υποδομές και την λειτουργικότητα του οδικού δικτύου. Υπάρχουν δύο διακριτές κατηγορίες των φαινομένων της κλιματικής αλλαγής που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη:

1. Οι σταδιακές αλλαγές που σχετίζονται με τις κλιματικές μεταβλητές είναι αυτές που βιώνονται σε μια χρονική περίοδο όπως μήνες, χρόνια, δεκαετίες ή/και αιώνες. Τέτοιες επιπτώσεις περιλαμβάνουν την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την αλλαγή των εποχικών επιπέδων βροχόπτωσης και τη σταδιακή κλιματική θέρμανση.
2. Τα ακραία συμβάντα είναι συνήθως εκείνα που συμβαίνουν ξαφνικά, μερικές φορές με περιορισμένη προειδοποίηση, συνήθως σε μια περίοδο ωρών, ημερών ή εβδομάδων. Αυτά τα συμβάντα περιλαμβάνουν βαριές και/ή παρατεταμένες βροχοπτώσεις που οδηγούν σε πλημμύρες επιφανειακών υδάτων, καταιγίδες και κατολισθήσεις, κύματα καύσωνα,

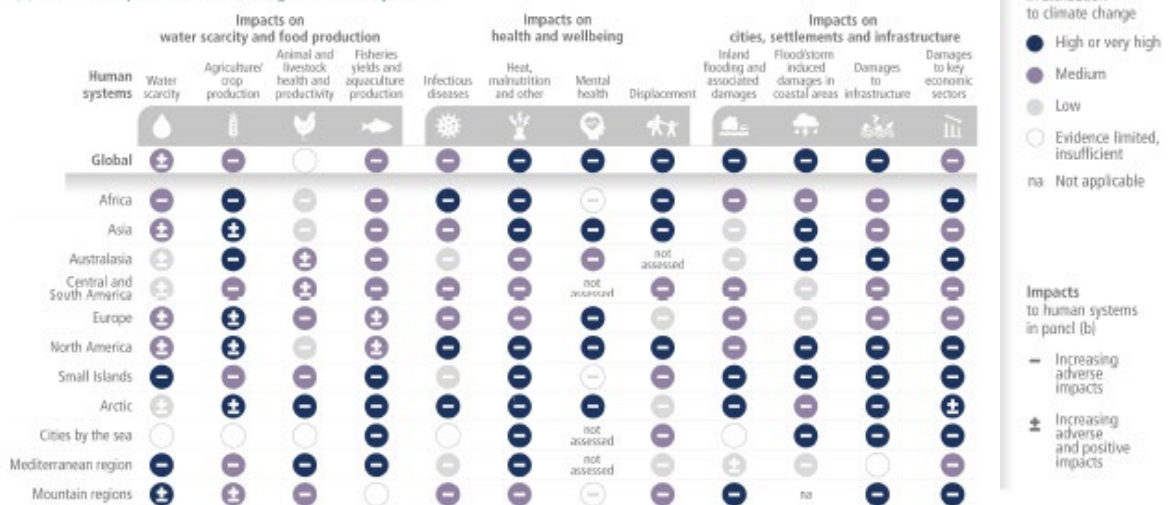
μεμονωμένες πολύ ζεστές ή κρύες μέρες και παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας (PIARC, 2015).

Οι παράγοντες της κλιματικής αλλαγής επηρεάζουν πολλούς ανθρωπογενείς παράγοντες, οι επιπτώσεις των οποίων έχει διαφορετική μορφή και ένταση, δεδομένου ότι επηρεάζονται από οικονομικές, κοινωνικές και κλιματικές συνθήκες σε τοπικό επίπεδο.



Εικόνα 23: Θεματικός χάρτης με την τρωτότητα των χωρών από τους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής. (Πηγή: Edinger and Vanduycke, 2015, Integrating Climate Change into Road Asset Management)

(b) Observed impacts of climate change on human systems



Εικόνα 24: Πίνακας με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα ανθρώπινα συστήματα. (Πηγή: IPCC,2018)

Παρόλη όμως την χωρική μεταβλητότητα οι γενικές επιδράσεις στο οδικό δίκτυο μπορούν να συνοψιστούν σε δύο βασικές κατηγορίες. Οι μεν αργές μεταβαλλόμενες κλιματικές τάσεις, όπως η αύξηση θερμοκρασίες και υψηλότερες βροχοπτώσεις ή/και μεγαλύτερες περιόδους ξηρασίας, επηρεάζουν την μακροπρόθεσμη απόδοση των υποδομών που με την σειρά τους επηρεάζουν αυτόματα το σύνολο της διαχείριση των πόρων και τον προγραμματισμό των δραστηριοτήτων. Τα δε ακραία καιρικά φαινόμενα που συχνά έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή μεγάλων τμημάτων οδικών δικτύων. Αποτελεσματική αντιμετώπιση αυτών περιλαμβάνει ενέργειες και διαδικασίες οι οποίες οφείλουν να εκδηλωθούν πριν, μετά και κατά την διάρκεια του φαινομένου και βοηθούν αφενός στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου και αφετέρου στην ανάπτυξη μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την λήψη από επενδυτικών αποφάσεων. Συνεπώς, οι επιπτώσεις στο οδικό δίκτυο δεν περιορίζονται μόνο στις υποδομές, που συνήθως αφορούν ζημιές και αυξημένη πιθανότητα αστοχιών υποδομής, αλλά επιδρούν και στην λειτουργικότητα του συστήματος (PIARC, 2015).



Εικόνα 25: Ο κύκλος της κλιματικής προσαρμογής (Πηγή: (PIARC, 2015))

Πίνακας 2: Επιπτώσεις των μεταβλητών της κλιματικής αλλαγής στο οδικό δίκτυο (Πηγή: NDF, 2016).

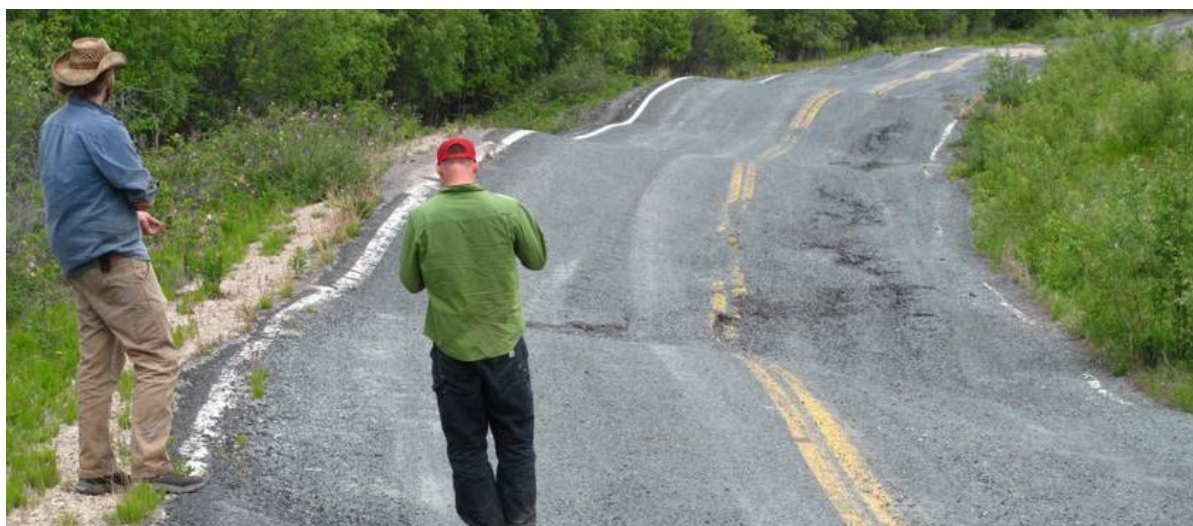
Φαινόμενα Κλιματικής Αλλαγής	Κίνδυνοι (πιθανές επιπτώσεις) στις οδικές υποδομές
Ακραία φαινόμενα βροχόπτωσης	Υπέρβαση σχεδιασμού και έκπλυση οδοστρώματος
	Αύξηση της στάθμης θάλασσας και απορρόφηση στο οδόστρωμα και την υπόβαση
	Αύξηση της υδροδυναμικής πίεσης σε οδούς
	Μείωση της συνοχής του συμπυκνωμένου εδάφους
	Δημιουργία εμποδίων και μείωση ασφάλειας
Εποχική και ετήσια μέση βροχόπτωση	Επιπτώσεις στα επίπεδα υγρασίας του εδάφους επηρεάζοντας την στατική ακεραιότητα των οδών, γεφυρών και σηράγγων
	Δυσμενείς επιπτώσεις νερού που παραμένει στην βάση των οδών

Φαινόμενα Κλιματικής Αλλαγής	Κίνδυνοι (πιθανές επιπτώσεις) στις οδικές υποδομές
	Κίνδυνος από πλημμύρες που προέρχονται από υπερχειλίση, καταπτώσεις πρανών, αστοχίες σε πρανή και οδούς εάν τα προκύψουν αλλαγές στα μοντέλα βροχόπτωσης
Αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας και αύξηση συνεχόμενων θερμών ημερών (κύματα καύσωνα)	Ανησυχίες σχετικά με την ακεραιότητα του οδοστρώματος π.χ. αποσκλήρυνση του οδοστρώματος, ρηγματώσεις κλπ.
	Απόψυξη του μόνιμου πάγου που οδηγεί σε επιπλέον υποδομές και οδούς
	Θερμική διαστολή των ενώσεων σε γέφυρες και ασφαλοστρωμένες επιφάνειες
	Επιπτώσεις στο τοπίο
Ξηρασία (Συνεχόμενες ξηρές ημέρες)	Θερμική διακοπή της συνοχής του εδάφους και αύξηση της σκόνης που προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία και τα τροχαία ατυχήματα
	ευαισθησία σε πυρκαγιές που απειλούν άμεσα τις οδικές υποδομές
	Ευαισθησία σε φερτά υλικά και λάσπη σε περιοχές που έχουν καταστραφεί από πυρκαγιές
	εδραίωση των υποδομών με ανομοιόμορφα στοιχεία
	Περισσότερο νέφος
	Έλλειψη νερού για εργασίες συμπίεσης
Ακραίες ταχύτητες ανέμου	Καταστροφή των φυτών που έχουν φυτευτεί κατά μήκος του οδικού δικτύου
	Απειλή στην σταθερότητα των γεφυρών
	Επιπτώσεις από συντρίμια που έχουν δημιουργηθεί από τον άνεμο στο δίκτυο και στην ασφάλεια
	Ζημιές σε πινακίδες σήμανσης, φωτεινούς σηματοδότες και σε στηρίξεις αυτών
Ημέρες με ομίχλη	Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου προκαλεί την δύναμη του νερού που δημιουργείται από τα κύματα σε επιχώματα των οδών
	Δημιουργία εμποδίων και μείωση ασφάλειας
	Περισσότερο νέφος

Αναλυτικά οι υποδομές που επηρεάζονται από τα καιρικά φαινόμενα και οι επιπτώσεις τους παρατίθενται παρακάτω:

2.7.1 Οδόστρωμα

Το οδόστρωμα είναι αυτό που επηρεάζεται από την αύξηση της θερμοκρασίας και διακυμάνσεις γύρω από το σημείο τήξης του ασφαλικού μείγματος και παρατεταμένες ή/και έντονες βροχοπτώσεις και καταιγίδες. Οι υψηλές θερμοκρασίες ελλοχεύουν τον αυξημένο κίνδυνο ρωγμών και επιφανειακών καταστροφών του οδοστρώματος. Καθώς η θερμοκρασία του ασφαλτομίγματος αυξάνεται, τα συνδετικά υλικά χάνουν την ακαμψία και οι μη αναστρέψιμες παραμορφώσεις που προκαλούνται από τη στατική ή δυναμική φόρτιση κυκλοφορίας συσσωρεύονται με ταχύτερο ρυθμό. Από την άλλη η αύξηση της συχνότητας και οι έντονες βροχοπτώσεις οδηγούν σε μείωση της φέρουσας ικανότητας των χαμηλότερων στρωμάτων του οδοστρώματος και μείωση της αίσθησης ασφάλειας και άνεσης του χρήστη (λιγότερη τριβή συνεπάγεται λιγότερη άνεση). Η μείωση της φέρουσας ικανότητας μπορεί να προκαλέσει διαβρώσεις και καθιζήσεις. Επιπλέον, λάσπες και φερτά υλικά από κατολισθήσεις (οφείλονται στην αστάθεια των πρανών) προκαλούν ζημιές στο οδόστρωμα και τα πεζοδρόμια.



Εικόνα 26: Επιπτώσεις στο οδόστρωμα μετά την απόψυξη του μόνιμου παγετού κατά μήκος ενός εγκαταλελειμμένου τμήματος της εθνικής οδού Northwest Territory 4, ανατολικά του Yellowknife (Πηγή: (Unece, 2020))

2.7.2 Σύστημα απορροής οδών

Σύμφωνα με τις προβλέψεις της κλιματικής αλλαγής, η χωρητικότητα του συστήματος αποχέτευσης των θα πρέπει πλέον να προσαρμόζεται σε υψηλότερη ένταση και συχνότητα ακραίων βροχοπτώσεων και να συμπληρώνεται με εγκαταστάσεις συγκράτησης νερού (π.χ. φράγματα, ταμιευτήρες) και μέτρα δομικής προστασίας (αναχώματα, αναχώματα). Η αύξηση των βροχοπτώσεων και των ακραίων καιρικών φαινομένων σε πρώτη φάση οδηγεί σε υπερφόρτωση και αποτυχία του συστήματος απορροής, με αύξηση του λιμνάζοντος νερού, γεγονός που συμβάλει στην μείωση της ασφάλειας από τους χρήστες και σε δεύτερη φάση ζημιές σε δρόμους, υπόγειες σήραγγες και συστήματα αποχέτευσης λόγω πλημμύρας, αστάθεια πρανών που οδηγεί σε κατολισθήσεις, πτώση βράχων κ.λπ..

2.7.3 Γέφυρες και παρόμοιες υποδομές

Οι κλιματική μεταβλητές που επηρεάζουν τις γέφυρες γεφυρών είναι υψηλότερη η εμφάνιση πλημμυρών, υψηλότερη απόρριψη ποταμών, αστάθεια διάβρωσης και κλίσης και διακυμάνσεις θερμοκρασίας. Αυτές μπορούν να προκαλέσουν διαβρώσεις στις στηρίξεις των γεφυρών, υποβάθμιση της δομικής ακεραιότητας δρόμων, γεφυρών και σηράγγων λόγω αύξησης των επιπέδων υγρασίας του εδάφους, διάβρωση κατασκευών από χάλυβα και σκυρόδεμα, μείωση της διάρκειας ζωής των κατασκευών (κυρίως εξαιτίας έκθεσής τους σε καταιγίδες και άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα).

2.7.4 Βλάστηση κατά μήκος των δρόμων

Η βλάστηση κατά μήκος των δρόμων συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, ιδίως στη μείωση του θορύβου και της ρύπανσης, και μπορεί επίσης να έχει μια λειτουργία προσαρμογής, για παράδειγμα την προστασία του δρόμου από το άμεσο ηλιακό φως. Από την άλλη πλευρά, η ακατάλληλη χρήση της βλάστησης κατά μήκος του δρόμου μπορεί να αποτελέσει παράγοντα κινδύνου διακοπής της κυκλοφορίας όταν συμβαίνουν ακραία καιρικά φαινόμενα και μπορεί επίσης να επηρεάσει την οδική ασφάλεια.

2.7.5 Γέφυρες σήμανσης και πινακίδες σήμανσης

Οι κυριότερες πηγές κινδύνου για τις γέφυρες και πλευρικές πινακίδες σήμανσης αποτελεί η συμπεριφορά του ανέμου και πιο συγκεκριμένα η αύξηση της μέσης ταχύτητάς του, καθώς και οι αυξημένες ριπές ανέμου σε ένταση και διάρκεια που παρατηρούνται σε ακραία καιρικά φαινόμενα π.χ. καταιγίδες.

Όλα τα παραπάνω υποδεικνύουν ότι αυξάνονται οι απαιτήσεις συντήρησης του οδικού δικτύου. Εκτός από τις επιπτώσεις σε δομικά στοιχεία του οδικού δικτύου, υπάρχουν και αυτές που επηρεάζουν την λειτουργικότητά του. Μεταξύ άλλων είναι ο αυξημένος κίνδυνος πυρκαγιάς, η υπερθέρμανση του ηλεκτρικού εξοπλισμού, αυξημένη συχνότητα επεισοδίων ομίχλης, που μειώνουν την ορατότητα και την οδική πρόσβαση, αλλαγές στα μοτίβα ταξιδιού των χρηστών του δικτύου, π.χ. τουρισμός που προκαλεί άγχος σε ένα δίκτυο με προκαθορισμένη χωρητικότητα σχεδιασμού, μειωμένη ορατότητα (λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων) κλπ..

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής παρόλη τον παγκόσμιο χαρακτήρα τους, έχουν χωρική διάσταση και διαφοροποιούνται τοπικά. Συνεπώς, οι περιοχές που ενδεχομένως επηρεαστούν από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας θα πρέπει να αντιμετωπίσουν ζημιές σε δρόμους, υπόγειες σηράγγες και γέφυρες από πλημμύρες, διάβρωση της βάσης του δρόμου και των στηρίξεων γεφυρών, αυξημένη απειλή για τη σταθερότητα των κατασκευών γεφυρών, αυξημένη ζημιά σε πινακίδες, φωτιστικά και στηρίγματα κλπ. Τα παραπάνω θα οφείλονται στην αύξηση της συχνότητας των πλημμύρες υπόγειων σηράγγων και υποδομών χαμηλού υψομέτρου και την αυξημένη αλατότητα των υπόγειων υδάτων.

Ενώ οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και των ακραίων καιρικών φαινομένων μπορεί να είναι κατά κύριο λόγο αρνητικές, υπάρχει επίσης μια σειρά από ευκαιρίες και οφέλη, τα οποία θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη σε οποιαδήποτε αξιολόγηση ή στρατηγική. Αυτά μπορεί να αφορούν την λειτουργία, την συντήρηση και την ικανοποίηση των χρηστών του οδικού δικτύου:

Λειτουργία: η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας θα οδηγούσε σε λιγότερο αλάτι που θα πρέπει να διαχέεται στο δίκτυο κατά τους χειμερινούς μήνες, αλλαγές στις καιρικές συνθήκες που μειώνουν τη

συχνότητα ή/και τη σοβαρότητα των συμβάντων θέτουν λιγότερες απαιτήσεις στη διαχείριση της κυκλοφορίας, συμπεριλαμβανομένης της υπηρεσίας αξιωματικού κυκλοφορίας, για ταξίδια μικρής απόστασης, τα θερμότερα καλοκαίρια θα μπορούσαν να προσελκύσουν ορισμένους χρήστες του δρόμου μακριά από τα ιδιωτικά αυτοκίνητα. Αυτό έχει πιθανά οφέλη από τη μείωση των επιπέδων τοπικής συμφόρησης και ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Συντήρηση: η μείωση της συχνότητας των συμβάντων παγώματος-απόψυξης θα ωφελούσε την ακεραιότητα της επιφάνειας του οδοστρώματος.

Ικανοποίηση των χρηστών του οδικού δικτύου: η μείωση της καλοκαιρινής βροχόπτωσης θα πρέπει να δημιουργήσει ασφαλέστερες και πιο αξιόπιστες συνθήκες οδήγησης, η μείωση του αριθμού των ημερών ομίχλης κατά τους χειμερινούς μήνες είναι πιθανό να έχει ευεργετική επίδραση αντίκτυπο στη μείωση του αριθμού των σοβαρών περιστατικών, η μείωση του αριθμού των παγωμένων ημερών κατά τους χειμερινούς μήνες είναι πιθανό να έχει ευεργετική επίδραση αντίκτυπο στη μείωση του αριθμού των σοβαρών περιστατικών, λιγότερες μέρες με αλάτι στο δρόμο θα σήμαιναν λιγότερο διαβρωμένα οχήματα και περιουσιακά στοιχεία των αυτοκινητοδρόμων, μια μεγαλύτερη καλλιεργητική περίοδος θα σήμαινε ότι το μαλακό κτήμα (τα όρια) θα μπορούσε να φαίνεται πιο πράσινο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ενισχύοντας την αισθητική του δικτύου, τα δευτερεύοντα οφέλη περιλαμβάνουν πιθανά οφέλη για την υγεία από τη μετάβαση από τις ιδιωτικές μηχανοκίνητες μεταφορές για περπάτημα, ποδήλατο και ταχεία συγκοινωνία/δημόσιες συγκοινωνίες.

Αναλυτικός πίνακας κινδύνων παρατίθεται στο παράρτημα Ι¹⁴.

2.8 Ανταπόκριση στην κλιματική αλλαγή

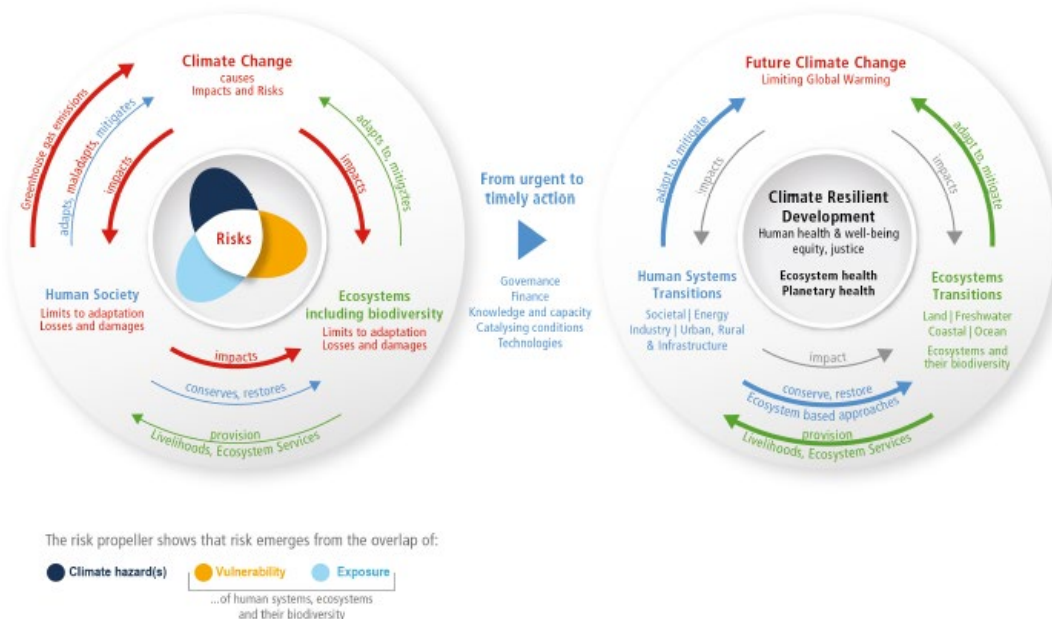
Η συζήτηση για την αλλαγή του κλίματος έχει απομακρυνθεί από το αν υπάρχουν ή όχι στοιχεία για την κλιματική αλλαγή και τι πρέπει να γίνει για να μειωθεί το μέγεθος των περαιτέρω αλλαγών και να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις. Υπάρχει πλέον ένας συντριπτικός όγκος επιστημονικών στοιχείων που υπογραμμίζουν τη σοβαρή και επείγουσα φύση της κλιματικής αλλαγής, σε μεγάλο βαθμό λόγω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

¹⁴ TABLE OF THREATS (ROADAPT, 2015)

From climate risk to climate resilient development: climate, ecosystems (including biodiversity) and human society as coupled systems

(a) Main interactions and trends

(b) Options to reduce climate risks and establish resilience

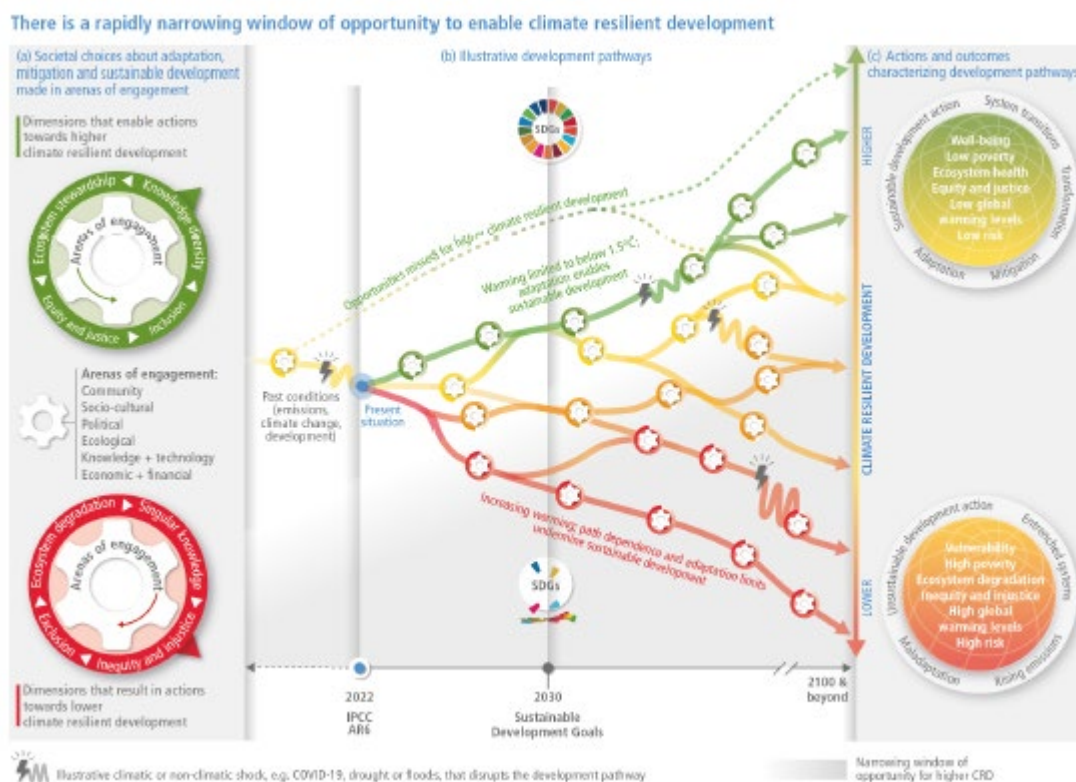


Εικόνα 27: Επιπτώσεις στο οδόστρωμα μετά την απόψυξη του μόνιμου παγετού κατά μήκος ενός εγκαταλελειμμένου τμήματος της εθνικής οδού Northwest Territory 4, ανατολικά του Yellowknife (Πηγή: (Unece, 2020).

Η κλιματική ανθεκτική ανάπτυξη (ΚΑΑ)¹⁵ είναι η διαδικασία εφαρμογής του μετριασμού των αερίων του θερμοκηπίου και μέτρα προσαρμογής για τη στήριξη της αειφόρου ανάπτυξης. Το σχήμα που ακολουθεί (IPCC, 2018) απεικονίζει κλιματικά ανθεκτικά μονοπάτια περιγράφοντας πώς τα μονοπάτια CRD είναι το αποτέλεσμα σωρευτικών κοινωνικών επιλογών και ενεργειών σε πολλαπλές αρένες. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, στην αριστερή πλευρά (Πίνακας (α)) παρουσιάζονται οι κοινωνικές επιλογές για υψηλότερη ΚΑΑ (πράσινο γρανάζι) ή χαμηλότερη ΚΑΑ (κόκκινο γρανάζι) προκύπτουν από αλληλεπιδρούν αποφάσεις και δράσεις από διάφορους φορείς της κυβέρνησης, του ιδιωτικού τομέα και της κοινωνίας των πολιτών, στο πλαίσιο του κλίματος κινδύνους, όρια προσαρμογής και αναπτυξιακά κενά. Αυτοί οι παράγοντες συμμετέχουν σε ενέργειες προσαρμογής, μετριασμού και ανάπτυξης σε πολιτικές, οικονομικές και χρηματοοικονομικές, οικολογικές, κοινωνικοπολιτιστικές, γνώσεις και τεχνολογία και κοινοτικούς χώρους από τοπικό σε διεθνές επίπεδο. Οι ευκαιρίες για ανάπτυξη ανθεκτική στο κλίμα δεν κατανέμονται δίκαια γύρω από το κόσμο. Στο μεσαίο τμήμα (Πίνακας (β)) παρουσιάζονται οι κοινωνικές επιλογές, που γίνονται συνεχώς, αλλάζουν τις παγκόσμιες αναπτυξιακές οδούς προς υψηλότερη (πράσινη) ή χαμηλότερη (κόκκινη) ανθεκτική στο κλίμα ανάπτυξη. Προηγούμενες συνθήκες (προηγούμενες εκπομπές, κλιματική αλλαγή και ανάπτυξη) έχουν ήδη εξαλείψει ορισμένες οδούς ανάπτυξης προς υψηλότερη ΚΑΑ (διακεκομμένη πράσινη γραμμή). Τέλος στο δεξί τμήμα (Πίνακας (γ)) παρουσιάζεται η ανώτερη ΚΑΑ χαρακτηρίζεται από αποτελέσματα που προάγουν τη βιώσιμη ανάπτυξη για όλους. Η κλιματική ανθεκτική ανάπτυξη είναι σταδιακά δυσκολότερο να επιτευχθεί με επίπεδα υπερθέρμανσης του

¹⁵ Climate Resilience Development (CRD)

πλανήτη άνω του 1,5°C. Ανεπαρκής πρόοδος προς τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ)¹⁶ έως το 2030 μειώνουν τις προοπτικές ανάπτυξης ανθεκτικής στο κλίμα. Υπάρχει ένα στενό παράθυρο του ευκαιρία να αλλάξουν μονοπάτια προς πιο ανθεκτικά στο κλίμα αναπτυξιακά μέλλοντα, όπως αντικατοπτρίζονται στα όρια προσαρμογής και αυξάνοντας τους κλιματικούς κινδύνους, λαμβάνοντας υπόψη τους υπόλοιπους προϋπολογισμούς άνθρακα.



Εικόνα 28: Επιπτώσεις στο οδόστρωμα μετά την απόψυξη του μόνιμου παγετού κατά μήκος ενός εγκαταλελειμμένου τμήματος της εθνικής οδού Northwest Territory 4, ανατολικά του Yellowknife (Πηγή: (IPCC,2018))

Τα οδικά δίκτυα αποτελούν την κοινωνικοοικονομική ραχοκοκαλιά κάθε κοινότητας. Παρέχουν πρόσβαση και μετακίνηση/μεταφορά ανθρώπων και αγαθών που εκπληρώνουν όλες τις λειτουργίες που είναι απαραίτητες για να ζήσουν και να ευημερήσουν οι άνθρωποι σε μια κοινότητα (Unesco, 2020). Οι επιπτώσεις στο οδικό δίκτυο, όπως παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο είναι πολύ σοβαρές και απαιτούν συντονισμένη δράση. Στην προσπάθεια της κοινής προσέγγισης για την αντιμετώπιση η Παγκόσμια Ομοσπονδία Δρόμων (World Road Association PIARC) έχει εκπονήσει μελέτη και έχει εκδώσει οδηγό για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και μεθόδους αντιμετώπισης, ενώ παράλληλα υπάρχουν πολλά παραδείγματα χωρών όπως η Γερμανία και οι ΗΠΑ, καθώς και άλλοι διεθνείς οργανισμοί που έχουν εκπονήσει μελέτες και έχουν δημοσιοποιήσει στοιχεία. Σε γενικές γραμμές έχουν αναπτυχθεί 27 δείκτες για την κλιματική αλλαγή¹⁷. Οι περισσότεροι από αυτούς αφορούν την θερμοκρασία, τις κατακρημνίσεις και τα ακραία καιρικά

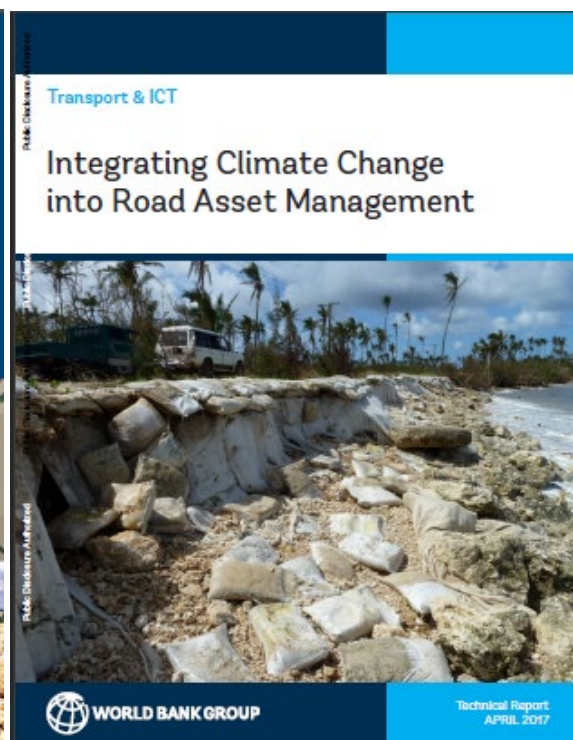
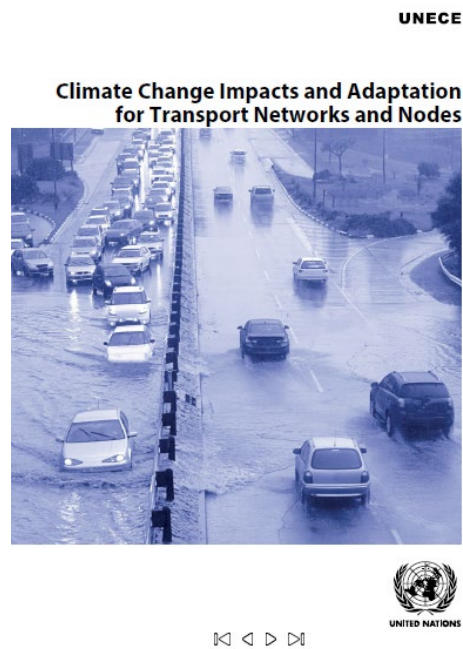
¹⁶ Sustainable Development Goals (SDGs)

¹⁷ http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml

φαινόμενα. Επιλεκτικά παρατίθενται οι δείκτες που επηρεάζουν τις μεταφορές και την ποιότητα των οδών.

Πίνακας 3: Κλιματικοί δείκτες που επηρεάζουν τις μεταφορές και την ποιότητα των οδών (Πηγή: (Unesco, 2020)).

Δείκτης κλίματος	Ορισμός	Είδος μεταφοράς	Κλιματικοί κίνδυνοι και επιπτώσεις
Δείκτης διάρκειας θερμών ημερών (Warm spell duration index)	Ετήσιος αριθμών ημερών με κατ' ελάχιστο 6 συνεχόμενες μέρες με μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία μεγαλύτερη από το 90 ποσοστό της περιόδου βάσης	Οδούς, σιδηροδρόμους, λιμάνια και αεροδρόμια	Κυματα καύσιμα, καταστροφή σε υποδομές, αύξηση θερμοκρασίας και καταστροφή του οδοστρώματος
Αριθμός πολύ θερμών ημερών (Number of very hot days)	Ετήσιος αριθμών ημερών με μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία μεγαλύτερη από 30 βαθμούς Κελσίου	Οδούς, σιδηροδρόμους, λιμάνια και αεροδρόμια	Διαστολή σιδηροδρομικών γραμμών, προβλήματα στην υγεία και την ασφάλεια των χρηστών
Αριθμός παγωμένων ημερών (Number of icing days)	Ετήσιος αριθμών ημερών με μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία μικρότερη από 0 βαθμούς Κελσίου	Οδούς, σιδηροδρόμους, λιμάνια και αεροδρόμια	Απόψυξη πάγου, αύξηση κόστους συντήρησης σε οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, αύξηση στα λειτουργικά κόστη του αεροδρομίου
Ημερήσια βροχόπτωση πάνω από 20 μμ (Daily precipitation above 20 mm)	Ετήσιος αριθμών ημερών με ημερήσια βροχόπτωση μεγαλύτερη από 20μμ	Οδούς, σιδηροδρόμους, λιμάνια και αεροδρόμια	Πλημμύρες ποταμών, αστάθεια πρανών και καταπτώσεις, περιορισμοί ταχύτητας
Μέγιστη ποσότητα βροχόπτωσης 5 συνεχόμενων ημερών (Maximum 5-day consecutive precipitation amount)	Μέγιστη βροχόπτωση σε περίοδο 5 ημερών υπολογισμένη σε ετήσια βάση	Οδούς, σιδηροδρόμους, λιμάνια και αεροδρόμια	Πλημμύρες ποταμών, αστάθεια πρανών, αστοχία επιχωμάτων
Συνεχόμενες μέρες ξηρασίας (Consecutive dry days)	Μέγιστος αριθμός συνεχόμενων ημερών ξηρασίας (όταν ο υετός είναι μικρότερος από 1 μμ)	Πλωτές οδούς	Μειωμένη στάθμη ποταμών, μείωση των φορτίων στις πλωτές οδούς



Εικόνα 29: Μελέτες που έχουν εκπονηθεί για την προσαρμογή των μεταφορών και του οδικού δικτύου στην κλιματική αλλαγή. (Πηγή: Διάφορες)

Καλά παραδείγματα χωρών που έχουν αναπτύξει εργαλεία και πρακτικές για την προσαρμογή την κλιματική αλλαγή είναι μεταξύ άλλων τα εξής (PIARC, 2015):

- Πολιτικές ανθεκτικότητας στην αλλαγή του κλίματος που σχετίζονται με τους δρόμους: Για παράδειγμα, ένας στόχος στο πλαίσιο του προγράμματος προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή της Σκωτίας είναι να εφαρμοστεί το στρατηγικό σχέδιο¹⁸, το οποίο παρέχει το γενικό όραμα και τη στρατηγική κατεύθυνση για όλη την ανθεκτικότητα της υποδομής ζωτικής σημασίας ενδιαφερομένων στη Σκωτία, με απώτερο σκοπό την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των υποδομών στη Σκωτία.
- Εργαλείο: Για παράδειγμα, ένας στόχος στο πλαίσιο της «Εθνικής Στρατηγικής Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή» της Αυστραλιανής Κυβέρνησης είναι η «Ανάπτυξη ικανότητας και εργαλείων για τον τομέα σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένης της συνεργασίας με τις ασφαλιστικές και χρηματοοικονομικές βιομηχανίες για την ανταλλαγή συνεπών εθνικών δεδομένων για την κλιματική αλλαγή κινδύνους και επιπτώσεις και ανθεκτικότητα».
- Σχέδιο Δράσης: Για παράδειγμα, το Πρόγραμμα Προσαρμογής της Σκωτίας στην Κλιματική Αλλαγή περιλαμβάνει μια σειρά τομεακών Σχεδίων Δράσης, όπως το Σχέδιο Δράσης για τη Βιοποικιλότητα της Σκωτίας στον τομέα των μεταφορών. Μεταφορές Το Πρόγραμμα Προσαρμογής της Σκωτίας στην Κλιματική Αλλαγή αντικαθιστά το Πλαίσιο Προσαρμογής της Σκωτίας στην Κλιματική Αλλαγή, το οποίο χρησιμοποίησε επίσης Σχέδια Δράσης.
- Καθοδήγηση: Για παράδειγμα, οι «Πρακτικές Κατευθυντήριες Γραμμές για τον Στρατηγικό Σχεδιασμό Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή – Καταστροφές από πλημμύρες» του Υπουργείου Γης, Υποδομών, Μεταφορών και Τουρισμού του Ιαπωνικού Υπουργείου Γης, Υποδομών, Μεταφορών και Τουρισμού παρέχει καθοδήγηση για μια σειρά ζητημάτων όπως η εκκένωση των κοινοτήτων σε ακραίες περιπτώσεις καιρικά φαινόμενα.
- Στρατηγικές: Για παράδειγμα, μια στοχευμένη στρατηγική για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των οδικών υποδομών έναντι του κινδύνου πλημμύρας και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και τη βελτίωση της ικανότητας άμεσης αντίδρασης.

Παρόλο που έχουν διατεθεί επαρκείς γενικές πληροφορίες στην εθνική πλατφόρμα πληροφοριών Climate-ADAPT¹⁹, τα ειδικά μέτρα που σχετίζονται με τις μεταφορές είναι σπάνια, γεγονός που υποδηλώνει ότι η προσαρμογή του τομέα των μεταφορών είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο. Τα εμπόδια του πίνακα έχουν οριστεί ως εμπόδια που μπορούν να ξεπεραστούν με συντονισμένη προσπάθεια, δημιουργική διαχείριση, αλλαγή σκέψης, ιεράρχηση προτεραιοτήτων και σχετικές αλλαγές στους πόρους, τις χρήσεις γης, τους θεσμούς κ.λπ. Μεταξύ πολλών άλλων προκλήσεων σε αναπτυσσόμενες χώρες ή ακόμα και σε ανεπτυγμένες χώρες, υπάρχουν πολυάριθμα εμπόδια εφαρμογής που επηρεάζουν τη διαμόρφωση πολιτικών καθώς και τη μεταφορά και τη μετάβαση των πολιτικών σε διάφορες διοικητικές υπηρεσίες.

¹⁸ Secure and Resilient - A CNI Strategy for Scotland

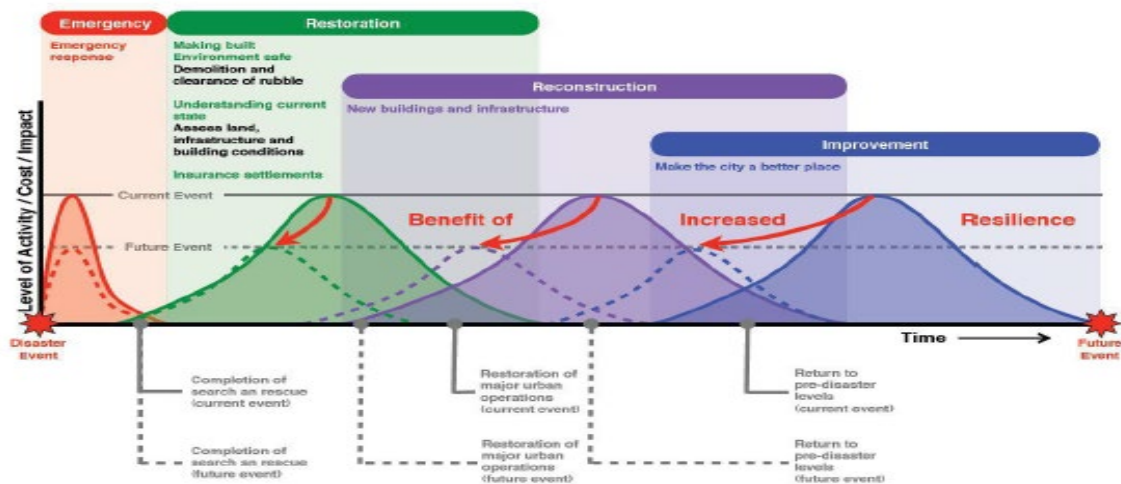
¹⁹ Climate-ADAPT διαδικτυακή πλατφόρμα παρέχει πληροφορίες για όλες τις μελέτες, εκθέσεις κλπ. Των ευρωπαϊκών χωρών, είτε είναι ολοκληρωμένες, είτε βρίσκονται σε: <http://climate-adapt.eea.europa.eu>

Πίνακας 4: Δυσκολίες στην εφαρμογή της κλιματικής αλλαγής (Πηγή: (Saqib Gulzara, 2012)).

Εμπόδια	Περιγραφή
Συντονισμός (Coordination)	Έλλειψη συντονισμού μεταξύ υπηρεσιών και φορέων που οδηγεί σε υψηλά κόστη, επαναλήψεις και μη αποδοτική χρήση των πόρων με αποτέλεσμα επιπλέον οικονομικά κόστη
Αβεβαιότητα (Uncertainty)	Δεδομένου ότι η προσαρμογή εμπλέκει διάφορους φορείς σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα, μελλοντικές εξελίξεις, κλιματική αλλαγή ή τεχνολογία, αυξάνονται οι αβεβαιότητες που οδηγεί σε αποτρεπτική απάντηση από σημαντικούς φορείς
Εμπλεκόμενοι (Stakeholders)	Πείθοντας τους φορείς να προσθέσουν στρατηγικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή στην πολιτική τους είναι δύσκολο, παρόλα αυτά η προσέγγισή τους με στοιχεία που στηρίζονται σε έρευνα έχει αποδειχτεί αποτελεσματική και πειστική
Χάραξη πολιτικής (Policy making)	Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή δεν αποτελεί ακόμα προτεραιότητα σε εθνική χάραξη πολιτικής με αποτέλεσμα να μην είναι ακόμα διαδεδομένο
Χρηματοδότηση (Funding)	Η χρηματοδότηση έργων, ανεξάρτητων μελετών και έρευνας για την ετοιμασία εθνικών πλαισίων για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή δεν αποτελεί προτεραιότητα
Έλλειψη πόρων και πληροφόρησης (Lack of resources and information)	Στις αναπτυσσόμενες χώρες, υπάρχει έλλειψη δεδομένων που αφορούν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής επειδή δεν έχουν εκπονηθεί μελέτες εκτίμησης κινδύνου
Πολιτικά εμπόδια (political barriers)	Η προσαρμογή τις περισσότερες φορές αντιμετωπίζεται ως απλό συγκριτικά με την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και δεν φαίνεται ως πολιτικά αποδεκτή. Συνεπώς, η προσαρμογή δεν αποτελεί τμήμα της χάραξης πολιτικής λόγω έλλειψης πολιτικής θέλησης
Παρεμπόδιση λόγω συμπεριφοράς (behavioral obstruction)	Κοινωνικοί και πολιτισμικοί κανόνες επηρεάζουν την αποδοχή της προσαρμογής σε κλιματική αλλαγή οδηγώντας σε παράλογες αποφάσεις που στηρίζονται σε έλλειψη πληροφοριών χωρίς να λαμβάνει υπόψη μελλοντικές εξελίξεις
Εκτίμηση και επιλογή (assessment and selection)	Επιλογή μεταξύ εναλλακτικών, συμφωνία για επιλογή κριτηρίων και χρήση των δεδομένων αποτελούν συχνά πρόκληση. Επιπλέον, η επιλογή μέτρων προσαρμογής που να παραμένει στην εμβέλεια κάποιων αρχών περιορίζει το πεδίο επιλογών

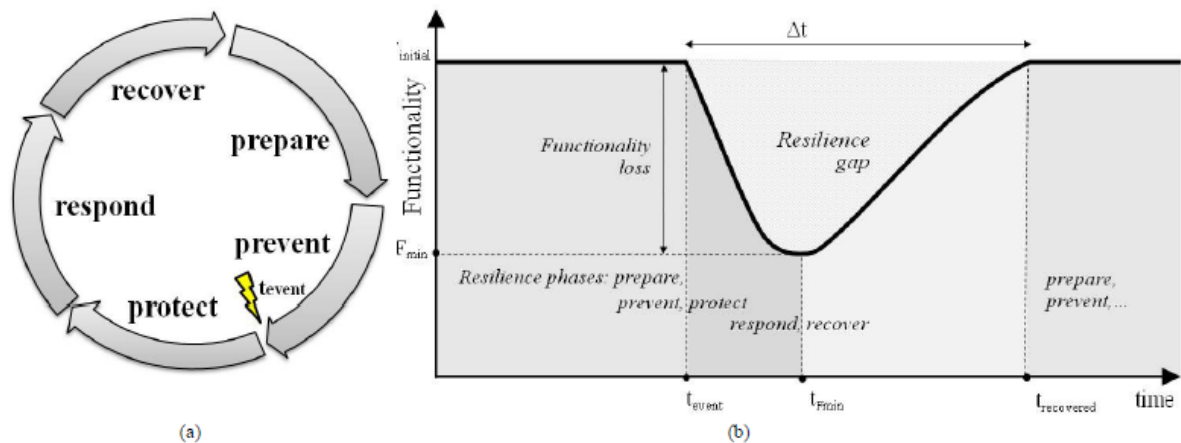
Ο λόγος που πραγματοποιείται όλη η αυτή η έρευνα γίνεται πρωτίστως για την διασφάλιση της υγείας των χρηστών της οδού, την καλή ποιότητα της υπηρεσία που προσφέρεται και την αύξηση της ανθεκτικότητας των υποδομών. Ειδικά όσον αφορά τη σημασία του σχεδιασμού ανθεκτικότητας απεικονίζεται αποτελεσματικά στο παρακάτω σχήμα, το οποίο επιχειρεί να απεικονίσει τα οφέλη της ενίσχυσης της ανθεκτικότητας στην υποδομή κατά την ανοικοδόμηση του της περιοχής «Christchurch» μετά τους σεισμούς του 2012. Δείχνει ότι η εξοικονόμηση πόρων από την ανθεκτικότητα θα πραγματοποιηθεί σε όλες τις φάσεις ενός ακραίου γεγονότος, συμπεριλαμβανομένης της αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης, αποκατάστασης, ανακατασκευής και βελτιώσεων. Συνεπώς, η ανθεκτικότητα δεν θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μόνο μετά από ένα καταστροφικό γεγονός, αλλά θα πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα στην ανάπτυξη του οδικού

δικτύου, εστιάζοντας στον σωστό σχεδιασμό μέσω της αξιολόγησης τρωτότητας στην κλιματική αλλαγή και αναπτύσσοντας τις σωστές τεχνικές προδιαγραφές με χρήση ανθεκτικότερων υλικών. (World Bank, 2017)



Εικόνα 30: Τα πλεονεκτήματα της αύξησης της ανθεκτικότητας (Πηγή: (World Bank, 2017))

Η ανθεκτικότητα ενός συστήματος μπορεί να αντιστοιχιστεί σε πέντε διαφορετικές διαδοχικές φάσεις (προετοιμασία, πρόληψη, προστασία, απόκριση και ανάκτηση) που αναπαριστούνται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 31: (α) Ο κύκλος της ανθεκτικότητας και (β) Ποσοτικοποίηση της ανθεκτικότητας σύμφωνα με τη λειτουργικότητα απώλεια του συστήματος (Πηγή: (Κ. Anastasiadou*, 2014))

Πίνακας 5: Πλαίσια για την προσαρμογή των μεταφορών στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: (Kai-Michael Griese, 2021)).

Όνομα	Περιεχόμενο
Blueprinting	Μια διαδικασία συνεργασίας που οι κάτοικοι μπορούν να συμμετέχουν σε έναν διαδραστικό διάλογο σχετικά με το μέλλον ανάπτυξη της πόλης της αστικής τους περιοχής
Δυναμικός Σχεδιασμός Προσαρμογής	Χρησιμοποιείται για να ξεπεραστούν τα μειονεκτήματα των υπάρχουσών μεθόδων αντιμετωπίζοντας τη βαθιά αβεβαιότητα
Οδικοί Χάρτες για Μέτρα Προσαρμογής Μεταφορών προς Κλιματική αλλαγή	Επανεξέταση μέτρων και πολιτικών προσαρμογής για τον τομέα των μεταφορών και αξιολόγησή τους μέσω σειράς δεικτών απόδοσης
Μοντέλο Τριών Πυλώνων (Τεχνολογία Διαχείρισης Πολιτικής)	Ανάλυση ευαισθησίας και κινδύνου που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του βασικού ορίου και την ποσοτικοποίηση των κινδύνων ως απάντηση στις απαιτήσεις σε επίπεδο διαχείρισης, πολιτικής και φυσικής υποδομής
Πάνελ της Νέας Υόρκης για την Κλιματική Αλλαγή – προσαρμογή πλαίσιο για αύξηση της στάθμης θάλασσας και ακραίες καιγιίδες	Χαρτογράφηση των κρίσιμων στοχευμένων υποδομών, κάνοντας αποτελεσματικές κλιματικές προβλέψεις και ανάπτυξη περιφερειακής προσέγγισης διαχείρισης κινδύνου για την προσαρμογή
Εργαλείο προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή για τις μεταφορές στις Μεσοατλαντικές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών	Χρησιμοποιήστε μια προσέγγιση θεωρητικής απόφασης για τον εντοπισμό της αβεβαιότητας και την αξιολόγηση των σεναρίων κλιματικής αλλαγής στον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό των μεταφορών
Διαχείριση Συστημάτων Προσαρμογής	Περιλαμβάνει την προβολή της πιθανής κλιματικής αλλαγής, τον εντοπισμό τρωτών σημείων, αναλύοντας στρατηγικές για την κλιματική αλλαγή από τη σκοπιά των μεταφορών
Χωροταξικός Σχεδιασμός	Χαρτογράφηση της παράκτιας πλημμύρας στην Ινδονησία μέσω ενός μοντέλου GIS και αναλύστε τις αλλαγές στη χρήση γης και εκτίμηση της έκθεσης σε ζημιά

2.9 Παγκόσμια Ομοσπονδία Οδών (PIARC)

Η οδική υποδομή είναι συνήθως σχεδιασμένη για να αντέχει τις τοπικές καιρικές συνθήκες και κλίμα. Ως εκ τούτου, οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί βασίζονται συνήθως σε ιστορικά αρχεία του κλίματος όταν σχεδιάζουν οδικές υποδομές. Ωστόσο, λόγω της κλιματικής αλλαγής, η χρήση ιστορικών κλιματικών δεδομένων από μόνη της δεν είναι πλέον αξιόπιστη πρόβλεψη των μελλοντικών επιπτώσεων. Οι περισσότερες οδικές υποδομές κατασκευάζονται τώρα για να διαρκέσουν για 50 χρόνια ή περισσότερο και η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μελλοντικές κλιματικές αλλαγές ενδέχεται να επηρεάσουν αυτήν την υποδομή είναι σημαντική για την προστασία των μακροπρόθεσμων επενδύσεων.

Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή είναι μια διαδικασία, η οποία θα πρέπει να ενσωματωθεί στις συνήθεις διαδικασίες σχεδιασμού και διαχείρισης κινδύνου. Ο επιτυχής μελλοντικός σχεδιασμός –

όχι μόνο η ανταπόκριση σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης– θα επιτρέψει να ληφθούν επενδυτικές αποφάσεις την κατάλληλη στιγμή, διασφαλίζοντας ότι θα συνεχίσει να παρέχει τα επίπεδα υπηρεσιών που αναμένουν οι ενδιαφερόμενοι φορείς και οι χρήστες του δικτύου της, τόσο τώρα όσο και στο μέλλον. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δεν πρέπει να εξετάζονται μεμονωμένα και θα πρέπει να αξιολογούνται και να αντιμετωπίζονται σε συνδυασμό με άλλους τύπους κινδύνου, για παράδειγμα από άλλους φυσικούς κινδύνους (όπως σεισμούς ή ρύπανση) ή κινδύνους που προκύπτουν από ανθρώπινη δραστηριότητα (όπως μετανάστευση ή τρομοκρατία), ως μια ολιστική προσέγγιση.

Η Παγκόσμια Ομοσπονδία Οδών²⁰ (World Road Association (PIARC)) εκπόνησε μελέτη με τίτλο «Διεθνές Πλαίσιο προσαρμογής των οδικών υποδομών στην κλιματική αλλαγή»²¹. Το πλαίσιο αυτό παρουσιάζει μια διαδικασία που απαρτίζεται από τέσσερα στάδια με στόχο την αύξηση της ανθεκτικότητας του οδικού δικτύου και της αξίας του και απευθύνεται:

1. Χώρες που έχουν ήδη εφαρμόσει πολιτικές και σχέδια για την αξιολόγηση και προετοιμασία των οδικών τους δικτύων για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και διαθέτουν τα δικά τους έγγραφα αναφοράς.
2. Χώρες σε λιγότερο προχωρημένο στάδιο ανάληψης δράσης για την αξιολόγηση και προετοιμασία των οδικών τους δικτύων για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.



Στάδιο 1 - Προσδιορισμός πεδίου εφαρμογής, μεταβλητών, κινδύνων και δεδομένων.

Στάδιο 2 - Εκτίμηση και ιεράρχηση των κινδύνων.

Σταδιο 3 Ανάπτυξη και επιλογή Αποκρίσεων και Στρατηγικών Προσαρμογής.

Στάδιο 4: Ενσωμάτωση ευρημάτων στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων

2.9.1 Στάδιο 1: Προσδιορισμός εμβέλειας, μεταβλητών, κινδύνων και δεδομένων

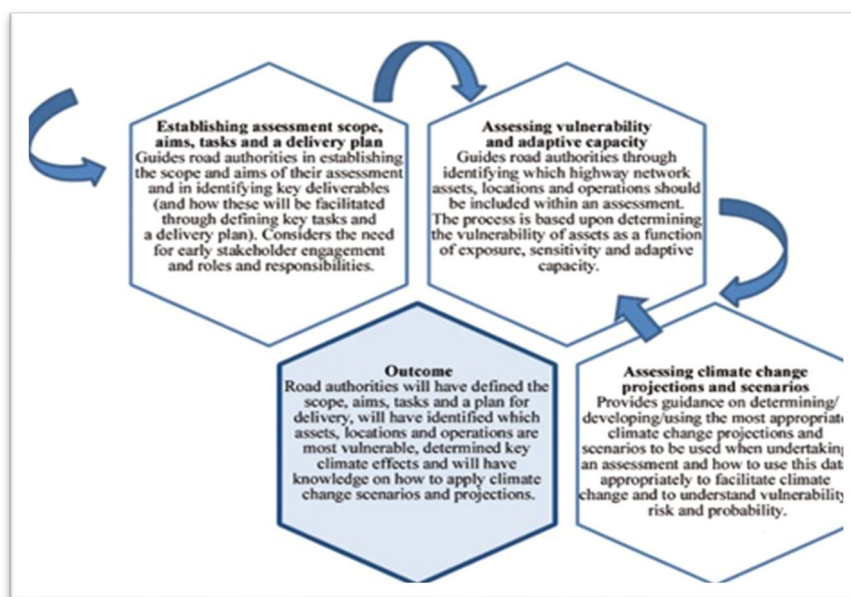
Προσδιορισμός εμβέλειας, μεταβλητών, κινδύνων και δεδομένων με έμφαση στα σενάρια κλιματικής αλλαγής για την εκάστοτε περιοχή και ανάλυση ευαισθησίας των οδικών πόρων στην κλιματική αλλαγή. Αναλυτικά το στάδιο 1 περιλαμβάνει τα παρακάτω:

²⁰ Είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που ιδρύθηκε το 1909 για να βελτιώσει τη διεθνή συνεργασία και να προωθήσει την πρόοδο στον τομέα των οδών και των οδικών μεταφορών

²¹ Ο πρωτότυπος τίτλος είναι «International Climate Change Adaptation Framework For Road Infrastructure»

- Καθορισμός του πεδίου και των στόχων της αξιολόγησης
- Καθορισμός βασικών εργασιών και σχεδίου παράδοσης
- Έγκαιρη διαβούλευση με τα ενδιαφερόμενα μέρη και καθορισμός ρόλων και ευθυνών
- Αξιολόγηση τρωτότητας
- Αξιολόγηση προσαρμοστικής ικανότητας
- Αξιολόγηση προβολών και σεναρίων για την κλιματική αλλαγή

Συνήθως, ο βασικός στόχος και η κινητήρια δύναμη πίσω από την παροχή οποιουδήποτε τύπου αξιολόγησης προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή είναι να διασφαλιστεί και να ενισχυθεί η ανθεκτικότητα ενός δικτύου από πλευράς υποδομών και από πλευρά λειτουργικότητας στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και των ακραίων καιρικών συνθηκών. Άλλοι βασικοί στόχοι είναι η στήριξη επίσημης πολιτικής προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή σε κεντρικό επίπεδο, καλό επίπεδο κατανόησης των κινδύνων της κλιματικής αλλαγής και της τρωτότητας του δικτύου στην κλιματική αλλαγή, ιεράρχηση του δικτύου σε σχέση με την τρωτότητά του και τις απαιτήσεις για προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, αιτιολόγηση οικονομικής στήριξη για την εκπόνηση και εφαρμογή των πολιτικών προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.



Εικόνα 32: Σχηματικό διάγραμμα του σταδίου 1 της διαδικασίας (Πηγή: (PIARC, 2015))

Η έκθεση αξιολόγησης θα πρέπει να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο τα εξής:

- ανάπτυξη κατανόησης της ευπάθειας του συνολικού συστήματος μεταφορών στην κλιματική αλλαγή σε πολύ γενικό επίπεδο.
- Προσδιορισμός των οδικών τμημάτων και υποδομών που είναι πιο ευάλωτα, μέσω ανασκόπησης των πρόσφατων επιπτώσεων ακραίων καιρικών φαινομένων και αξιολόγησης των μελλοντικών κλιματικών προβλέψεων και απειλών.

- αξιολόγηση της κλίμακας και του κόστους των κλιματικών επιπτώσεων.
- σχέδιο για την ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με δραστηριότητες για τη διαχείριση των κλιματικών κινδύνων
- τον εντοπισμό πιθανών αλλαγών σε ολόκληρο τον τομέα ή/και στρατηγικές αλλαγές που θα απαιτηθούν.
- Προώθηση συντονισμένων προγραμμάτων εργασίας για τις επιπτώσεις και την προσαρμογή σε εθνικό επίπεδο, σε συνεργασία με ενδιαφερόμενα μέρη και άλλους ερευνητές σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο.
- παροχή πληροφοριών για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο μέσω συντονισμού, ολοκλήρωσης, σύνθεσης και επικοινωνίας της έρευνας.

Μόλις ο αρμόδιος φορέας κάνει το πρώτο βήμα για να καθορίσει τα σημεία ενδιαφέροντος από άποψη υποδομών και/ή τις τοποθεσίες που θα συμπεριληφθούν σε μια αξιολόγηση (για παράδειγμα, μόνο κρίσιμες υποδομές, όλα τις υποδομές που βρίσκονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή κ.λπ.), ακολουθεί η αξιολόγηση, η οποία περιλαμβάνει:

- υπάρχοντα επίπεδα έκθεσης σε κλιματικές συνθήκες– με βάση ιστορικά και πρόσφατα γεγονότα και παρατηρήσεις, τοπικές και τεχνικές γνώσεις και υπάρχουσα έρευνα. και/ή,
- αναμενόμενα μελλοντικά επίπεδα έκθεσης σε διαφορετικές επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής, τα οποία μπορούν να ενημερωθούν από μια ανάλυση των προβλέψεων για την κλιματική αλλαγή (Αξιολόγηση προβολών και σεναρίων για την κλιματική αλλαγή).

Ο Πίνακας 1, δείχνει πώς μπορεί να καταγραφεί η έκθεση υποδομών/τοποθεσιών. Η έκθεση μπορεί να βαθμολογηθεί ως εξής:

- X = Καμία ή αμελητέα έκθεση τώρα ή/και στο μέλλον
- 1 = Χαμηλή έκθεση τώρα ή/και στο μέλλον
- 2 = Μέση έκθεση τώρα ή/και στο μέλλον
- 3 = Υψηλή έκθεση τώρα ή/και στο μέλλον

Πίνακας 6: Πίνακας έκθεσης στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: (PIARC, 2015)).

Πίνακας έκθεσης						
	Υπερβολική ζέστη	Μέση ζέστη	Ξηρασία	Μέση βροχόπτωση	Καταιγίδες/ υπερβολική βροχόπτωση	Αύξηση στάθμης θάλασσας
Υποδομή / Τοποθεσία/ Επιχείριση Α						
Υποδομή / Τοποθεσία/ Επιχείριση Β						

Πίνακας 7: Πίνακας με την κλίμακα ευαισθησίας (Πηγή: (PIARC, 2015)).

Πίνακας Ευαισθησίας		
Επίπεδο		Περιγραφή του επιπέδου ευαισθησίας στις υποδομές
3	Υψηλό	Μόνιμη ή εκτεταμένη βλάβη που απαιτεί εκτεταμένη επισκευή
2	Μέτριο	Εκτεταμένες ζημιές στις υποδομές και διακοπή των υπηρεσιών που απαιτούν μέτριες επισκευές. Μερικές ζημιές σε τοπικές υποδομές.
1	Χαμηλό	Τοπική διακοπή της υπηρεσίας υποδομής. Χωρίς μόνιμη ζημιά. Απαιτούνται κάποιες μικρές εργασίες αποκατάστασης.
0	Αμελητέο	Καμία διακοπή στις υπηρεσίες ή ζημιά υποδομής.

2.9.1.2 Τρωτότητα

Εάν μια οδική αρχή επιθυμεί να ποσοτικοποιήσει το επίπεδο τρωτότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες κατηγορίες:

- Εξαιρετική ευπάθεια: Το δίκτυο ή το στοιχείο είναι εξαιρετικά ευάλωτο, θα απαιτηθεί άμεση προσαρμογή ή/και μετριασμός για την αποφυγή απώλειας.
- Υψηλή ευπάθεια: Το δίκτυο ή το στοιχείο είναι εξαιρετικά ευάλωτο. Θα απαιτηθεί προσαρμογή ή/και μετριασμός για την αποφυγή απώλειας.
- Μεσαία ευπάθεια: Το δίκτυο ή το στοιχείο είναι μετρίως ευάλωτο, θα απαιτηθεί προσαρμογή ή/και μετριασμός για την αποφυγή ζημιών.
- Χαμηλή ευπάθεια: Το δίκτυο ή το στοιχείο είναι λιγότερο ευάλωτο, προσαρμογή ή/και μετριασμός θα ήταν ωφέλιμο.
- Πολύ χαμηλή ευπάθεια: Το δίκτυο ή το στοιχείο δεν είναι ευάλωτο, η προσαρμογή ή/και ο μετριασμός είναι πολύ απίθανο να είναι απαραίτητη.

Πίνακας 8: Πίνακας Τρωτότητας (Πηγή: (PIARC, 2015)).

Πίνακας τρωτότητας			
Έκθεση	Ευαισθησία		
	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλό
Υψηλό	4 (Μέτριο)	5 (Υψηλό)	6 (Πολύ Υψηλό)
Μέτριο	3 (Χαμηλό)	4 (Μέτριο)	5 (Υψηλό)
Χαμηλό	2 (Πολύ Χαμηλό)	3 (Χαμηλό)	4 (Μέτριο)

2.9.1.3 Εκτίμηση ικανότητας προσαρμογής

Είναι πιθανό ότι τα δίκτυα, οι υποδομές και οι λειτουργίες να έχουν ήδη ένα ορισμένο επίπεδο προσαρμοστικής ικανότητας και θα είναι σε θέση να φιλοξενήσουν τις προβλεπόμενες κλιματικές αλλαγές σε διάφορους βαθμούς. Τα κοινά χαρακτηριστικά ενός στοιχείου της οδικής υποδομής,

τοποθεσίας και/ή λειτουργίας που υποδεικνύουν ισχυρή προσαρμοστική ικανότητα περιλαμβάνουν:

- Επισκευή: Η δυνατότητα γρήγορης επιδιόρθωσης ζημιών.
- Πλεονασμός: Σχετίζεται με την ύπαρξη εναλλακτικών διαδρομών μεταφοράς που επιτρέπουν την πρόσβαση σε προορισμούς που διαφορετικά θα ήταν απρόσιτοι ως αποτέλεσμα του προσωρινού/μόνιμου κλεισίματος των αυτοκινητοδρόμων.
- Ανθεκτικότητα: Ικανότητα άμεσης προσαρμογής σε βραχυπρόθεσμα κλιματικά γεγονότα (όπως βροχοπτώσεις- σχετικές πλημμύρες) προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι διαταραχές στα ενδιαφερόμενα μέρη του δικτύου.

Και πάλι υπάρχει μία κλίμακα αξιολόγησης πολύ καλή ικανότητα προσαρμογής μέχρι πολύ κακή ικανότητα προσαρμογής

- πολύ υψηλή προσαρμοστική ικανότητα: Η προσαρμοστική ικανότητα περιουσιακών στοιχείων, τοποθεσιών και λειτουργιών είναι πολύ υψηλή. Σχεδόν όλα τα περιουσιακά στοιχεία, οι τοποθεσίες και οι λειτουργίες θα είναι σε θέση να προσαρμοστούν στις κλιματικές επιπτώσεις μεσομακροπρόθεσμα (όπως ορίζεται από το πεδίο αξιολόγησης μιας οδικής αρχής).
- υψηλή προσαρμοστική ικανότητα: Η προσαρμοστική ικανότητα περιουσιακών στοιχείων, τοποθεσιών και λειτουργιών είναι υψηλή. Τα περισσότερα περιουσιακά στοιχεία, τοποθεσίες και λειτουργίες θα είναι σε θέση να προσαρμοστούν στις κλιματικές επιπτώσεις μεσοπρόθεσμα (όπως ορίζεται από το πεδίο αξιολόγησης μιας οδικής αρχής).
- μέτρια προσαρμοστική χωρητικότητα: Η προσαρμοστική ικανότητα περιουσιακών στοιχείων, τοποθεσιών και λειτουργιών είναι μέτρια. Ορισμένα περιουσιακά στοιχεία, τοποθεσίες και λειτουργίες θα είναι σε θέση να προσαρμοστούν στις κλιματικές επιπτώσεις μεσοπρόθεσμα (όπως ορίζεται από το πεδίο αξιολόγησης μιας οδικής αρχής), ενώ άλλα θα δυσκολεύονται να το επιτύχουν.
- χαμηλή προσαρμοστική χωρητικότητα: Η προσαρμοστική χωρητικότητα των περιουσιακών στοιχείων, τοποθεσιών και λειτουργιών είναι χαμηλή. Είναι απίθανο τα περιουσιακά στοιχεία, οι τοποθεσίες ή οι λειτουργίες να μπορούν να προσαρμοστούν στις προβλεπόμενες κλιματικές αλλαγές ακόμη και βραχυπρόθεσμα.
- πολύ χαμηλή προσαρμοστική ικανότητα: Η προσαρμοστική ικανότητα περιουσιακών στοιχείων, τοποθεσιών και λειτουργιών είναι πολύ χαμηλή. Είναι πολύ απίθανο τα περιουσιακά στοιχεία, οι τοποθεσίες ή οι λειτουργίες να μπορούν να προσαρμοστούν στις προβλεπόμενες κλιματικές αλλαγές ακόμη και βραχυπρόθεσμα.

2.9.1.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Οι ακόλουθες ενότητες παρέχουν οδηγίες σχετικά με:

- χρήση της γεωγραφικής θέσης για τον προσδιορισμό βασικών τύπων κλιματικής αλλαγής.
- χρήση των υφιστάμενων δεδομένων και στοιχείων για τις προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή για τον προσδιορισμό των μελλοντικών συνθηκών.

- ανάπτυξη σεναρίων και προβλέψεων για την αλλαγή του κλίματος όπου αυτές οι πληροφορίες δεν υπάρχουν ήδη.

Οι γεωγραφικοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον προσδιορισμό των μελλοντικών τύπων κινδύνου για την κλιματική αλλαγή περιλαμβάνουν, αλλά δεν περιορίζονται σε:

- παρουσία υδάτινων σωμάτων: Για παράδειγμα, οι παράκτιες περιοχές είναι πιο πιθανό να εξετάσουν την άνοδο της στάθμης της θάλασσας από τις περιοχές της ενδοχώρας.
- υψόμετρο: Οι περιοχές σε υψηλότερα υψόμετρα μπορεί να ενδιαφέρονται περισσότερο για ακραία καιρικά φαινόμενα όπως υψηλές ταχύτητες ανέμου και αυξημένα επίπεδα βροχοπτώσεων που σχετίζονται με αυξημένη συχνότητα και μέγεθος καταιγίδων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή.
- χρήσεις γης: Οι περιοχές που είναι έντονα αστικοποιημένες μπορεί να επικεντρώνονται σε ζημιές στα αποχετευτικά συστήματα αυτοκινητοδρόμων και στα υφάσματα δρόμων και πεζοδρομίων, ενώ περισσότερες αγροτικές περιοχές μπορεί να ενδιαφέρονται για την πρόσβαση και την υπερβολική εξάρτηση από οδικές κατασκευές ως αποτέλεσμα της έλλειψης πλεονασμού.
- τοπογραφία: Η τοπογραφία είναι πιθανό να αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τις εθνικές οδικές αρχές, ιδίως όσον αφορά την υπερβολική απορροή των επιφανειακών υδάτων που σχετίζονται με πλημμύρες που επιδεινώνονται από την κλιματική αλλαγή.
- έδαφος και γεωλογία: Αυτό θα ληφθεί υπόψη για τις αρχές που έχουν εμπειρία στο παρελθόν κατολισθήσεις και θα αποτελέσουν παράγοντα κινδύνου πλημμύρας και,
- προσβασιμότητα: Ορισμένες γεωγραφικές τοποθεσίες ενδέχεται να έχουν κακή πρόσβαση ή/και συγκοινωνιακές συνδέσεις που μπορεί να επηρεαστούν περαιτέρω και να περιοριστούν από κλιματικές μεταβλητές, όπως ακραία καιρικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένων των πλημμυρών.

2.9.2 Στάδιο 2: Εκτίμηση και ιεράρχηση των κινδύνων

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει ανάλυση τρωτότητας που πραγματοποιήθηκε για τον εντοπισμό κρίσιμων στοιχείων της οδικής υποδομής.

- Εκτίμηση της πιθανότητας επιπτώσεων
- Εκτίμηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων
- Καθιέρωση βαθμολογιών κινδύνου

Για τους σκοπούς αυτού του πλαισίου, ο κίνδυνος θεωρείται ότι είναι συνάρτηση πιθανότητας και σοβαρότητας εκδήλωσης ενός φαινομένου.

Πίνακας 9: Βαθμολογία της πιθανότητας επίδρασης (Πηγή: (PIARC, 2015)).

Πιθανότητα επίδρασης	Περιγραφή	Πόντοι
Σχεδόν σίγουρο	Πιο πιθανό να συμβεί παρά όχι (πιθανότητα κοντά στο 100%)	5
Πιθανό	Αρκετά πιθανό να συμβεί (πιθανότητα μεγαλύτερη από 50%)	4
Απίθανο	Πιθανό μπορεί να συμβεί (πιθανότητα μικρότερη από 50%)	3
Σπάνιο	Χαμηλό, αλλά όχι αδύνατο (χαμηλό, αλλά αισθητά μεγαλύτερο από το μηδέν)	2
Σχεδόν αδύνατο	Πολύ χαμηλό, κοντά στο μηδέν	1

Πίνακας 10: Παραδείγματα κλίμακας σοβαρότητας επιπτώσεων(Πηγή: (PIARC, 2015)).

Κριτήρια	1 (Πολύ χαμηλό)	2 (Χαμηλό)	3 (Μέτριο)	4 (Υψηλό)	5 (Πολύ Υψηλό)
Πληθυσμός και κοινότητες	Λιγότερο από το 1% του πληθυσμού επηρεάστηκε	Μεταξύ 1-2% του πληθυσμού επηρεάστηκε	Μεταξύ 2-5% του πληθυσμού επηρεάστηκε	Μεταξύ 5-10% του πληθυσμού επηρεάστηκε	Πάνω από το 10% του πληθυσμού επηρεάστηκε
Οικονομική επίδραση	Λιγότερο από \$1 εκατ.	Μεταξύ \$1-2 εκατ.	Μεταξύ \$2-5 εκατ.	Μεταξύ \$5-10 εκατ.	Πάνω από \$10 εκατ.
Άτομα και εργαζόμενοι	Επηρεάζονται εργαζόμενοι σε τοπικά έργα	Επηρεάζονται οι εργαζόμενοι σε ένα μεγάλο γραφείο	Εργαζόμενοι σε μια λειτουργία που επηρεάζεται (π.χ. στη συντήρηση)	Επηρεάζονται εργαζόμενοι σε μια Επιχειρηματική Μονάδα	Όλοι οι εργαζόμενοι επηρεάζονται
Κοινωνία	Τοπική διακοπή βασικών υπηρεσιών, κοινωνικών πρακτικών και εκδηλώσεων	Περιφερειακή διακοπή βασικών υπηρεσιών, κοινωνικών πρακτικών και εκδηλώσεων	Περιφερειακή διακοπή βασικών υπηρεσιών, κοινωνικών πρακτικών και εκδηλώσεων	Εθνική διακοπή βασικών υπηρεσιών, κοινωνικών πρακτικών και εκδηλώσεων	Διεθνής διακοπή βασικών υπηρεσιών, κοινωνικών πρακτικών και εκδηλώσεων
Ενδιαφερόμενα μέρη και Εφοδιαστική Αλυσίδα	Ένα ενδιαφερόμενο μέρος ή στοιχείο της εφοδιαστικής αλυσίδας επηρεάζεται	Επηρεάζονται περισσότεροι από ένας ενδιαφερόμενοι ή στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας	Επηρεάζεται μια ομάδα ενδιαφερομένων ή στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας	Επηρεάζονται περισσότερες από μία ομάδες ενδιαφερομένων ή στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας	Επηρεάζονται όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη ή τα στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας

2.9.2.1 Εκτίμηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων

Η σοβαρότητα των επιπτώσεων σχετίζεται με τη σοβαρότητα του φαινομένου (όπως πλημμύρα δρόμου, ζημιά από θερμότητα σε γέφυρα, κατολίσθηση σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία κ.λπ.) εάν επρόκειτο να πραγματοποιηθεί, ανεξάρτητα από την πιθανότητα εμφάνισης. Η σοβαρότητα αξιολογείται από τον χρήστη με βάση τη γνώση, την εκτίμηση και τα στοιχεία παρόμοιων γεγονότων του παρελθόντος (σε παρόμοια κλίμακα, στο ίδιο παρόμοιο περιουσιακό στοιχείο ή στην ίδια ή παρόμοια τοποθεσία). Τα κριτήρια σοβαρότητας θα πρέπει να προσαρμόζονται σύμφωνα με τις τοπικές ανάγκες και προτεραιότητες.

Πίνακας 11: Πίνακας βαθμολογίας κινδύνου (Πηγή: (PIARC, 2015)).

Πιθανότητα	Σοβαρότητα				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Πίνακας 12: Κατηγορίες κινδύνου και απόκριση (Πηγή: (PIARC, 2015)).

Πολύ Υψηλό ≥ 20	<ul style="list-style-type: none"> • Οι ακραίοι κίνδυνοι απαιτούν επείγουσα προσοχή στο ανώτερο επίπεδο και δεν μπορούν απλώς να γίνουν αποδεκτοί ως μέρος συνήθων εργασιών χωρίς εκτελεστική κύρωση. • Αυτοί οι κίνδυνοι δεν είναι αποδεκτοί χωρίς θεραπεία.
Υψηλό ≥ 12	<ul style="list-style-type: none"> • Οι υψηλοί κίνδυνοι είναι οι πιο σοβαροί που μπορούν να γίνουν αποδεκτοί ως μέρος των εργασιών ρουτίνας χωρίς εκτελεστική κύρωση, αλλά πρέπει να είναι ευθύνη της πιο ανώτερης επιχειρησιακής διοίκησης και να αναφέρονται σε εκτελεστικό επίπεδο. • Αυτοί οι κίνδυνοι δεν είναι αποδεκτοί χωρίς θεραπεία.
Μέτριο ≥ 5	<ul style="list-style-type: none"> • Οι μεσαίοι κίνδυνοι αναμένεται να αποτελούν μέρος των εργασιών ρουτίνας, αλλά θα ανατεθούν ρητά σε σχετικά διευθυντικά στελέχη για δράση, θα διατηρηθούν υπό εξέταση και θα αναφέρονται σε επίπεδο ανώτατων στελεχών. • Αυτοί οι κίνδυνοι είναι πιθανώς αποδεκτοί χωρίς αντιμετώπιση
Χαμηλό < 5	<ul style="list-style-type: none"> • Οι χαμηλοί κίνδυνοι θα διατηρηθούν υπό επανεξέταση, αλλά αναμένεται ότι οι υπάρχοντες έλεγχοι θα είναι επαρκείς και δεν θα απαιτηθούν περαιτέρω ενέργειες για την αντιμετώπισή τους εκτός εάν γίνουν πιο σοβαροί. • Αυτοί οι κίνδυνοι μπορούν να γίνουν αποδεκτοί χωρίς αντιμετώπιση.

Η συνολική βαθμολογία σοβαρότητας θα πρέπει να είναι αυτή που αντιστοιχεί στο κριτήριο με την υψηλότερη βαθμολογία. Έτσι, για παράδειγμα, εάν το κριτήριο της Υπηρεσίας βαθμολογείται ως 5 (Πολύ Υψηλό) και όλα τα άλλα κριτήρια βαθμολογούνται ως 4 (Υψηλό), τότε η συνολική Βαθμολογία Σοβαρότητας θα πρέπει να είναι 5 (Πολύ Υψηλή).

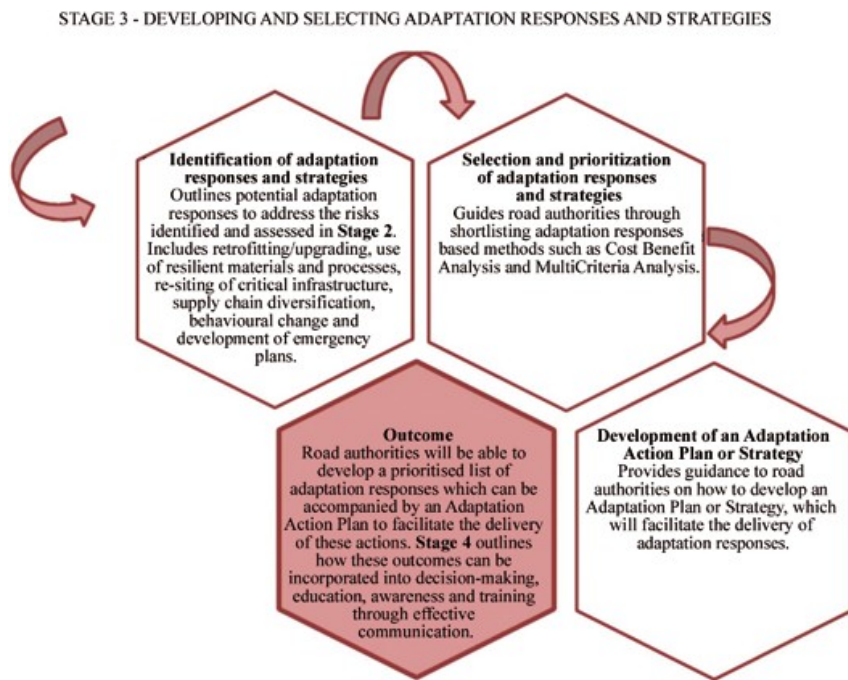
Συνιστάται να καταγράφονται οι λόγοι για την επιλογή του βασικού κριτηρίου (π.χ. Τιμή Πολύ υψηλή). Αυτό μπορεί να βασίζεται, για παράδειγμα, σε πληροφορίες σχετικά με το κόστος

παρόμοιων ακραίων καιρικών φαινομένων στο παρελθόν ή σε γνώση σχετικά με το δυνητικό μέγεθος του πληθυσμού που επηρεάζεται σε περίπτωση που ο κίνδυνος γίνει αντιληπτός κ.λπ.

2.9.3 Στάδιο 3: Ανάπτυξη και επιλογή Αποκρίσεων και Στρατηγικών Προσαρμογής

Αυτό το στάδιο περιγράφει τον προσδιορισμό, την επιλογή και την ιεράρχηση των απαντήσεων προσαρμογής που προσδιορίζονται στα προηγούμενα στάδια.

- Προσδιορισμός απαντήσεων και ευκαιριών προσαρμογής
- Επιλογή και ιεράρχηση των απαντήσεων και ευκαιριών προσαρμογής
- Ανάπτυξη Σχεδίου Δράσης ή Στρατηγικής Προσαρμογής



Εικόνα 34: Σχηματικό διάγραμμα του σταδίου 3 της διαδικασίας (Πηγή: (PIARC, 2015))

Μέτρα και αντιδράσεις προσαρμογής που μπορούν να ληφθούν για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο οδικό δίκτυο παρουσιάζεται παρακάτω:

Άνοδος της στάθμης της θάλασσας και καταιγίδες

- Χρήση κατάλληλων δομικών υλικών και παροχή πλευρικής προστασίας
- Ανύψωση επιπέδων δρόμων και πεζοδρομίων
- Κατασκευή τραπεζών εισφορών με αποχετευτικά τοιχώματα
- Αναδιάταξη του δρόμου

- Συμπεριλαμβάνονται πρόσθετα διαμήκη και εγκάρσια συστήματα αποχέτευσης
- Κατασκευή θαλάσσιων τοιχωμάτων, προβλητών, κυματοθραυστών, βουβωνικών χωρών, αυλακώσεων για την προστασία των ακτών από διάβρωση και βύθιση των ακτών
- Φύτευση τεχνητών υφάλων
- Αντικατάσταση μεταλλικών οχετών με σπλισμένο σκυρόδεμα
- Ανάπτυξη ή ενίσχυση σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας
- Επανεγκατάσταση ζωτικής σημασίας υποδομών από περιοχές που προβλέπεται να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας
- Ανάπτυξη ακτοπλοϊκής στρατηγικής που προσδιορίζει την καταλληλότερη διαχείριση της ακτογραμμής σχέδιο και εάν απαιτούνται/χρειάζεται διαχείριση/χρειάζεται εφαρμογή κ.λπ. άμυνες ακτών.

Μείωση των βροχοπτώσεων και αυξημένη ξηρασία

- Χρήση εύκαμπτων κατασκευών οδοστρώματος
- Αύξηση της ικανότητας κατακράτησης νερού και επιβράδυνση της διείσδυσης μέσω περιβαλλοντικών μέτρων και συστημάτων βιοκατακράτησης για την επαναφόρτιση των υδροφορέων και τη μείωση της επιφανειακής απορροής
- Αναβλάστηση με είδη ανθεκτικά στην ξηρασία
- Χρησιμοποιώντας κουβέρτες ματ/διαβρωτικής προστασίας
- Εφαρμογή κοκκώδους προστασίας
- Εξασφάλιση επιλογής υλικών με υψηλή αντοχή σε ξηρές συνθήκες
- Εφαρμογή ενός αντιδραστικού καθεστώτος τοπίου και συντήρησης που να επιτρέπει τη μειωμένη βροχόπτωση
- Διατήρηση των επιπέδων υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων του εδάφους

Αύξηση βροχοπτώσεων:

- Εφαρμογή συντελεστή ασφαλείας στους υπολογισμούς κατά το σχεδιασμό
- Μείωση της κλίσης των σημείων ενδιαφέροντος (οδόστρωμα, τάφος, πρανές)
- Αύξηση μεγέθους και αριθμού τεχνικών κατασκευών (υδραυλικές κατασκευές, υψηλές διαβάσεις ποταμών)
- Αύξηση της ικανότητας κατακράτησης νερού και αργή διείσδυση μέσω φυσικών ή βιομηχανικών συστημάτων
- Ανύψωση πεζοδρομίων και προσθήκη πρόσθετης ικανότητας αποστράγγισης

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

- Χρήση συστημάτων δέσμευσης και αποθήκευσης νερού
- Χρήση υλικών που επηρεάζονται λιγότερο από το νερό
- Δυνατότητα εναλλακτικών διαδρομών σε περίπτωση κλειστού δρόμου
- Σχέδιο αποχέτευσης αυτοκινητόδρομου
- Χαρτογράφηση πλημμυρικών σημείων
- Ενημερωμένα πρότυπων σχεδιασμού για συστήματα αποχέτευσης
- Παραγωγή Σχεδίων Διαχείρισης Επιφανειακών Υδάτων, Τοπικών Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας κ.λπ.
- Μέθοδοι ελέγχου πρόληψης της ρύπανσης λόγω αυξημένων όγκων διάχυτης ρύπανσης που προκύπτει από αυξημένη απορροή
- Εφαρμογή/διεύρυνση συστημάτων προειδοποίησης έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση πλημμύρας
- Βελτιωμένες μέθοδοι επικοινωνίας για τους χρήστες του δικτύου σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης
- Βελτιωμένη κάλυψη του οδοφωτισμού λόγω μειωμένης ορατότητας
- Μελέτες ευστάθειας πρανών σε μια προσπάθεια ελαχιστοποίησης των κατολισθήσεων ως αποτέλεσμα της αυξημένης βροχόπτωσης
- Μέτρα για την ενίσχυση της σταθερότητας των πρανών και την πρόληψη κατολισθήσεων και πτώσης βράχων
- Τεχνικές απομάκρυνσης της υγρασίας του εδάφους για την πρόληψη της υποβάθμισης της δομικής ακεραιότητας δρόμων, γεφυρών και σηράγγων

Αυξημένη ισχύς ανέμου:

- Τροποποίηση σχεδίασης στηρίξεων και αγκυρώσεων
- Εγκατάσταση συστημάτων προστασίας όπως ανεμοφράκτες
- Φύτευση κατάλληλης βλάστησης
- Αυξημένη συχνότητα ελέγχου και εργασιών συντήρησης
- Βελτιωμένα συστήματα επικοινωνίας και προειδοποιήσεις για τους χρήστες του δικτύου
- Στατική εκτίμηση γεφυρών σήμανσης, πινακίδων και ψηλών κατασκευών

Αυξημένες θερμοκρασίες:

- Χρήση πιο ανθεκτικών υλικών και διεργασιών που έχουν θερμοανθεκτικές ιδιότητες
- Ανάπτυξη και εφαρμογή σχεδίων έκτακτης ανάγκης και ανθεκτικότητας και αλλαγές στις εργασιακές πρακτικές και πολιτικές

- Οι βελτιωμένες συνθήκες για τη βλαστική ανάπτυξη ενδέχεται να απαιτούν αυξημένο επίπεδο διαχείρισης
- Αυξημένη χρήση υλικών ανθεκτικών στη θερμότητα και τη φωτιά
- Βελτιωμένη κάλυψη του πυροσβεστικού εξοπλισμού
- Ενισχυμένη ψύξη και αερισμός ηλεκτρικού εξοπλισμού
- Χρήση αντιδιαβρωτικής βαφής λόγω αύξησης των επιφανειακών αλάτων σε ορισμένες τοποθεσίες
- Διατήρηση των επιπέδων υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων του εδάφους

Αλλαγές σε χιονοπτώσεις, μόνιμο παγετό και κάλυψη πάγου:

- Μελέτες ευστάθειας του εδάφους
- Παραγωγή Σχεδίων Διαχείρισης Επιφανειακών Υδάτων, Τοπικών Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας κ.λπ.
- Ανάπτυξη και εφαρμογή σχεδίων έκτακτης ανάγκης και ανθεκτικότητας και αλλαγές στις εργασιακές πρακτικές και πολιτικές
- Εξαγωγή θερμότητας με χρήση μεταφοράς αέρα σε επιχώματα σε μόνιμο πάγο (αυτό περιλαμβάνει ψύξη

αναχώματα σε μια προσπάθεια διατήρησης ή ψύξης των συνθηκών παγωμένου εδάφους)

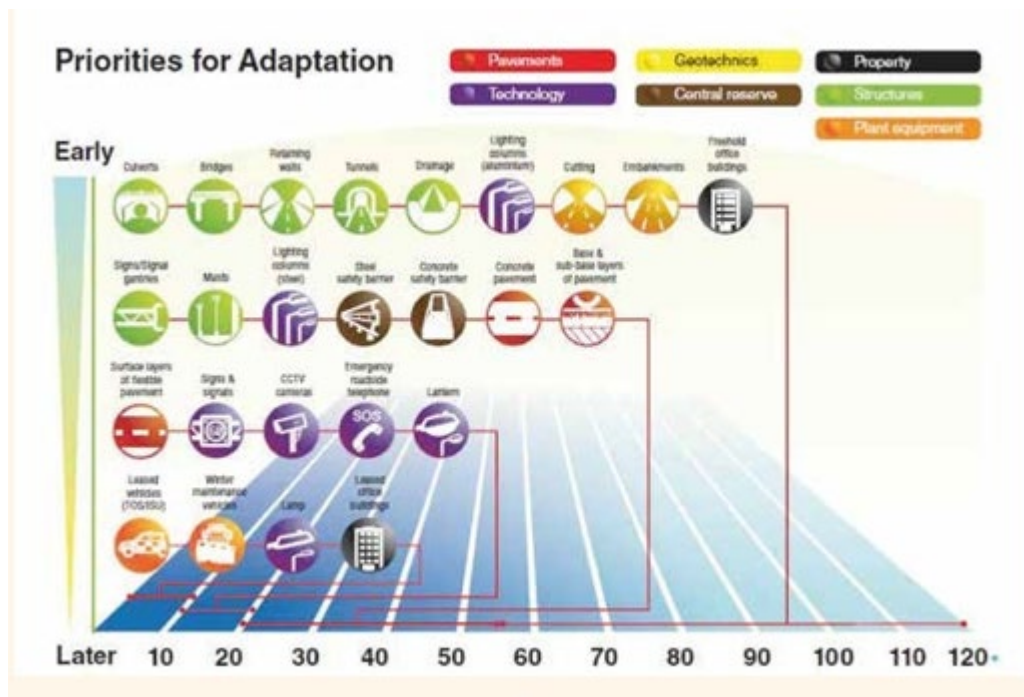
- Χρήση αποστράγγισης θερμότητας για τη διευκόλυνση της εξαγωγής θερμότητας από το ανάχωμα κατά τη διάρκεια του χειμώνα
- Τεχνικές σταθεροποίησης του εδάφους που χρησιμοποιούνται για τη μείωση της δράσης του παγετού σε υπόβαθρα εδάφη
- Χρήση υλικών με υψηλή επιφανειακή ηλιακή ανακλαστικότητα προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί μεταφορά χαμηλής θερμοκρασίας στο υποκείμενο υπόστρωμα
- Δομική αξιολόγηση της ακεραιότητας του δρόμου και της κατασκευής ως αποτέλεσμα καθίζησης και εξασθένησης ως αποτέλεσμα της απόψυξης του μόνιμου παγετού

Πρότυπες παρεμβάσεις τις υποδομές του οδικού δικτύου σε επίπεδο σχεδιασμού είναι οι εξής:

- **Υπόγειες συνθήκες:** Ο τύπος, η αντοχή και η προστασία των υπόγειων συνθηκών και υλικών ενδέχεται να πρέπει να αυξηθούν για να ελεγχθεί και να αποτραπεί ο κορεσμός του εδάφους από την καταστροφή των υποδομών. Η σύνθεση των υπόγειων υλικών μπορεί να προσαρμοστεί για να ληφθούν υπόψη οι μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες. Η διαθεσιμότητα νερού για συμπύκνωση κατά τη διάρκεια της κατασκευής μπορεί να είναι ένα ζήτημα σε ορισμένες περιοχές όπου η βροχόπτωση προβλέπεται να μειωθεί. Η τήξη του μόνιμου παγετού μπορεί επίσης να είναι ένας κρίσιμος παράγοντας σε ορισμένες χώρες.

- **Προδιαγραφές υλικών:** Η αντοχή των υλικών μπορεί να πρέπει να αυξηθεί για να αντέχει σε αυξημένη ή μειωμένη περιεκτικότητα σε υγρασία. Η προστασία αυτών των υλικών μπορεί να χρειαστεί να βελτιωθεί για να διατηρηθεί η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της κατασκευής ή μπορεί να χρειαστεί να χρησιμοποιηθούν άλλα υλικά. Για παράδειγμα, λόγω της αυξημένης αλατότητας, οι χαλύβδινες ενισχύσεις και οι οχετοί μπορούν να αντικατασταθούν με λιγότερο διαβρωτικά υλικά.
- **Διατομή και τυπικές διαστάσεις:** Για παράδειγμα, τα πρότυπα μπορεί να χρειαστεί να αναθεωρηθούν για να αυξηθεί η κλίση του οδοστρώματος σε περιοχές όπου μπορεί κανείς να αναμένει ότι χρειάζεται να αφαιρεθεί περισσότερο νερό από το δρόμο. Ομοίως, τα πρότυπα (ή κατευθυντήριες γραμμές) που σχετίζονται με τα υψόμετρα των δρόμων ή την κατακόρυφη απόσταση των γεφυρών πάνω από πλωτές οδούς ενδέχεται να πρέπει να αναθεωρηθούν προς τα πάνω για να αντέχουν σε πιο ακραίες συνθήκες πλημμύρας.
- **Αποχέτευση και διάβρωση:** Πρέπει να δοθεί προσοχή σε τυπικούς σχεδιασμούς που σχετίζονται με συστήματα αποχέτευσης, ανοιχτά κανάλια, σωλήνες και οχετούς ώστε να αντικατοπτρίζονται οι αλλαγές στη μελλοντική αναμενόμενη απορροή ή ροή νερού. Περαιτέρω, μπορεί να είναι σκόπιμο να συμπεριληφθεί διάταξη για τη χρήση πλεονάζοντος νερού αποστράγγισης για οικιακούς ή αρδευτικούς σκοπούς.
- **Κατασκευές προστασίας:** Οι προστατευτικές κατασκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αποτρέψουν την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και τις καταιγίδες. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν αναχώματα, θαλάσσια τοιχώματα, βραχώδεις ποδιές, συστήματα κυματοθραύστη και άλλες κατασκευές. Τοίχοι αντιστήριξης μπορούν επίσης να σχεδιαστούν για περιοχές όπου η γη και οι κατολισθήσεις λάσπης αυξάνονται, με την ίδια προειδοποίηση ότι η μείωση των αιτιών τέτοιων γεγονότων στην πρώτη θέση μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική.
- **Συμβάσεις συντήρησης και έγκαιρη προειδοποίηση:** Για υποδομές που έχουν ήδη τεθεί σε εφαρμογή, η αύξηση των προϋπολογισμών έκτακτης ανάγκης συντήρησης σε περιοχές όπου οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι έντονες θα επιτρέψει την εντατική εποπτεία και παρακολούθηση των πιο ευάλωτων περιοχών. Τα συστήματα σχεδιασμού συντήρησης μπορούν να περιλαμβάνουν συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για την πρόβλεψη ακραίων γεγονότων, έτσι ώστε τα πληρώματα και οι εργολάβοι να μπορούν να προετοιμαστούν για ένα επερχόμενο γεγονός υψηλής βροχόπτωσης και πιθανές κατολισθήσεις.
- **Επανασχεδιασμός των χρήσεων γης:** Επανασχεδιασμών των χρήσεων γης και του οδικού ώστε να αποφεύγονται περιοχές με υψηλό κίνδυνο καταστροφών εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Για παράδειγμα, η θέση των παράκτιων υποδομών σε πολλές περιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς, πρέπει να επανεξεταστεί για να αποφευχθούν ζημιές που σχετίζονται με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και αυξημένες καταιγίδες.
- **Περιβαλλοντική διαχείριση:** Η αξιοποίηση των υπηρεσιών που παρέχονται από περιβαλλοντικά αποθέματα ασφαλείας μπορεί να μετριάσει τις ζημιές από πλημμύρες, ξηρασίες και κατολισθήσεις. Παραδείγματα περιλαμβάνουν τη διασφάλιση αυξημένης φυτικής κάλυψης γης, που συμβάλλουν στη ρύθμιση του υδρολογικού κύκλου και στην ελαχιστοποίηση της σοβαρότητας των πλημμυρών. Μπορούν επίσης να γίνουν προσαρμογές στα σχέδια περιβαλλοντικής διαχείρισης που συνήθως προετοιμάζονται για έργα οδοποιίας. Επιπλέον, είναι σημαντικό να αξιολογηθεί και να μειωθεί ο αντίκτυπος που μπορεί να έχει μια οδική ανάπτυξη στην ευπάθεια της περιοχής.

Δύο κοινές μέθοδοι ιεράρχησης των αποκρίσεων προσαρμογής που σχετίζονται με τα οδικά δίκτυα περιλαμβάνουν τις αναλύσεις κόστους-οφέλους²³ (CBA) και την ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων²⁴ (MCA). Συνήθως η CBA εστιάζει ειδικά στο σχετικό κόστος των απαντήσεων προσαρμογής και στα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από αυτήν. Η MCA υπερβαίνει τις οικονομικές εκτιμήσεις, αλλά συχνά τις περιλαμβάνει και λαμβάνει υπόψη ευρύτερους παράγοντες όπως οι κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Κατά τη διεξαγωγή είτε CBA είτε MCA, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όχι μόνο το άμεσο, αλλά και το έμμεσο κόστος. Για παράδειγμα, η μειωμένη πρόσβαση μπορεί να περιορίσει τον τουρισμό, ενώ η ενισχυμένη οδική πρόσβαση σε συνδυασμό με θερμότερα κλίματα μπορεί να ενισχύσει τον τουρισμό και κατά συνέπεια το οικονομικό όφελος.



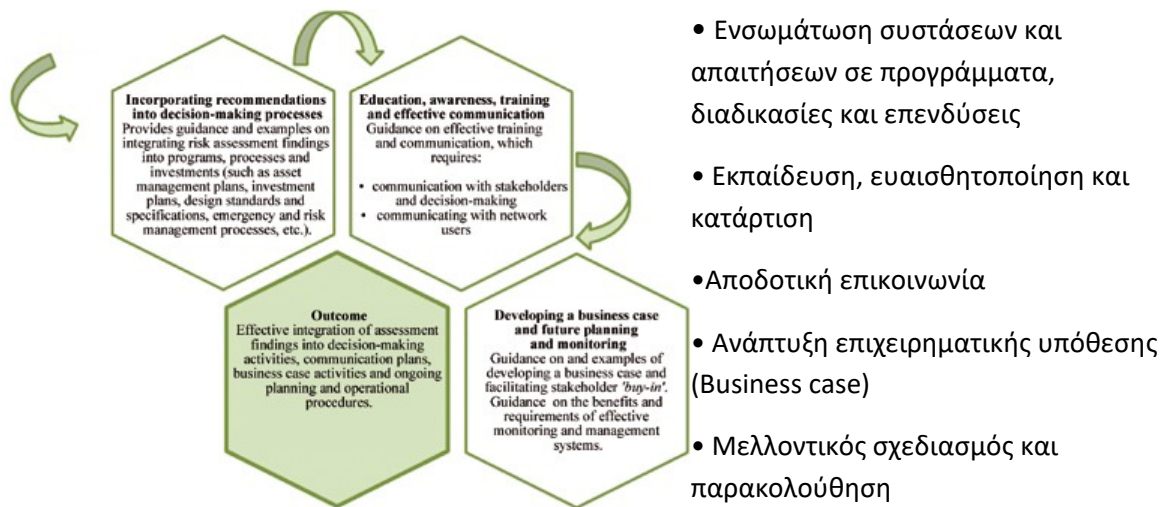
Εικόνα 35: Σχηματικό διάγραμμα με τις προτεραιότητες για την προσαρμογή του οδικού δικτύου στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: Αξιολόγηση Κινδύνου της Κλιματικής Αλλαγής)

2.9.4 Στάδιο 4 - Ενσωμάτωση ευρημάτων στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

Ενσωμάτωση αποτελεσμάτων στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα των σταδίων 1-3 θα πρέπει να ενσωματωθούν αποτελεσματικά σε εγκαταστάσεις διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων, επενδυτικά σχέδια, στρατηγικές διαχείρισης κυκλοφορίας και άλλα στρατηγικά έγγραφα και πρότυπα.

²³ Cost Benefit Analysis

²⁴ Multi-Criteria Analysis



Εικόνα 36: Σχηματικό διάγραμμα του σταδίου 4 της διαδικασίας (Πηγή: (PIARC, 2015))

2.10 Διεθνές παρατηρητήριο των Ηνωμένων Εθνών

Για την υποστήριξη των κρατών στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής έχει ιδρυθεί το εφαρμογής Διεθνές παρατηρητήριο των Ηνωμένων Εθνών (International observatory)²⁵. Οι κύριοι στόχοι αυτού του παρατηρητηρίου είναι:

- ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ των διαφόρων πρωτοβουλιών υποδομής μεταφορών στην Ευρώπη και την Ασία·
- να δημιουργήσουν οικονομίες κλίμακας και να μεγιστοποιήσουν την αποτελεσματικότητα βοηθώντας τις κυβερνήσεις και τους οργανισμούς να επιτύχουν περισσότερα ξοδεύοντας λιγότερα·
- να παρέχει συγκεκριμένες και απτές εισροές στις κυβερνήσεις φιλοξενώντας δεδομένα και πορίσματα διαφορετικών επίκαιρων μελετών·
- να διευκολυνθεί η επικοινωνία μεταξύ των εστιακών σημείων των πρωτοβουλιών για την ανταλλαγή βασικών πληροφοριών (ημερομηνίες συνεδριάσεων, ατζέντα, εκθέσεις, προγράμματα εργαστηρίων, κ.λπ.)·
- για τη διάδοση "ad hoc" γνώσης και βέλτιστων ή καλών πρακτικών, συμπεριλαμβανομένων πληροφοριών σχετικά με προμηθευτές, συμβούλους κ.λπ.
- να ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με έργα και άλλες πρωτοβουλίες/προτάσεις·
- να επιδιώξουν συνεργασία σε συγκεκριμένα έργα/καθήκοντα/μελέτες και έρευνες υποδομής μεταφορών που αποφασίστηκαν κατά τις συνεδριάσεις της γραμματείας τους.

Το παρατηρητήριο θα αναπτυχθεί σε μια εξελιγμένη πλατφόρμα Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (ΣΓΠ) και θα επιτρέψει σε όλους τους χρήστες να βρουν και να αναλύσουν:

- δεδομένα για όλα τα δίκτυα και τους κόμβους μεταφορών (οδικές, σιδηροδρομικές, εσωτερικές πλωτές οδούς, λιμάνια, αεροδρόμια, τερματικοί σταθμοί και συνοριακά σημεία

²⁵ <https://unece.org/international-transport-infrastructure-observatory>

διέλευσης). Αυτά τα δεδομένα θα περιλαμβάνουν κάθε είδους πληροφορίες από τεχνικές προδιαγραφές όπως αριθμός λωρίδων, ηλεκτροφόρες γραμμές κ.λπ. έως επιχειρησιακές λεπτομέρειες όπως ώρες λειτουργίας, αριθμός λωρίδων για βαρέα οχήματα κ.λπ.

- δεδομένα για τους μέσα μεταφορών (μήκος, υπηρεσίες, σύνδεσμοι που λείπουν, χρονοδιαγράμματα, τιμολόγια). Αυτά τα δεδομένα θα περιλαμβάνουν πληροφορίες για μπλοκ τρένων, για παράδειγμα που λειτουργούν σε συγκεκριμένους διαδρόμους, αριθμό συνοριακών διελεύσεων και χρόνους αναμονής, παρακολούθηση υπηρεσιών σε πραγματικό χρόνο (χρονοδιαγράμματα, στάσεις, κ.λπ.).
- δεδομένα σχετικά με νέα έργα υποδομής μεταφορών. Οι χώρες θα έχουν τη δυνατότητα, εάν επιθυμούν να παρέχουν πληροφορίες για νέα έργα υποδομής μεταφορών, είτε με εξασφαλισμένη είτε μη εξασφαλισμένη χρηματοδότηση.
- δεδομένα σχετικά με την κυκλοφορία και τις ροές φορτίου/εμπορευμάτων. Οι ροές κυκλοφορίας και εμπορευμάτων δείχνουν το επίπεδο κρισιμότητας μιας αρτηρίας σε σύγκριση με το υπόλοιπο δίκτυο. Είναι η παράμετρος που θα μπορούσε να χαρακτηρίσει ένα νέο έργο υποδομής μεταφορών ως βιώσιμο ή όχι.
- δεδομένα σχετικά με διεθνείς συμβάσεις/συμφωνίες επικύρωση και εφαρμογή: με μια ματιά, και προσθέτοντας ένα επίπεδο ΓΣΠ, οι χρήστες μπορούσαν να δουν ποιες χώρες έχουν υπογράψει και επικυρώσει διεθνείς συμβάσεις και συμφωνίες και το επίπεδο εφαρμογής τους.

Υπάρχει ήδη μια ομάδα εμπειρογνομόνων που μελετά τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και την προσαρμογή των οδικών δικτύων. Τα ευρήματα αυτής της ομάδας ενσωματωθούν στο παρατηρητήριο με την προσθήκη ενός πλήρη χάρτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής για τα επικίνδυνα σημεία. Ο χάρτης αυτός θα ήταν το αποτέλεσμα της αντιστοίχισης των προβλέψεων που παρέχει η IPCC για διαφορετικούς κλιματικούς παράγοντες (βροχόπτωση, θερμοκρασία, κ.λπ.) με την κρίσιμη υποδομή μεταφορών. Τέλος, το παρατηρητήριο θα λειτουργεί ως «ηλεκτρονική βιβλιοθήκη» που θα ενσωματώνει όλες τις καλές και βέλτιστες πρακτικές, εργαλεία και μεθοδολογίες για τις υποδομές του οδικού δικτύου που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή και όχι μόνο.

2.11 Η περίπτωση των ΗΠΑ

Στις ΗΠΑ έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες και έχουν εφαρμοστεί πιλοτικά προγράμματα για την εκτίμηση των δεικτών της κλιματικής αλλαγής και την προσαρμογή του οδικού δικτύου σε αυτήν (Πίνακας με τα πιλοτικά προγράμματα υπάρχουν στο Παράρτημα II). Η Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αυτοκινητοδρόμων (FHWA's) (US Federal Highway Administration's - FHWA) έχει εκδώσει την Τρίτη έκδοση του Πλαισίου αξιολόγησης τρωτότητας σε ακραία καιρικά φαινόμενα (Extreme Weather Vulnerability Assessment Framework), το οποίο είναι ένα εγχειρίδιο που βοηθά τις υπηρεσίες μεταφορών και τους συνεργάτες τους να αξιολογήσουν την τρωτότητα των οδικών υποδομών και των συστημάτων μεταφορών σε ακραίες καιρικές συνθήκες που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή. Απευθύνεται επίσης σε οργανισμούς που ενδιαφέρονται να ενσωματώσουν ζητήματα προσαρμογής του κλίματος στη λήψη αποφάσεων για τις μεταφορές²⁶. Το Πλαίσιο παρέχει μια μεθοδολογία για

²⁶ <https://toolkit.climate.gov/steps-to-resilience/understand-exposure>

τη διεξαγωγή αξιολόγησης τρωτότητας. Η μεθοδολογία είναι μια δομημένη διαδικασία που περιλαμβάνει συγκεκριμένα βήματα, με παραδείγματα για κάθε βήμα από αξιολογήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε εθνικό επίπεδο μεταξύ 2010 και 2017 και παρέχει συνδέσμους με πρόσβαση σε περισσότερες πληροφορίες.

Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στο Πλαίσιο απευθύνονται σε κρατικές υπηρεσίες μεταφορών²⁷ (DOTs), μητροπολιτικούς οργανισμούς σχεδιασμού και άλλους φορείς που εμπλέκονται στο σχεδιασμό, την κατασκευή, τη συντήρηση ή τη λειτουργία της υποδομής μεταφορών.

Το Πλαίσιο αποτελείται από τις ακόλουθες ενότητες:

Ενότητα 1: Άρθρωση στόχων και καθορισμός του πεδίου της μελέτης

Ενότητα 2: Λήψη δεδομένων περιουσιακών στοιχείων για την αξιολόγηση ευπάθειας

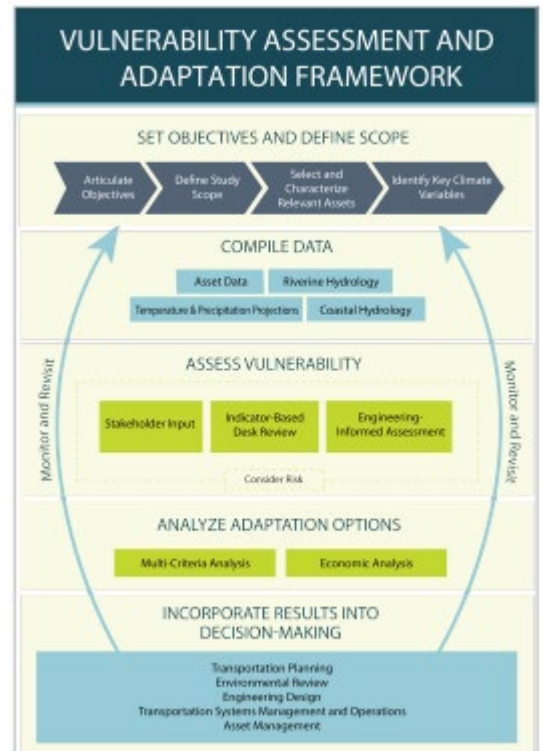
Ενότητα 3: Λήψη κλιματικών δεδομένων για την αξιολόγηση τρωτότητας

Ενότητα 4: Αξιολόγηση ευπάθειας

Ενότητα 5: Προσδιορισμός, ανάλυση και ιεράρχηση

Επιλογές προσαρμογής

Ενότητα 6: Ενσωμάτωση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης στη λήψη αποφάσεων



Εικόνα 37: Σχηματικό διάγραμμα με τις προτεραιότητες για την προσαρμογή του οδικού δικτύου στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: (FWHA, 2018))

Αναλυτικότερα τα βήματα για τη διεξαγωγή μιας αξιολόγησης τρωτότητας είναι:

Καθορισμός των στόχων και του εύρους της μελέτης. Τα πρώτα βήματα για την πραγματοποίηση μιας αξιολόγησης τρωτότητας είναι ο καθορισμός στόχων και ο καθορισμός του εύρους της αξιολόγησης. Ένα σαφές πλαίσιο βοηθά την ελαχιστοποίηση των εξωτερικών δραστηριοτήτων συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι περιορισμοί χρόνου και πόρων εμποδίζουν τους οργανισμούς να αναλύσουν κάθε στοιχείο σε ένα σύστημα μεταφορών. Ομοίως, δεν θα είναι όλες οι αλλαγές στο μελλοντικό κλίμα σημαντικές για τα τοπικά ή περιφερειακά δίκτυα μεταφορών. Το Πλαίσιο παρέχει καθοδήγηση σχετικά με τον τρόπο οριοθέτησης των οδικών στοιχείων και των μεταβλητών του κλίματος που πρέπει να εξεταστούν ως μέρος μιας αξιολόγησης τρωτότητας. Αυτό περιλαμβάνει πληροφορίες για τους τύπους μεταβλητών του κλίματος που μπορεί

²⁷ Department of Transportation (DoT)

να έχουν επιπτώσεις στα συστήματα μεταφορών και για τον τρόπο προσδιορισμού της ευαισθησίας των πόρων σε αυτές τις κλιματικές μεταβλητές.

Συγκέντρωση δεδομένων που αφορούν τις σημαντικές υποδομές Οι στόχοι της μελέτης και το εύρος μιας αξιολόγησης τρωτότητας καθορίζουν ποια δεδομένα που αφορούν τις υποδομές πρέπει να συλλεχθούν. Οι υπηρεσίες μεταφορών πιθανότατα παρακολουθούν και διατηρούν δεδομένα για τα κύρια σημεία, όπως γέφυρες, τα οποία αποτελούν συνήθως το επίκεντρο μιας αξιολόγησης τρωτότητας. Μπορεί να μην έχουν τόσα δεδομένα άμεσα διαθέσιμα για μικρότερες κατασκευές, όπως οχετούς. Ο συντονισμός φορέων, όπως οι τοπικές κυβερνήσεις και τα πανεπιστήμια, είναι ένας τρόπος για τον εντοπισμό όλων των υπάρχοντων δεδομένων και τη μείωση της ανάγκης συλλογής νέων δεδομένων ή την ελαχιστοποίηση της έκτασης των προσπαθειών συλλογής δεδομένων. Το Πλαίσιο παρέχει πληροφορίες σχετικά με τους τύπους των πόρων και τα χαρακτηριστικά τους που μπορεί να είναι χρήσιμα για τη συλλογή δεδομένων και τις βέλτιστες πρακτικές για τη συλλογή τέτοιων δεδομένων.

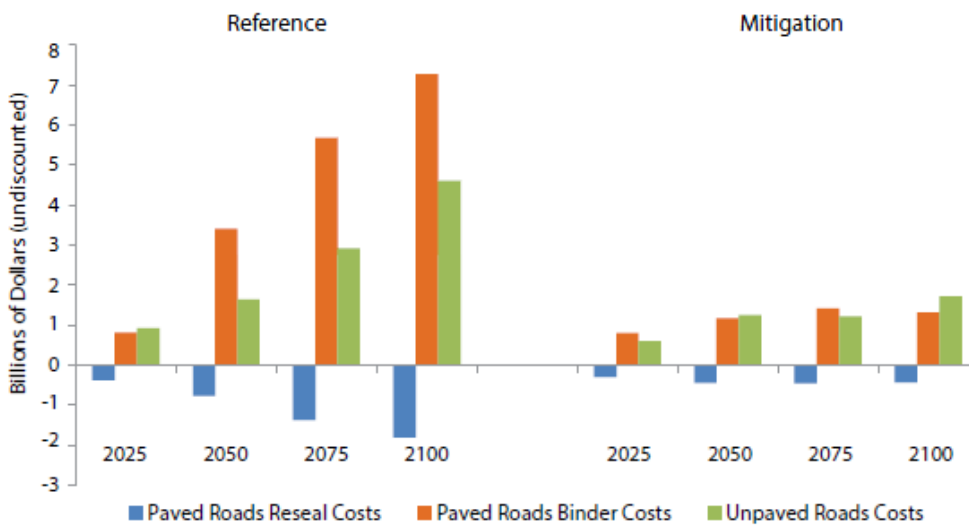
Συγκέντρωση δεδομένων για το κλίμα. Το Πλαίσιο περιγράφει διάφορους τρόπους με τους οποίους οι φορείς μπορούν να λάβουν προβλέψεις για αλλαγές στη θερμοκρασία, τη βροχόπτωση, την υδρολογία, τις πλημμυρικές περιοχές, τη στάθμη της θάλασσας και το κύμα καταιγίδων, ξεκινώντας με μια βασική προσέγγιση για τη λήψη κλιματικών δεδομένων και στη συνέχεια περιγράφοντας πιο λεπτομερείς μεθόδους που είναι χρήσιμες για εις βάθος αναλύσεις .

Αξιολόγηση την τρωτότητας. Η τρωτότητα στο πλαίσιο των μεταφορών είναι συνάρτηση της ευαισθησίας ενός μεταφορικού μέσου ή συστήματος στις κλιματικές επιπτώσεις, της έκθεσης σε ακραίες καιρικές και κλιματικές επιπτώσεις και της προσαρμοστικής ικανότητας. Η έκθεση αναφέρεται στο εάν ένα περιουσιακό στοιχείο ή ένα σύστημα βρίσκεται σε μια περιοχή που αντιμετωπίζει άμεσες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η ευαισθησία αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο η υποδομή ή το σύνολο του δικτύου αντιδρά όταν εκτίθεται σε μια μεταβλητή του κλίματος. Τέλος η προσαρμοστική ικανότητα αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να αντιμετωπίζει την υπάρχουσα κλιματική μεταβλητότητα ή τις μελλοντικές κλιματικές επιπτώσεις. Προκειμένου να αξιολογηθεί η τρωτότητα, οι φορείς ή οι μελετητές θα χρησιμοποιήσουν τις κλιματικές και ακραίες καιρικές μεταβλητές που ανέπτυξαν για να προσδιορίσουν και να αξιολογήσουν την έκθεση, την ευαισθησία και την προσαρμοστική ικανότητα ενός στοιχείου του οδικού δικτύου ή συστήματος για να προσδιορίσουν την τρωτότητά του και, συνήθως, να ορίσουν ένα επίπεδο κινδύνου για το κλίμα και τις επιπτώσεις σε αυτό. Ο κίνδυνος είναι ένα μέτρο που λαμβάνει υπόψη τόσο την πιθανότητα ότι ένα περιουσιακό στοιχείο θα έχει μια συγκεκριμένη επίδραση όσο και τη σοβαρότητα ή συνέπεια της επίπτωσης.

Το Πλαίσιο περιγράφει διαφορετικές προσεγγίσεις για την αξιολόγηση της τρωτότητας. Η καθεμία από τις προσεγγίσεις διαφέρει ανάλογα με τους τύπους των εμπλεκόμενων φορέων, τις μορφές πληροφοριών που απαιτούνται και τη μορφή των τελικών ευρημάτων αξιολόγησης τρωτότητας. Οι προσεγγίσεις δεν αλληλοαποκλείονται, συχνά μια αξιολόγηση τρωτότητας περιλαμβάνει στοιχεία κάθε προσέγγισης.

Προσδιορισμός, ανάλυση και ιεράρχηση επιλογών προσαρμογής. Μετά την αξιολόγηση ακολουθεί η ανάλυση και η ιεράρχηση των εναλλακτικών προσαρμογής. Το Πλαίσιο περιγράφει δύο μεθόδους που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι επαγγελματίες για να αξιολογήσουν τις επιλογές προσαρμογής: ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων (multi criteria analysis) και οικονομική ανάλυση

(economic analysis). Η πολυκριτηριακή ανάλυση περιλαμβάνει τη σύγκριση των επιλογών προσαρμογής σε μια σειρά ποιοτικών και ποσοτικών κριτηρίων. Ένα πλεονέκτημα της είναι ότι επιτρέπει να εξεταστούν πτυχές που δεν μπορούν εύκολα να ποσοτικοποιηθούν ή να τεθούν σε χρηματικούς όρους, όπως οι επιπτώσεις στο περιβάλλον ή στις κοινότητες. Μια οικονομική ανάλυση μπορεί να βοηθήσει τους οργανισμούς να αξιολογήσουν και να ιεραρχήσουν τις επιλογές προσαρμογής διευκρινίζοντας το πιθανό μακροπρόθεσμο κόστος και τα οφέλη των εναλλακτικών στρατηγικών προσαρμογής. Μπορεί να μετρήσει αυτά τα κόστη και τα οφέλη με όρους που επιτρέπουν τη σύγκριση των επιλογών μεμονωμένα, καθώς και με τις τρέχουσες πολιτικές και πρακτικές.



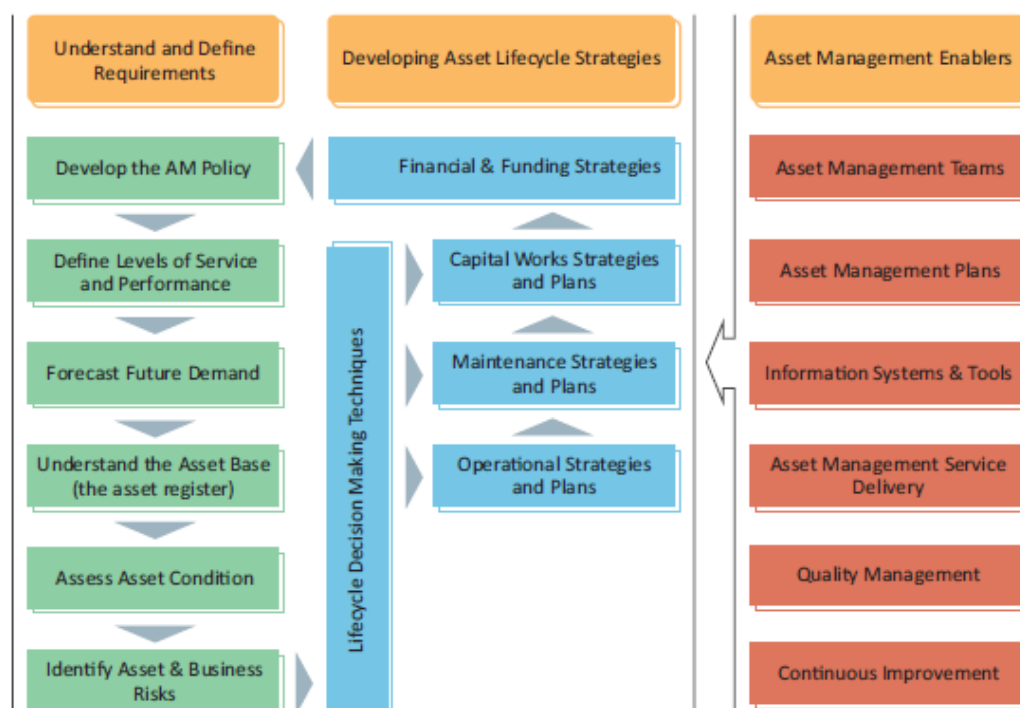
Εικόνα 38: Σχηματικό διάγραμμα με τις προβολές των επιπτώσεων στις υποδομές του οδικού δικτύου με και χωρίς μείωση αερίων του θερμοκηπίου (Πηγή: (FWHA, 2018))

Ενσωμάτωση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης στη λήψη αποφάσεων. Η ενσωμάτωση των αποτελεσμάτων μιας αξιολόγησης τρωτότητας σε υπάρχοντα προγράμματα και διαδικασίες μεταφορών διασφαλίζει ότι τα αποτελέσματα της μελέτης χρησιμοποιούνται στην πράξη. Ενώ οι πληροφορίες που αναπτύχθηκαν για την αξιολόγηση τρωτότητας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την ικανοποίηση των στόχων της μελέτης, τα αποτελέσματα μπορεί επίσης να είναι χρήσιμα με τρόπους που δεν είχαν αρχικά προβλεφθεί. Το Πλαίσιο περιγράφει στρατηγικές για την αποτελεσματική ενσωμάτωση των αποτελεσμάτων στον προγραμματισμό των μεταφορών, ανάπτυξη έργων και περιβαλλοντική αναθεώρηση και σχεδιασμό σε επίπεδο έργου, διαχείριση συστημάτων μεταφοράς, λειτουργίες και διαχείριση έκτακτης ανάγκης.

Παρακολούθηση και επανεξέταση. Η κατανόηση των κλιματικών κινδύνων εξελίσσεται. Συνεπώς, η προσαρμογή σε ακραίες καιρικές και κλιματικές επιπτώσεις είναι μια επαναληπτική διαδικασία που απαιτεί παρακολούθηση και αξιολόγηση. Οι οργανισμοί θα πρέπει να καθιερώσουν διαδικασίες παρακολούθησης και αξιολόγησης για την αξιολόγηση της επιτυχίας των στρατηγικών προσαρμογής και άλλων πρωτοβουλιών που θεσπίστηκαν με βάση τα πορίσματα της αξιολόγησης. Καθώς διατίθενται νέες κλιματικές επιστήμες και δεδομένα, οι υπηρεσίες μπορεί να χρειαστεί να επανεκτιμήσουν τα τρωτά σημεία τους. Η διαδικασία παρακολούθησης και αξιολόγησης μπορεί να

προσδιορίζει την ανάγκη επανεξέτασης των παραδοχών, των υποκείμενων δεδομένων ή των προσεγγίσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχική αξιολόγηση τρωτότητας. Τα αποτελέσματα της παρακολούθησης και της αξιολόγησης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την περιοδική επανεξέταση και βελτίωση των στρατηγικών και των διαδικασιών προσαρμογής για να διασφαλιστεί η συνεχής ανθεκτικότητα της υποδομής μεταφορών.

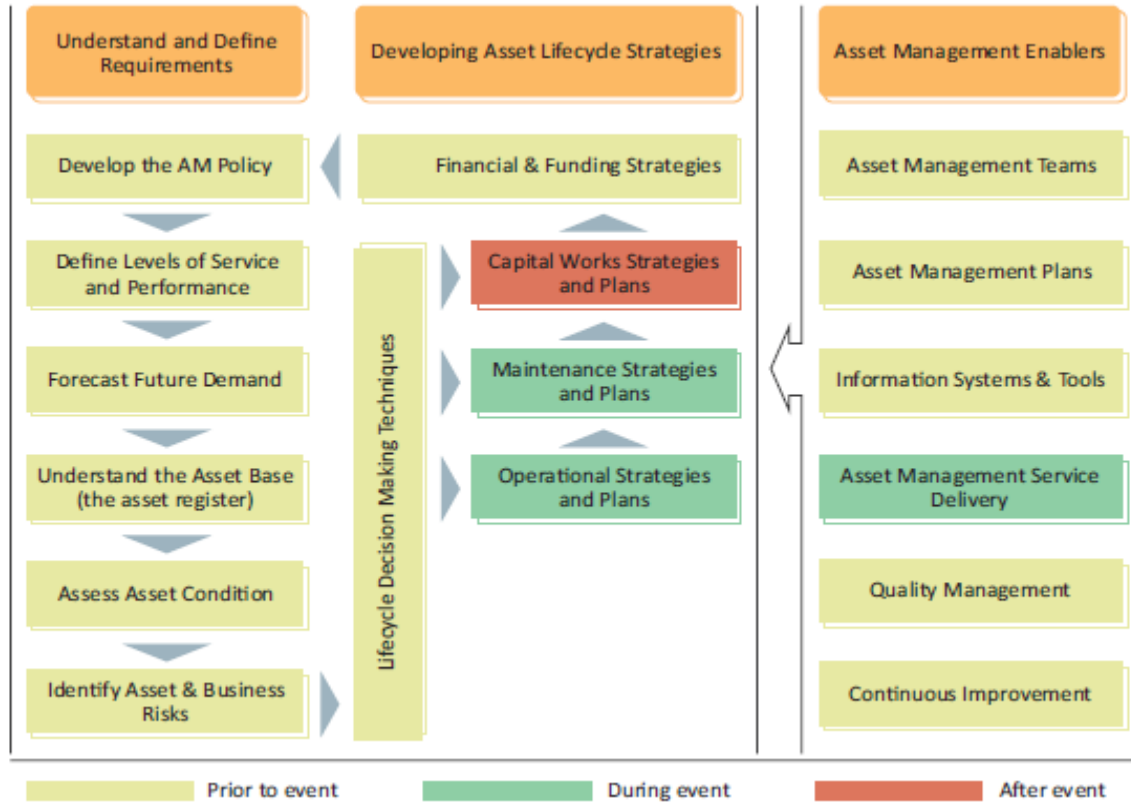
Χαρακτηριστικό παράδειγμα της ενσωμάτωσης αποτελεσμάτων ανάλυσης κλιματικής αλλαγής αποτελεί το Διεθνές Εγχειρίδιο Διαχείρισης Υποδομών (NAMS, 2011)²⁸, το οποίο έχει υιοθετήσει στην παλιότερη μεθοδολογία πρακτικές που αφορούν την κλιματική αλλαγή. Μάλιστα έχει χωρίσει τις δράσεις σε τρεις κατηγορίες, πριν, κατά την διάρκεια και μετά το γεγονός. Ως γεγονός θεωρούνται συνήθως τα ακραία καιρικά φαινόμενα, που έχουν στιγμιαία επίδραση στο σύστημα.



Εικόνα 39: Σχηματικό διάγραμμα με την διαδικασία διαχείρισης πόρων²⁹ (Πηγή: (NAMS, 2011))

²⁸ International Infrastructure Management Manual

²⁹ Στο αυθεντικό κείμενο αναφέρεται ως «asset management process».



Εικόνα 40: Σχηματικό διάγραμμα με την διαδικασία διαχείρισης πόρων μετά την ενσωμάτωση διαδικασιών που αφορούν την κλιματική αλλαγή (Πηγή: (PIARC, 2015))

2.11.1 Ενέργειες πριν το γεγονός

Υπάρχει μια σειρά από ενέργειες που μπορούν να γίνουν που λαμβάνονται για την προετοιμασία για την κλιματική αλλαγή (τόσο μακροπρόθεσμες αλλαγές όσο και τα καταστροφικά γεγονότα) με αυτά τα οποία περιλαμβάνουν:

- ✓ Ανάπτυξη μοντέλων που προβλέπουν τις επιπτώσεις των γεγονότων της κλιματικής αλλαγής στο οδικό δίκτυο, συμπεριλαμβανομένων τη συλλογή δεδομένων για την τροφοδοσία και τη βαθμονόμηση αυτών των μοντέλων
- ✓ Εκπόνηση Οδηγών Σχεδιασμού για την κλιματική αλλαγή και αναθεώρηση των οδηγιών σχεδιασμού για να ληφθεί υπόψη η μεταβαλλόμενη συχνότητα των κλιματικών γεγονότων.
- ✓ Καθορισμός του τι σημαίνει ανθεκτικότητα για διαφορετικές κατηγορίες οδών και δημιουργία κατοίκων και χρηστών του δρόμου γνωρίζουν πόσο καιρό μπορεί να είναι χωρίς πρόσβαση στα μέσα μεταφοράς μετά από γεγονότα.
- ✓ Σύναψη συμβάσεων για την διαχείριση των ακραίων γεγονότων όταν θα συμβούν και πρόβλεψη για σύμβαση συμβάσεων για την ανακατασκευή, επιδιόρθωση των υποδομών.
- ✓ Έλεγχος των υφιστάμενων υποδομών όσον αφορά την αντοχή τους στις προβλέψεις της κλιματικής αλλαγής και μετασκευή και ενίσχυση αυτών που διαπιστώθηκε ότι είναι ελλιπείς, πχ. με νέα υλικά που μπορεί να αντισταθούν καλύτερα στην κλιματική αλλαγή.
- ✓ Ενημέρωση των χρηστών των οδών για το τί πρέπει να κάνουν σε περίπτωση γεγονότος και για πόσο καιρό δεν θα έχουν πρόσβαση σε τμήματα του οδικού δικτύου.

2.11.2 Ενέργειες κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά τα γεγονότα

Κατά τη διάρκεια ακραίων γεγονότων οι περισσότερες οδικές αρχές θα επικεντρωθούν στην παρακολούθηση του δικτύου, επιβάλλοντας όπου απαιτείται το κλείσιμο τμήματος του οδικού δικτύου για να διασφαλιστεί η ασφάλεια των χρηστών.

Αμέσως μετά, αρχικά θα γίνουν οι απαραίτητες εργασίες για να διευκολυνθεί η βασική πρόσβαση, καθαρισμός οδών από λάσπη και άλλα φερτά υλικά, απομάκρυνση αντικειμένων κλπ.. Τέλος, θα πραγματοποιηθούν οι εργασίες βελτίωσης, σε περίπτωση που δεν έχει ήδη πραγματοποιηθεί, και αποκατάστασης του οδικού δικτύου. Επιπλέον, θα υπάρχει η ευκαιρία να χρησιμοποιηθούν δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης για την ενημέρωση των μοντέλων πρόβλεψης και τη βελτίωση των μελλοντικών αναθεωρήσεων του Σχεδίου.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η ανθεκτικότητα των οδικών μεταφορών είναι ο εντοπισμός, η ανάπτυξη ή η αναθεώρηση και στη συνέχεια η εφαρμογή προτύπων κατασκευής και σχεδιασμού. Αυτές οι δραστηριότητες θα πρέπει να ενσωματωθούν σε μια τυποποιημένη και καλά περιγραφόμενη διαδικασία με στόχο την αύξηση της συνολικής ανθεκτικότητας του οδικού δικτύου. Ένα τέτοιο πλαίσιο προσαρμογής για τις οδικές υποδομές έχει αναπτυχθεί και εφαρμοστεί πιλοτικά από το έργο ROADAPT³⁰.

Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει επίσης τη συντήρηση των δρόμων, η οποία επομένως πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν αντιμετωπίζουμε οδικές υποδομές ανθεκτικές στο κλίμα. Πρέπει να δοθεί προσοχή σε όλες τις υπηρεσίες συντήρησης, όπως καθαρισμός και συντήρηση συστημάτων αποχέτευσης, απομάκρυνση ζημιών από καταιγίδες, καθαρισμός δρόμων, κλάδεμα βλάστησης παρά την οδό και αφαίρεση χιονιού και πάγου. Η αποτελεσματικότητα των μέτρων προσαρμογής και του σχεδιασμού συντήρησης μπορεί να συμπληρωθεί κατάλληλα με στοιχεία τηλεματικής κυκλοφορίας, ειδικότερα διαδικτυακές κάμερες, μετεωρολογικούς σταθμούς, αισθητήρες οδικού φορτίου και προηγμένα συστήματα τηλεματικής που είναι σε θέση να ρυθμίζουν τη ροή της κυκλοφορίας και να αποτρέπουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση ³¹.

2.12 Ευρώπη

Στην Ευρώπη παρατηρούνται αφενός μεμονωμένες προσπάθειες κρατών και αφετέρου υπάρχουν προγράμματα που αποσκοπούν την από κοινού αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της σε γενικό πλαίσιο και στο οδικό δίκτυο «E Roads network». Με την συμφωνία της Γενεύης στις 15 Νοεμβρίου 1975 που τέθηκε σε ισχύ στις 15 Μαρτίου 1983, ορίστηκε το πλαίσιο για την δημιουργία ένα ενιαίου οδικού δικτύου στο ευρωπαϊκό τμήμα της για τις Κύριες Διεθνείς Αρτηρίες Κυκλοφορίας (AGR), το οποίο θεσπίζει συντονισμένο σχέδιο κατασκευής και ανάπτυξης δρόμων διεθνούς σημασίας, του δικτύου «E Roads».

³⁰ Το έργο ROADAPT (Roads for today, adapted for tomorrow) αποτελεί διακρατική συνεργασία της Γερμανίας, Δανίας, Νορβηγίας και των Κάτω Χωρών με στόχο την ανάπτυξη οδηγιών για την προσαρμογή των οδών στην κλιματική αλλαγή. Έχει υιοθετήσει προσέγγιση που βασίζεται στην ανάλυση ρίσκων χρησιμοποιώντας το πλαίσιο RIMAROCC (Risk Management for Roads in a Changing Climate)

³¹ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/climate-proofed-standards-for-road-design-construction-and-maintenance>



Εικόνα 41: Χάρτης με τις οδούς που αποτελούν τμήμα του διεθνούς δικτύου E-Roads (Πηγή: (ROADAPT, 2015))

Για την προστασία του δικτύου έναντι της κλιματικής αλλαγής πολλές χώρες διεξάγουν έρευνες και έχουν εκπονήσει έργα όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 13: Πρωτοβουλίες και έργα Ευρωπαϊκών χωρών που αφορούν την προσαρμογή του τομέα των μεταφορών στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: (Saqib Gulzara, 2012)).

Χώρα	Πρωτοβουλίες και έργα
Γαλλία	Δημιουργία της πλατφόρμας για παροχή πληροφοριών με τίτλο WIKKLIMAT
	Πρόβλεψη μεταφοράς επιβατών
	Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την εκτίμηση τρωτότητας των υποδομών στον τομέα των μεταφορών
Νορβηγία	Ανάπτυξη εργαλείου στο διαδίκτυο για εκτίμηση κινδύνου, προετοιμασίας καθώς και παρακολούθησης και πρόβλεψη πλημμύρων και καταπτώσεων: xGeo tool
Γερμανία	Επιστημονικά στοιχεία για τις μελλοντικές κλιματικές επιπτώσεις σε πλωτές διαδρομές και παραθαλάσσιες διαδρομές: KLIWAS
Αυστρία	Συστηματική συλλογή δεδομένων για ακραία φαινόμενα στο σιδηροδρομικό δίκτυο σε ακραίο καιρό: KLIWA
	Ανάπτυξη συστήματος ειδοποίησης στην κλιματική αλλαγή από φυσικές καταστροφές: DESME & RISKCAST
Σκωτία	Μελέτη ευαισθησίας του οδικού δικτύου στην κλιματική αλλαγή (2005), έκθεση παρακολούθησης (2008), συνεχής ανασκόπηση της στρατηγικής προσαρμογής (2011, 2017)
Σουηδία	Δημιουργία ομοιογενούς μεθόδου για την καταγραφή και ανάλυση επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις οδούς

Χώρα	Πρωτοβουλίες και έργα
Δανία	Σχέδιο προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και σχέδιο έκτακτης ανάγκης για φαινόμενα κλιματικής αλλαγής όπως η αύξηση της θερμοκρασίας και οι αλλαγές των βροχοπτώσεων
Βρετανία	Εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο σιδηροδρομικό δίκτυο: TRaCCA
	Αναθεώρηση των προδιαγραφών αποστράγγισης
Ισπανία	Δημιουργία της πλατφόρμας για παροχή πληροφοριών με τίτλο AdapteCCA
	Εισαγωγή εργαλείων πρόβλεψης του καιρού προσαρμοσμένο στο σύστημα των μεταφορών δίνοντας την δυνατότητα ανάπτυξης στρατηγικών για καταστάσεις πριν και μετά το καταστροφικό γεγονός
Πολωνία	Δημιουργία της πλατφόρμας για παροχή πληροφοριών με τίτλο KLIMADA

2.13 Πρόγραμμα ROADapt

Το έργο Roadapt (**ROADAPT, 2015**) αποτελεί την προσπάθεια Ευρωπαϊκών χωρών για κοινή αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο οδικό δίκτυο. Όπως αναφέρεται στο πρόγραμμα DoRN³² (CEDR, 2012)³³: «Οι οδικές αρχές πρέπει να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής το οδικό δίκτυο και να λάβει διορθωτικά μέτρα σχετικά με το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη συντήρηση του οδικού δικτύου». Τα αποτελέσματα του έργου ROADAPT είναι κατευθυντήριες γραμμές που αντιμετωπίζουν όλα αυτά τα θέματα. Οι οδηγίες χωρίζονται στα παρακάτω 5 επιμέρους τμήματα:

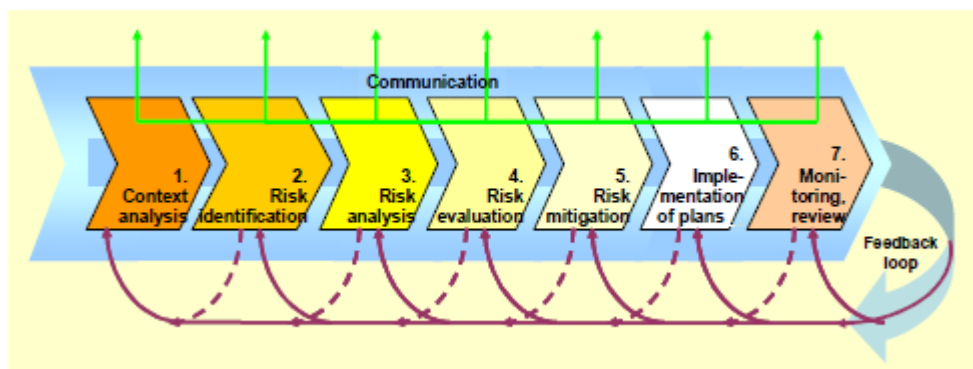
- A. Οδηγίες για τη χρήση κλιματικών δεδομένων για το τρέχον και το μελλοντικό κλίμα
- B. Οδηγίες για την εφαρμογή μιας γρήγορης σάρωσης³⁴ των κινδύνους της κλιματικής αλλαγής στους δρόμους
- Γ. Οδηγίες για τον τρόπο διεξαγωγής μιας λεπτομερούς αξιολόγησης τρωτότητας
- Δ. Οδηγίες για τον τρόπο διεξαγωγής μιας αξιολόγησης κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων
- E. Οδηγίες για τον τρόπο επιλογής μιας στρατηγικής προσαρμογής

Το πρόγραμμα ROADAPT στηρίχτηκε στο πλαίσιο RIMARROC, το οποίο περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη διαδικασία αποτελούμενη από 7 στάδια και 22 υποστάδια. Στόχος αυτής της διαδικασίας είναι η αναγνώριση και η εκτίμηση των κινδύνων και στην συνέχεια η εκτίμηση, εφαρμογή τρόπων αντιμετώπισης και ο έλεγχος.

³² Climate Change Description of Research Needs (DoRN)

³³ Conference of European Directors of Roads (CEDR)

³⁴ Στο πρωτότυπο κείμενο υπάρχει ο όρος «Quickscan»



Εικόνα 42: Η διαδικασία αναγνώρισης και εκτίμησης κινδύνων κατά RIMARROC (Πηγή: (ROADAPT, 2015))

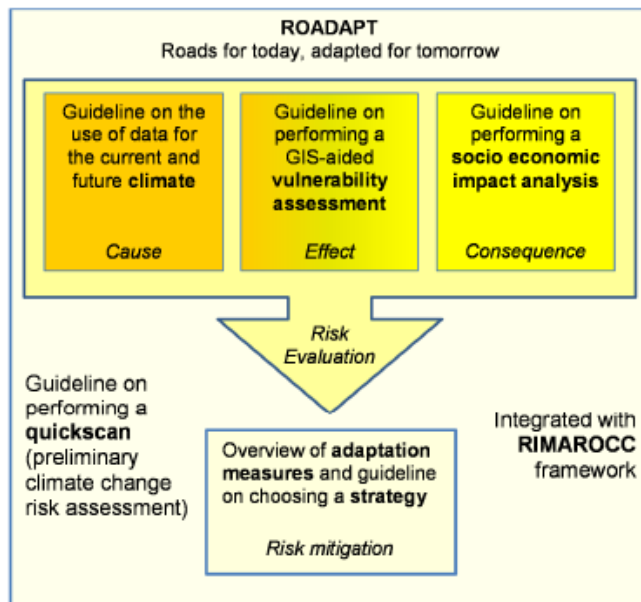
Πίνακας 14: Βήματα του πλαισίου RIMARROC (Πηγή: (ROADAPT, 2015)).

	Κύρια Βήματα	Δευτερεύοντα βήματα
1	Ανάλυση πλαισίου	1.1 Καθιερώστε ένα γενικό πλαίσιο
		1.2 Δημιουργήστε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο για μια συγκεκριμένη κλίμακα ανάλυσης
		1.3 Καθορίστε κριτήρια κινδύνου και δείκτες προσαρμοσμένους σε κάθε συγκεκριμένη κλίμακα ανάλυσης
2	προσδιορισμός κινδύνου	2.1 Προσδιορίστε τις πηγές κινδύνου
		2.2 Προσδιορισμός τρωτών σημείων
		2.3 Προσδιορίστε πιθανές συνέπειες
3	ανάλυση κινδύνου	3.1 Καθορίστε τη χρονολογία και τα σενάρια κινδύνου
		3.2 Προσδιορισμός του αντίκτυπου του κινδύνου
		3.3 Αξιολόγηση περιστατικών
		3.4 Παρέχετε μια επισκόπηση κινδύνου
4	αξιολόγηση κινδύνου	4.1 Προτεραιότητα κινδύνου
		4.2 Συγκρίνετε τον κλιματικό κίνδυνο με άλλα είδη κινδύνου
		4.3 Προσδιορισμός των κινδύνων που είναι αποδεκτοί
5	μετριασμός κινδύνου	5.1 Προσδιορισμός επιλογών
		5.2 Επιλογές αξιολόγησης
		5.3 Διαπραγμάτευση με φορείς χρηματοδότησης
		5.4 Παρουσίαση σχεδίων δράσης
6	υλοποίηση των σχεδίων δράσης	6.1 Ανάπτυξη και σχέδιο δράσης για κάθε επίπεδο ευθύνης
		6.2 Εφαρμογή σχεδίου προσαρμογής
7	Παρακολούθηση, επανασχεδιασμός και κεφαλαιοποίηση	7.1 Τακτική παρακολούθηση και επανεξέταση
		7.2. Επανασχεδιασμός σε περίπτωση νέων δεδομένων ή καθυστέρησης στην υλοποίηση
		7.3 Κεφαλαιοποίηση με επιστροφή εμπειρίας και στα δύο κλιματικά γεγονότα και την πρόοδο της υλοποίησης

Το πρόγραμμα ROADAPT στηριζόμενο στο πλαίσιο RIMAROCC, τροποποίησε την διαδικασία για να ενσωματώσει πρακτικές που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι οδηγίες για την εφαρμογή μιας γρήγορης σάρωσης των κινδύνων της κλιματικής αλλαγής στους δρόμους.

Η διαδικασία προσδιορισμού του κινδύνου αποτελείται από πέντε τμήματα συνολικά. Το πρώτο τμήμα περιλαμβάνει:

1. Προσδιορισμό των απειλών και των σχετικών κλιματικών μεταβλητών, της περιόδου αναφοράς και του σχετικού χρονικού ορίζοντα
2. Συλλογή δεδομένων για το τρέχον και το μελλοντικό κλίμα για αυτές τις μεταβλητές κλίματος και έλεγχο της ποιότητας και της χρησιμότητας των δεδομένων.
3. Προσδιορισμό των κλιματικών σεναρίων που θα χρησιμοποιηθούν με τη βοήθεια των κατευθυντήριων γραμμών για τη χρήση κλιματικών δεδομένων.
4. Εκτέλεση πρόσθετης επεξεργασίας, εάν χρειάζεται, για τα τελικά δεδομένα με τα οποία θα γίνει η ανάλυση κινδύνου



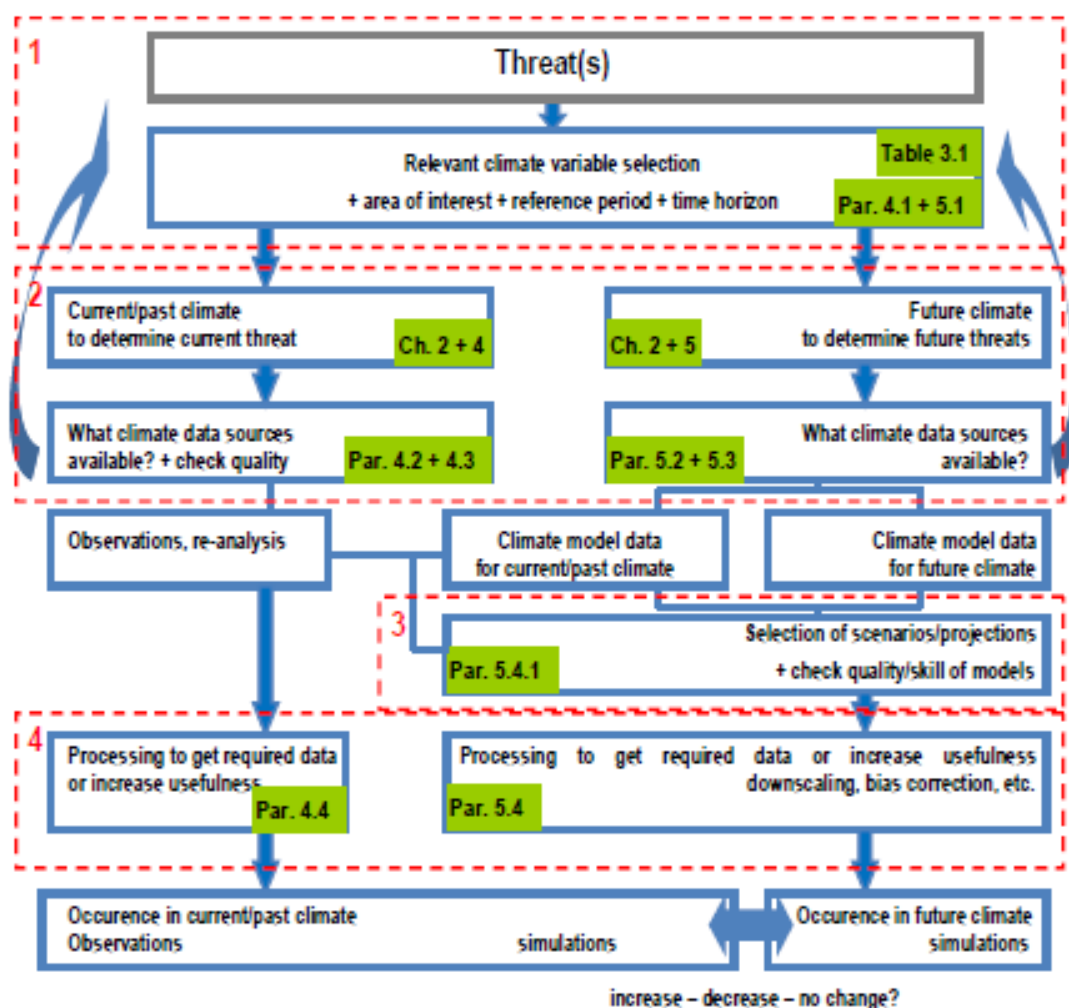
Εικόνα 43: Δομή των οδηγιών του προγράμματος RoadApt (Πηγή: (ROADAPT, 2015))

Το πρώτο τμήμα περιλαμβάνει την εκτίμηση του κινδύνου, κατά την οποία πρέπει να γνωρίζουμε στοιχεία για το ανεπιθύμητα συμβάντα, την πιθανότητα και τις συνέπειές τους. Σε ένα πλαίσιο κλιματικής αλλαγής, η αιτία των απειλών (ανεπιθύμητα συμβάντα) βρίσκεται εντός των ορίων του κλίματος που αλλάζει. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να είναι η αιτία νέων απειλών ή μια αλλαγή στο συχνότητα εμφάνισης ή αυξημένη ένταση απειλών στους δρόμους. Για να γνωρίζουμε τις επιπτώσεις είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την τρωτότητα του οδικού δίκτυο και στην περίπτωση των χρηστών του οδικού τμήματος που μας ενδιαφέρει. Εκπονώντας την αξιολόγηση τρωτότητας αποκτά κανείς πληροφορίες για σημεία στο οδικό δίκτυο που είναι ευάλωτα σε μια ορισμένη απειλή και σε ποιο βαθμό είναι ευάλωτα.

Η αιτία και το αποτέλεσμα μαζί, καθορίζουν την πιθανότητα μιας απειλής σε μια συγκεκριμένη θέση του δρόμου. Επειδή ο ακριβής προσδιορισμός της πιθανότητας συχνά είναι δύσκολο να εκτιμηθεί δεδομένου του υψηλού βαθμού αβεβαιότητας, συνήθως προσδιορίζεται ένα εύρος τιμών. Η

αβεβαιότητα έγκειται τόσο στα σενάρια της κλιματικής αλλαγής όσο και στην αξιολόγηση της τρωτότητας. Τέλος εκπονώντας ανάλυση κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων αποκτά κανείς μια εικόνα για τις συνέπειες της απειλής εάν συμβεί σε μια συγκεκριμένη ευάλωτη τοποθεσία.

Έχοντας προσδιορίσει την αιτία, το αποτέλεσμα (μαζί παρέχοντας την πιθανότητα) και τις συνέπειες, μπορεί να δομηθεί το προφίλ του κινδύνου, εκτιμώντας το επίπεδο του κινδύνου και καθορίζοντας τα όρια που αυτό είναι αποδεκτό. Μόνο οι απειλές που υπερβαίνουν ένα συγκεντρωμένο κατώφλι³⁵ πρέπει να μετριάζονται, εφαρμόζοντας μέτρα προσαρμογής στο πλαίσιο μιας συγκεκριμένης στρατηγικής προσαρμογής, με στόχο επιπτώσεις (απειλές) να μειωθούν φτάνοντας σε αποδεκτό επίπεδο/ τιμή.



Εικόνα 44: Σχηματική παρουσίαση των βημάτων για την χρήση των δεδομένων στις μελέτες που αφορούν την κλιματική αλλαγή (τα κόκκινα περιγράμματα αναφέρονται στα βήματα, τα πράσινα περιγράμματα αναφέρονται στις παραγράφους των οδηγιών του προγράμματος RoadApt (Πηγή: (ROADAPT, 2015))

Το δεύτερο τμήμα αφορά τη μέθοδο της γρήγορης σάρωσης, η οποία χρησιμοποιεί όλα τα υπάρχοντα δεδομένα, γνώσεις και εμπειρίες για τον μελετώμενο οδικό δίκτυο υπό την οπτική της ανάλυσης κινδύνου. Τα εργαστήρια (workshops) αποτελούν τον πυρήνα της μεθόδου. Τα ενδιαφερόμενα μέρη συγκεντρώνονται σε όλο το θέμα- συνεδρίες και τους ζητείται να δώσουν

³⁵ Στα αγγλικά ο όρος είναι threshold

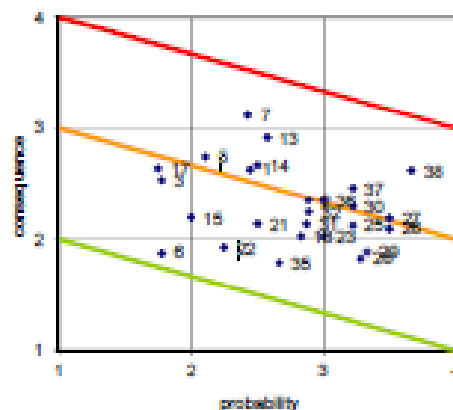
πληροφορίες σχετικά με το οδικό δίκτυο και να γίνει ποιοτική ανάλυση κινδύνου χρησιμοποιώντας κριτήρια που καθορίζονται από τα ενδιαφερόμενα μέρη. Παρόμοια κριτήρια χρησιμοποιούνται από την ΕΠΑ (EPA³⁶) σε διαδικασίες διαχείρισης πόρων του οδικού συστήματος, όπως διαθεσιμότητα, ασφάλεια, περιβάλλον, άμεσο τεχνικό κόστος κλπ.. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται για τμήματα του οδικού δικτύου που έχουν αξιολογηθεί ως περιοχές υψηλού κινδύνου.

Το τρίτο τμήμα περιλαμβάνει την ανάλυση τρωτότητας με τη βοήθεια ΓΣΠ:

Βήμα 1: Καθορισμός παραγόντων ευπάθειας

Βήμα 2: Συλλογή δεδομένων και συμπλήρωση δεδομένων GIS

Βήμα 3: Ανάλυση ΓΣΠ (Αναταξινόμηση δεδομένων με βάρη σχετικά με την τρωτότητα, Υπολογισμοί ράστερ, Τεκμηρίωση)



Εικόνα 45: Εκτίμηση κινδύνου χρησιμοποιώντας πίνακα κινδύνου³⁷ (Πηγή: (ROADAPT, 2015))

Η προσέγγιση ήταν η χρήση των υπάρχουσών λεπτομερών μεθόδων αξιολόγησης τρωτότητας με τη βοήθεια ΓΣΠ. Η τρωτότητα σε διαφορετικές απειλές αξιολογείται χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους και αυτό που παρέχεται είναι ένας οδηγός για τον εντοπισμό και την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αξιολόγησης για την απειλή που πρέπει να αναλυθεί και ένας οδηγός για τη πηγές δεδομένων σε ΓΣΠ άλλων κρατών.

Το τέταρτο τμήμα αφορά την εκτέλεση ανάλυσης κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων η οποία περιλαμβάνει τους δείκτες για τον κοινωνικοοικονομικό αντίκτυπο, την επιλογή απειλών προς αξιολόγηση και τέλος την μοντελοποίηση των πληροφοριών. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει την υποδομή (π.χ. φθορά του οδοστρώματος, κατολισθήσεις) ή άμεσα τις συνθήκες κυκλοφορίας (π.χ. δυνατή βροχή ή χιόνι) και επομένως και οι δύο περιπτώσεις θα υπάρξει μείωση του επιπέδου εξυπηρέτησης του δρόμου. Για τους χρήστες του δρόμου, το επίπεδο εξυπηρέτησης χαρακτηρίζεται από τρία βασικά κριτήρια: ασφάλεια, αποτελεσματικότητα και άνεση. Επειδή είναι αδύνατο να ποσοτικοποιηθεί η υποβάθμιση της ασφάλειας και της άνεσης υπολογίζεται πόσο επηρεάζεται ο χρόνος ταξιδιού, με υψηλό επίπεδο αβεβαιότητας σχετικά με την εμφάνιση και την πραγματική επίδραση των καιρικών φαινομένων. Στην συνέχεια γίνεται η επιλογή απειλών προς αξιολόγηση, η οποία βασίζεται στα προηγούμενα τμήματα, και οι συνέπειες αυτών στο οδικό τμήμα, μείωση ταχύτητας, διακοπή κυκλοφορίας, περιορισμός πρόσβασης με αλλαγή δρομολόγησης ή αποθήκευση του οχήματα (π.χ. βαρέα οχήματα).

Το πέμπτο τμήμα αφορά την επιλογή μέτρων και στρατηγικών προσαρμογής. Έχει αναπτυχθεί μια μεθοδολογία 10 βημάτων για την επιλογή στρατηγικής προσαρμογής. Αυτή η προσέγγιση παρέχει

³⁶ U.S. Environmental Protection Agency <https://www.epa.gov/>

³⁷ Στο πρωτότυπο κείμενο αναφέρεται ως Risk evaluation using risk matrix.

μια δομή για τη λήψη αποφάσεων, δίνει μια επισκόπηση των αποφάσεων που πρέπει να ληφθούν στη διαδικασία προσαρμογής και των παραγόντων επηρεάζει τις επιλογές και διευκρινίζει ποιες τεχνικές θα εφαρμοστούν, τότε και γιατί. Η οδηγία παρέχει συγκεκριμένες πληροφορίες για την ολοκλήρωση της προσέγγισης των 10 βημάτων. Τα βήματα 0 έως 3 παρέχουν βασικές πληροφορίες σχετικά με τις ανάγκες του οδικού δικτύου, επιπτώσεις και την τρέχουσα και μελλοντική ανθεκτικότητα των υποδομών. Τα βήματα 4 έως 8 αφορούν την επιλογή που αφορούν μέτρα και στρατηγικές προσαρμογής. Η διαδικασία επιλογής περιλαμβάνει επίσης την επιλογή συνδυασμού μέτρων που συνιστούν στρατηγική προσαρμογής και την κατάταξη μέτρων ανάλογα με τις συνέπειές τους στη λειτουργία και τη βιωσιμότητα. Τα βήματα 9 και 10 παρέχουν μια προοπτική για την έρευνα που θα βοηθήσει επίσης στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή εκτίμηση του χρόνου διάθεσης στην αγορά για την υποστήριξη της κατάρτισης ερευνητικών οδικών χαρτών.

STAGES	PRO-ACTION	PREVENTION	PREPARATION		RESPONSE		RECOVERY
			In preparation of an extreme event	Just before an extreme event	During an extreme event	Just after an extreme event	After an extreme event
OBJECTIVES	Enable smooth and safe traffic		Support disaster consequence reduction	Evacuation route, life supply route	Minimizing loss of business	Supply route for repairs and maintenance and	Supply route for recovery of affected area
Planning for CCI&EWE	Pro-active attitude	Prevention	Extreme event management				
Robust construction							
Legislation , regulations							
Resilient construction		Upgrade, retrofit, new construction					
Maintenance and management			Preventive Maintenance and Replacement				Corrective Maintenance and Replacement
Traffic management for CCI&EWE		Traffic management					
Capacity building	Capacity building						
Monitoring	Monitoring and prediction						
Research	Research						

Εικόνα 46: Πίνακας πολιτικής για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (Πηγή: (ROADAPT, 2015))

2.14 Ευρωπαϊκή πλατφόρμα κλιματικής αλλαγής (Climate-ADAPT)

Από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα του τελευταίου αποτελεί η ευρωπαϊκή πλατφόρμα κλιματικής αλλαγής (European Climate Adaptation Platform) Climate-ADAPT. Η πλατφόρμα είναι μια συνεργασία μεταξύ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΟΠ). Το Climate-ADAPT διατηρείται από τον ΕΟΠ με την υποστήριξη του Ευρωπαϊκού Θεματικού Κέντρου για τις Επιπτώσεις, την Τρωτότητα και την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή.

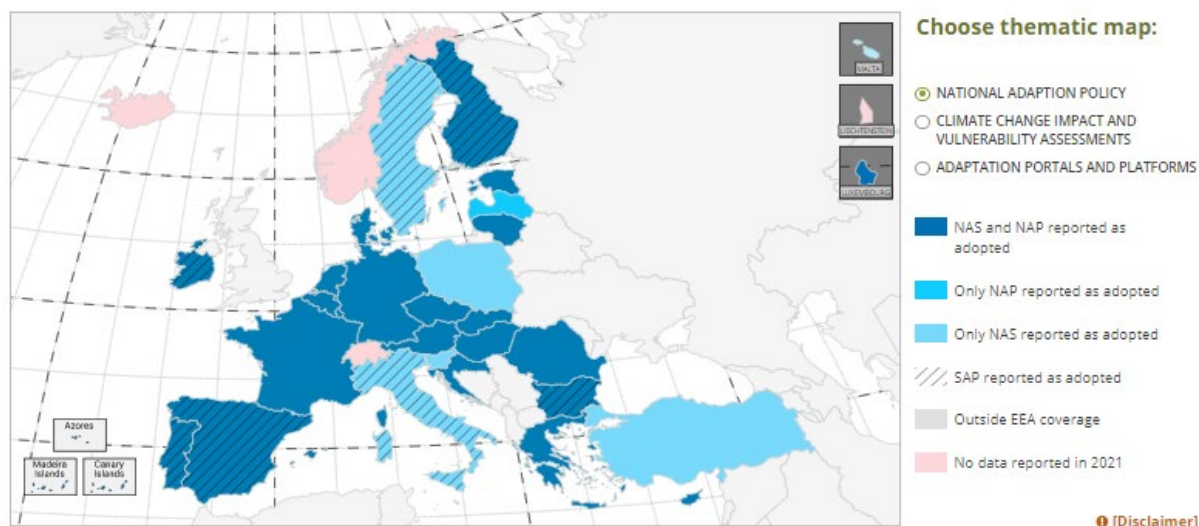
Το πρόγραμμα στοχεύει να υποστηρίξει την Ευρώπη στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή βοηθώντας τους χρήστες να έχουν πρόσβαση και να μοιράζονται δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με την αναμενόμενη κλιματική αλλαγή στην Ευρώπη, την τρέχουσα και μελλοντική τρωτότητα των κρατών σε διάφορους τομείς, στρατηγικές και δράσεις προσαρμογής ΕΕ, εθνικές και διακρατικές μελέτες και εργαλεία που υποστηρίζουν τον προγραμματισμό προσαρμογής. Το Climate-ADAPT περιλαμβάνει μια βάση δεδομένων που περιέχει ελεγμένες ποιοτικές πληροφορίες που μπορούν εύκολα να αναζητηθούν στα ακόλουθα κύρια σημεία εισόδου:

1. Πολιτική ΕΕ: Πολιτική προσαρμογής της ΕΕ, Προσαρμογή στους τομείς πολιτικής της ΕΕ (Γεωργία, Βιοποικιλότητα, Παράκτιες περιοχές, Δασοκομία, Διαχείριση υδάτων, Θάλασσα και αλιεία, Προσεγγίσεις βάσει οικοσυστήματος, Μείωση Κινδύνου Καταστροφών, Κτίρια, Ενέργεια, Μεταφορές, Υγεία, Αστική), Ε.Ε. Περιφερειακή Πολιτική, Χώρες, Διακρατικές Περιφέρειες, Πόλεις
2. Γνώση: Θέματα, Δεδομένα και δείκτες, Έργα έρευνας και καινοτομίας, Εργαλεία, Πρακτική,
3. Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο για το Κλίμα και την Υγεία (προσβάσιμο μέσω του "Knowledge")
4. Δίκτυα

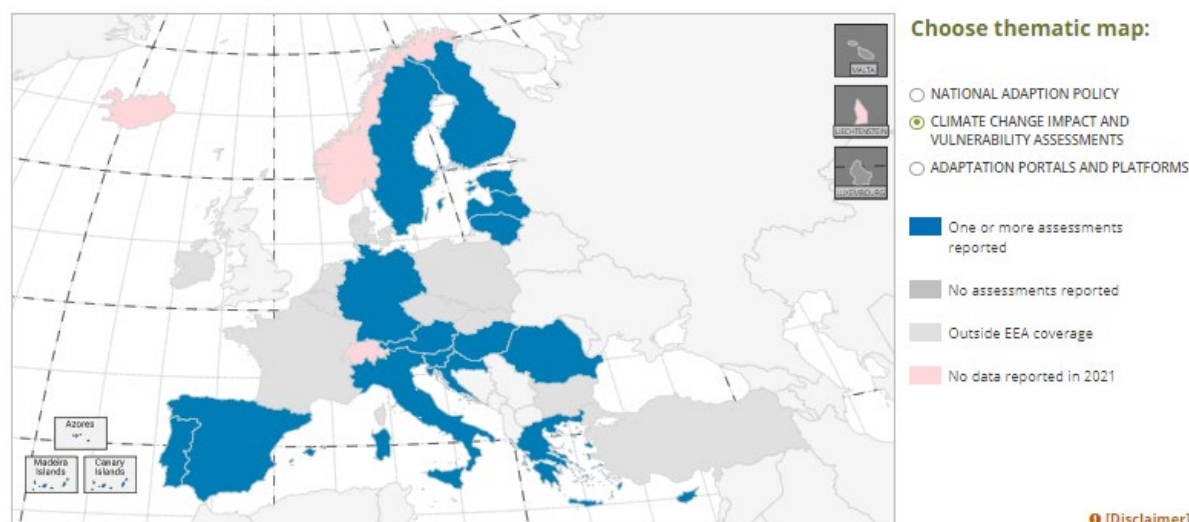
Εκτός από τις πληροφορίες παρέχονται θεματικοί χάρτες στους οποίους απεικονίζεται η ωριμότητα κάθε κράτους σε θέματα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 47: Στρατηγική 2022-2024 (Πηγή: (Climate-ADAPT, 2021))



Εικόνα 48: Θεματικός χάρτης με την πρόοδο των χωρών της ΕΕ σε θέματα εθνικής πολιτικής (Πηγή: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/countries-regions/countries>)



Εικόνα 49: Θεματικός χάρτης με την πρόοδο των χωρών της ΕΕ σε θέματα επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής και εκτίμηση τρωτότητας (Πηγή: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/countries-regions/countries>)

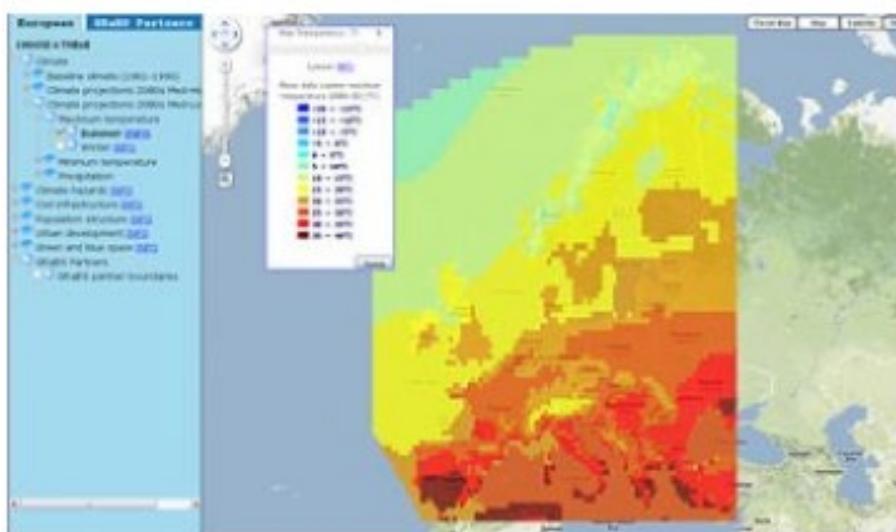
Σύμφωνα με το την στρατηγική Climate-Adapt 2022-2024, οι στόχοι και τα ορόσημα περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 15: Πίνακας με τα ορόσημα και τις προτεραιότητες της στρατηγικής Climate- Adapt 2022-2024 (Πηγή: (Climate-ADAPT, 2021)).

Έτος	Στόχοι σε προτεραιότητα	Ορόσημα	Δράση σε προτεραιότητα
2022	Ενδυνάμωση των ανθρώπων για δράση σε πολλαπλά επίπεδα	Παροχή Climate-ADAPT σε όλες τις γλώσσες της ΕΕ	Εφαρμογή του εργαλείου ηλεκτρονικής μετάφρασης της ΕΕ για το Climate-ADAPT
2023	Προώθηση λύσεων για δράση Ανθεκτικότητα σε περιφερειακό και κοινοτικό επίπεδο	Υποστήριξη των συμμετεχόντων στην Αποστολή της ΕΕ για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή με νέες ιδέες και τοπικού επιπέδου λύσεις	Μετατροπή του κεντρικού σημείου ανταλλαγής πληροφοριών λειτουργικό
2024	Παροχή αξιόπιστων δεδομένων και πληροφορίες Προώθηση λύσεων για δράση Ενδυνάμωση των ανθρώπων για δράση σε πολλαπλά επίπεδα Υποστήριξη της διεθνούς δράσης και ανταλλαγές για την προσαρμογή	Παροχή ουσιαστικής υποστήριξης για μέτρα προσαρμογής στις χώρες μέλη της ΕΕ με συνεκτικές και αλληλοϋποστηριζόμενες γνώσεις σχετικά με την προσαρμογή στην πλατφόρμα του Climate-ADAPT σε εθνικό επίπεδο	Πλήρης εφαρμογή συνδέσμων προς διεθνείς, εθνικές και τοπικές πλατφόρμες καθώς και ανάπτυξη διαλειτουργικότητας με σχετικούς πόρους για την κλιματική αλλαγή σε επίπεδο ΕΕ
	Όλοι οι στόχοι	Αξιολόγηση των επιτευγμάτων του Climate-ADAPT μέχρι το 2024 και εντοπισμός διδαγμάτων	Εις βάθος αξιολόγηση του προγράμματος

2.15 GRaBS Πρόγραμμα

Το GRaBS (Green and Blue Space Adaptation for Urban Areas and Eco Towns) έργο είναι ένα δίκτυο κορυφαίων πανευρωπαϊκών οργανισμών που συμμετέχουν στην ενσωμάτωση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή στον περιφερειακό σχεδιασμό και την ανάπτυξη. Το έργο GRaBS έχει 14 εταίρους, προερχόμενους από οκτώ κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που αντιπροσωπεύουν ένα ευρύ φάσμα αρχών και προκλήσεων για την κλιματική αλλαγή, όλοι με διαφορετικούς βαθμούς στρατηγικής πολιτικής και εμπειρίας. Το GRaBS Policy Guidelines παρέχει μια βάση δεδομένων περιπτώσιολογικών μελετών στρατηγικών προσαρμογής που εφαρμόζονται στις υποδομές των μεταφορών.



Εικόνα 50: Η πλατφόρμα του έργου GRaBs(Πηγή: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/grabs>)

Το έργο στοχεύει:

- ✓ Να αυξηθεί η ευαισθητοποίηση και να αυξηθεί η τεχνογνωσία σχετικά με το πώς οι «πράσινες» και «μπλε» υποδομές μπορούν να βοηθήσουν τη νέα και την υπάρχουσα αστική ανάπτυξη μικτής χρήσης να προσαρμοστεί στα προβλεπόμενα κλιματικά σενάρια των βασικών φορέων που είναι αρμόδιοι για τον χωροταξικό σχεδιασμό και την ανάπτυξη
- ✓ Να αξιολογήσει τους μηχανισμούς παροχής που υπάρχουν για την ανάπτυξη νέων αστικών μικτών χρήσεων και την αστική ανάπτυξη σε κάθε χώρα εταίρο και να αναπτύξει σχέδια δράσης ορθής πρακτικής για τον συντονισμό της παροχής: α. αστικό πράσινο, β. στρατηγικές προσαρμογής, γ. συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων που ασχολούνται με τον σχεδιασμό και των τοπικών κοινωνιών
- ✓ Να αναπτύξει ένα καινοτόμο, οικονομικά αποδοτικό και φιλικό προς τον χρήστη εργαλείο αξιολόγησης κινδύνου και τρωτότητας, για να βοηθήσει τον στρατηγικό σχεδιασμό προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή
- ✓ Να βελτιωθεί η κατανόηση και η συμμετοχή των ενδιαφερομένων και των

κοινοτήτων στο σχεδιασμό, την παροχή και τη διαχείριση πράσινων υποδομών σε νέα και υπάρχοντα αστική ανάπτυξη μικτής χρήσης.

2.16 Η περίπτωση της Γερμανίας

2.16.1 Γενικά

Προκειμένου να αναληφθεί η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή στη Γερμανία μέσα σε ένα πολιτικό πλαίσιο, η ομοσπονδιακή κυβέρνηση ενέκρινε τη Στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (DAS) τον Δεκέμβριο 2008 (Γερμανική Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση, 2008) που χρηματοδοτούνται από το Γερμανικό Ομοσπονδιακό Υπουργείο Μεταφορών και Ψηφιακής Υποδομής (BMVI)³⁸. Το DAS στοχεύει στη μείωση της ευπάθειας στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και διατήρηση ή ενίσχυση της ικανότητάς προσαρμογής των φυσικών, κοινωνικών και οικονομικών συστημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τον αντίκτυπο των σταδιακών κλιματικών αλλαγών όσο και τις συνέπειες των αυξανόμενων ακραίων φαινομένων. Η Γερμανία έχει ετοιμάσει Πλάνο κλιματικής Αλλαγής 2050 (Climate Protection Plan 2050 (BMU 2016)), Πρόγραμμα Κλιματικής Αλλαγής 2030 (Climate Protection Program 2030 (BMU 2019)) με μέτρα προστασίας του κλίματος για τη μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επίσης υπάρχει το πρόγραμμα KLIWAS24 διερεύνησε συγκεκριμένα επιπτώσεις στις γερμανικές πλωτές οδούς (BMVI, 2015), το πρόγραμμα AdSVIS με το έργο RIVA ασχολήθηκαν με τις κλιματικές επιπτώσεις στους ομοσπονδιακούς δρόμους, συμπεριλαμβανομένου ενός ανάλυση κινδύνου για συγκεκριμένα οδικά τμήματα. Από το 2016, η τεχνολογία και οι ικανότητες επτά τα τμηματικά ερευνητικά ινστιτούτα συγκεντρώθηκαν σε ένα νέο πρόγραμμα που επικεντρώνεται στην «Προσαρμογή των μεταφορών και υποδομές για την κλιματική αλλαγή και τα ακραία καιρικά φαινόμενα» (BMVI, 2017). Με την ενσωμάτωση προοπτικών για τις οδικές, σιδηροδρομικές και πλωτές μεταφορές, το πρόγραμμα προάγει τη διεπιστημονική ανταλλαγή γνώσεων και δεξιοτήτων. Έτσι δημιουργεί τη δυνατότητα για καινοτόμες λύσεις για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και τη βιώσιμη ανάπτυξη των Γερμανών σύστημα μεταφορών σε έναν διάλογο μεταξύ επιστήμης, πολιτικής και πρακτικής. Μαζί, επτά ομοσπονδιακοί Οι αρχές αντιμετωπίζουν περίπλοκες προκλήσεις που επηρεάζουν τον στρατηγικό σχεδιασμό στο επίπεδο των μεταφορών δικτύου καθώς και μέτρα τεχνικής προσαρμογής για διαδρομές κυκλοφορίας και μεμονωμένες υποδομές.

Το 2016, το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Μεταφορών και Ψηφιακών Υποδομών (BMVI) ξεκίνησε την ίδρυση του δικτύου εμπειρογνομώνων BMVI Γνώση – Δεξιότητες – Δράση, προκειμένου να προωθήσει τη συνεργασία των ερευνητικών ιδρυμάτων και των αρχών του τμήματος σε σχέση με την έρευνα πολλαπλών μεταφορών καλύπτοντας όλα τα δίκτυα μεταφορών. Το Ομοσπονδιακό Γραφείο Μεταφοράς Εμπορευμάτων (BAG), η Ομοσπονδιακή Ναυτιλιακή και Υδρογραφική Υπηρεσία (BSH), το Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Υδρολογίας (BfG), το Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Δρόμων (BAST)³⁹, το Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Υδραυλικής Μηχανικής (BAW), το Γερμανικό Μετεωρολογική Υπηρεσία (DWD) και το Γερμανικό Κέντρο Έρευνας Σιδηροδρομικών Μεταφορών (DZSF) στην Ομοσπονδιακή Αρχή Σιδηροδρόμων (EBA). Περισσότεροι από 70 επιστήμονες με

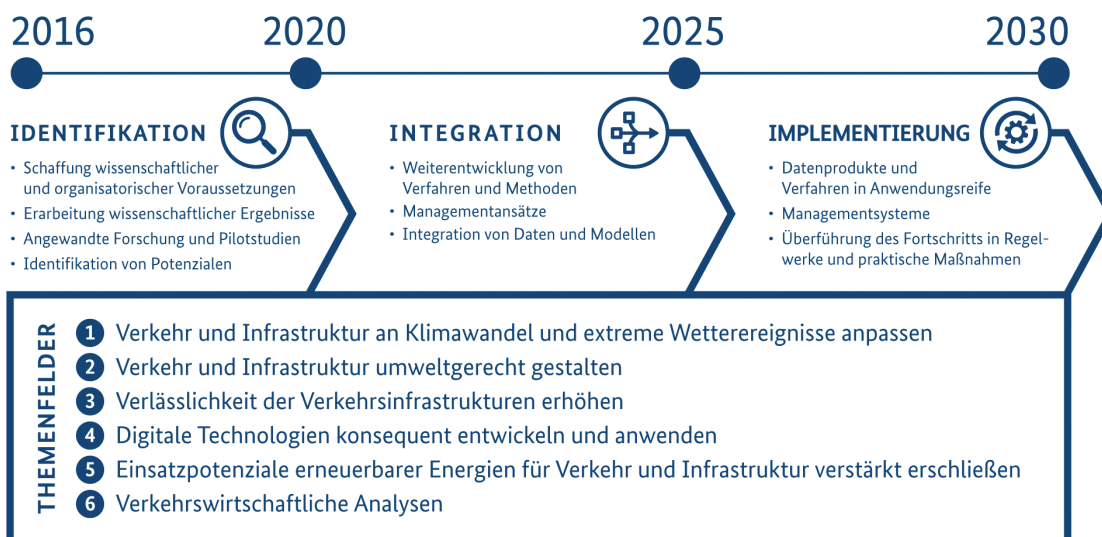
³⁸ www.bmvi-expertennetzwerk.de/

³⁹ Το Γερμανικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Ερευνών Αυτοκινητοδρόμων (BAST) παρέχει γνωμοδοτήσεις εμπειρογνομώνων, συμβουλευτικές υπηρεσίες και έρευνα σχετικά με τις οδικές υποδομές, συμπεριλαμβανομένης της δομικής τεχνολογίας και της μηχανικής θεμελίωσης, καθώς και πτυχές λειτουργίας και πολιτικής ασφάλειας.

διαφορετικές ικανότητες ερευνούν είναι δικτυακά και διεπιστημονικά προκειμένου να αναπτυχθούν λύσεις σε ζητήματα προσανατολισμένα στο μέλλον που σχετίζονται με το σύστημα μεταφορών. Οι ερευνητές είναι εκεί και οι ερευνητές είναι ενσωματωμένοι στις αρχές και λαμβάνουν τεχνική και οργανωτική υποστήριξη εκεί. Το περιεχόμενο της έρευνας και οι οργανωτικές διαδικασίες συντονίζονται μεταξύ του BMVI, των ανώτερων ομοσπονδιακών αρχών και των εμπειρογνομόνων. Η ερευνητική διαδικασία συνοδεύεται και από συνεχή αλληλεπίδραση με τους χρήστες. Αυτό το στρατηγικό ερευνητικό πλαίσιο περιγράφει πώς το δίκτυο εμπειρογνομόνων BMVI αντιμετωπίζει προκλήσεις όπως η κλιματική αλλαγή, η προστασία του περιβάλλοντος, η γήρανση των υποδομών και η ψηφιοποίηση και δείχνει πώς το όραμα μπορεί να επιτευχθεί βήμα προς βήμα. (Στρατηγική Έρευνας 2030 (BMVI Expert Network 2018)). Οι εργασίες ξεκίνησαν το 2016, υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με τη μορφή πιλοτικών έργων από το 2017 και αποτελούν τη βάση για την επιτυχή εφαρμογή της στρατηγικής έρευνας 2030 σε διάλογο με τους χρήστες⁴⁰.

FORSCHUNGSSTRATEGIE 2030

Das Verkehrssystem resilient und umweltgerecht gestalten



Εικόνα 51: Θεματικές περιοχές του δικτύου εμπειρογνομόνων BMVI στο πλαίσιο της στρατηγικής έρευνας 2030. (Πηγή: (BMVI, 2020))

Βασικό Λεξιλόγιο:

Identifikation = Αναγνώριση, Integration= Ενσωμάτωση, Implementierung = Εφαρμογή,

Themenfelder= θεματικές

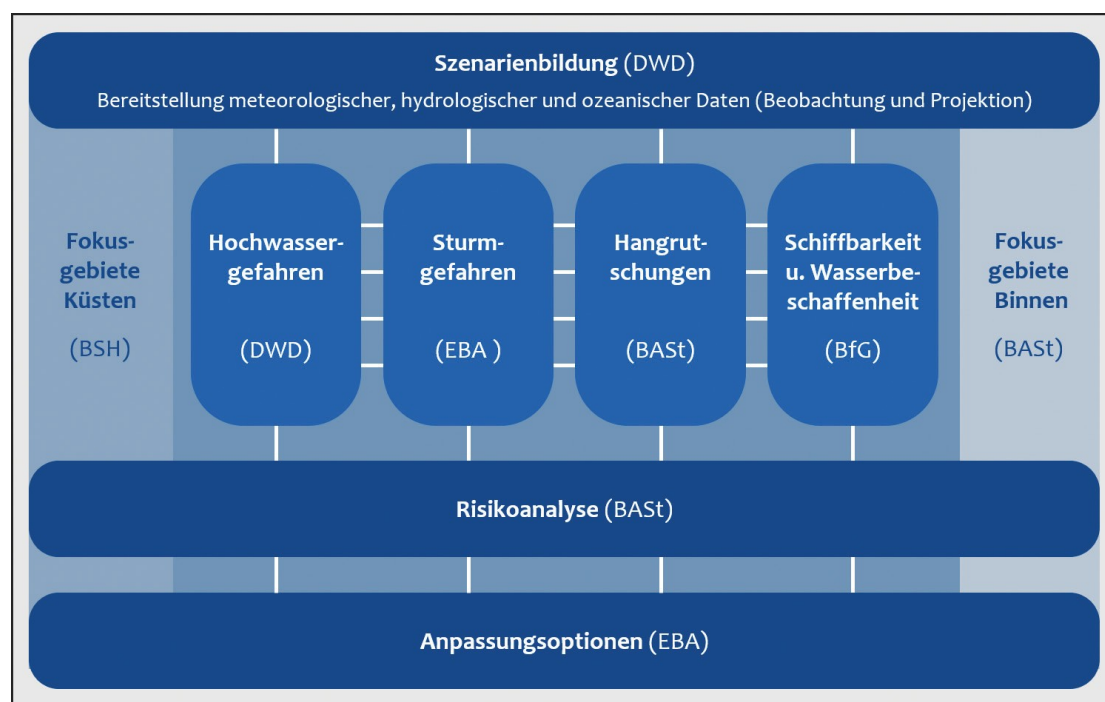
- 1) Προσαρμογή των μεταφορών και των υποδομών στην κλιματική αλλαγή και τα ακραία καιρικά φαινόμενα
- 2) Σχεδιασμός μεταφορών και υποδομών φιλικών στο περιβάλλον
- 3) Αύξηση της αξιοπιστίας των υποδομών των μεταφορών
- 4) Ανάπτυξη και χρήση Ψηφιακής Τεχνολογίας
- 5) Δυνητικές δυνατότητες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές και τις υποδομές
- 6) Οικονομική Ανάλυση των μεταφορών

⁴⁰ Τα αποτελέσματα της έρευνας αναπτύχθηκαν από κοινού από τις BSH, BfG, BAST, BAW, DWD και DZSF/EBA υπό τον συντονισμό της DWD.

Πρώτη ερευνητική φάση του δικτύου (2016-2019)

Η πρώτη φάση περιλάμβανε τη συλλογή δεδομένων που αφορούν την κλιματική αλλαγή στη Γερμανία - ξεκινώντας από σύνολα μετεωρολογικών δεδομένων αναφοράς που βασίζονται σε παρατηρήσεις, περιφερειακές προβλέψεις για τη μελλοντική ανάπτυξη του κλίματος, των ωκεανών και του υδατικού ισοζυγίου, μέχρι συγκεκριμένες παραμέτρους που σχετίζονται με τον χρήστη και τιμές σχεδιασμού. Δημιουργήθηκαν δύο βασικές μελέτες: η Ανάλυση Κλιματικών Επιπτώσεων και Ευπάθειας 2021 (KWVA 2021) και η Κλιματική προστασία (WSV 2021).

Πραγματοποιήθηκε μια πληθώρα εργαστηρίων απευθυνόμενο σε χρήστες του δικτύου και σε ενδιαφερόμενους φορείς, όπου το δίκτυο εμπειρογνομένων μοιράστηκε τις ερευνητικές του ιδέες, προσεγγίσεις και αποτελέσματα με ενδιαφερόμενους χρήστες από μια μεγάλη ποικιλία τομέων (π. ομοσπονδιακές και κρατικές αρχές, ερευνητικά ινστιτούτα, πανεπιστήμια, επιμελητές, κ.λπ.) και τις παρορμήσεις τους για περαιτέρω ερευνητικό έργο. Θα μπορούσαν να απαντηθούν πολλά ερωτήματα, αλλά υπήρχαν και ανοιχτά σημεία στην ατζέντα της έρευνας, τα οποία θα εργαστούν στη δεύτερη φάση του δικτύου εμπειρογνομένων BMVI⁴¹.



Εικόνα 52: Δομή έργου του θέματος Προσαρμογή των μεταφορών και των υποδομών στην κλιματική αλλαγή και τα ακραία καιρικά φαινόμενα (φάση χρηματοδότησης 2016-2019) με τις εννέα ερευνητικές του προτεραιότητες. Η αρχή που συντονίζει το κάθε ερευνητικό θέμα δίνεται σε παρένθεση.

Βασικό Λεξιλόγιο: Szenarienbildung=Δόμηση σεναρίων, Risikoanalyse=Ανάλυση Κινδύνων, Anpassungsoptionen =Εναλλακτικές λύσεις προσαρμογής

Τα ενημερωμένα και περαιτέρω αναπτυγμένα μετεωρολογικά δεδομένα αναφοράς που ονομάζονται «HYRAS», τα οποία ήταν ήδη διαθέσιμα ως πρώιμο ορόσημο του δικτύου εμπειρογνομένων BMVI και ενσωματώνουν επίσης μετεωρολογικά δεδομένα από τις χώρες που

⁴¹ www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Termine/2018/VIT www.bmvi-expertennetzwerk.de/VIT.

συνορεύουν με τη Γερμανία, χρησιμοποιούνται ήδη από πολλές κρατικές αρχές⁴². Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση επιπτώσεων και τρωτότητας του κλίματος της ομοσπονδιακής κυβέρνησης (DAS-KWVA 2021) και επίσης σε επίπεδο πολιτείας. Οι μονάδες μοντέλων που σχετίζονται με την απορροή και την ακτή και τα προϊόντα δεδομένων χρησιμοποιούνται στο έργο ProWaS (πιλοτικό έργο για τη βασική υπηρεσία DAS "Κλίμα και Νερό") και γίνονται προσιτά στο κοινό μέσω της διαδικτυακής πύλης KLiVO, η οποία ομαδοποιεί υπάρχοντα δεδομένα και πληροφορίες για την κλιματική αλλαγή καθώς και υπηρεσίες για στοχευμένη προσαρμογή στις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Τα αποτελέσματα και οι μέθοδοι του δικτύου εμπειρογνομόνων BMVI χρησιμοποιούνται όχι μόνο εντός αλλά και εκτός Γερμανίας. Για παράδειγμα, οι μονάδες υδρολογικών μοντέλων (LARSIM) χρησιμοποιούνται σε κοινά έργα με το Τσεχικό Υδρομετεωρολογικό Ινστιτούτο (CHMI) και την Ελβετική Ομοσπονδιακή Υπηρεσία για το Περιβάλλον (FOEN).

Οι χάρτες πληροφοριών που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του δικτύου χρησιμοποιούνται ήδη για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ) και αποτελούν ένα μέσο περιβαλλοντικής πολιτικής για την προστασία του περιβάλλοντος. Από το 2017, η νομοθεσία ορίζει ότι πρέπει να εξετάζεται η ευαισθησία των έργων στις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής.

Κατά τη διάρκεια του ερευνητικού προγράμματος BMVI KLIWAS, αναπτύχθηκε η ιδέα του εγχειριδίου Κλιματικής προστασίας (Climate Proofing). Με αυτό το εγχειρίδιο, οι χρήστες λαμβάνουν ένα πλαίσιο κατάλληλο για την πρακτική τους εργασίας για την ενσωμάτωση των προβληματισμών που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή σε συγκεκριμένες διοικητικές ενέργειες. Η εισαγωγή αυτού του εγχειριδίου συνοδεύεται από ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα. Από τις αρχές του 2018, η DB Netz⁴³ εργάζεται επίσης από μόνη της στο θέμα της «επίπτωσης του κλίματος» στη νέα ομάδα ειδικών. Το δίκτυο εμπειρογνομόνων BMVI βρίσκεται σε στενή επαφή με την DB Netz.

Η μεταφορά γνώσης από το δίκτυο εμπειρογνομόνων BMVI πραγματοποιήθηκε επίσης σε ένα ευρύτερο διεθνές πλαίσιο. Για παράδειγμα, οι εργαζόμενοι ήταν στην ομάδα εμπειρογνομόνων για τις κλιματικές επιπτώσεις και την κλιματική προσαρμογή για τα δίκτυα μεταφορών και κόμβους της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (Unecce, 2020)⁴⁴. Οι μέθοδοι και τα αποτελέσματα του δικτύου εμπειρογνομόνων BMVI για την ανάλυση των επιπτώσεων στο κλίμα και για την εξέταση κατευθυντήριων γραμμών και κανονισμών που παρουσιάστηκαν από τη γερμανική πλευρά συμπεριλήφθηκαν σε ένα κοινό τελικό έγγραφο ως σημαντική πρόταση για άλλα έθνη και αποτελούν πρότυπο για παρόμοια μέτρα στο άλλες χώρες.

Δεύτερη ερευνητική φάση του δικτύου εμπειρογνομόνων (2020-2025)

Οι εργασίες που ξεκίνησαν στη φάση 1 (2016-2019) του θέματος 1⁴⁵ στο δίκτυο εμπειρογνομόνων BMVI για την παρουσίαση του. Η ανάπτυξη του σχεδιασμού ενός πιο ανθεκτικού στο κλίμα

⁴² Το "HYRAS" χρησιμοποιείται ήδη από την ολλανδική μετεωρολογική υπηρεσία (KNMI) σε σχέση με τη διαχείριση του νερού.

⁴³ Εταιρεία διαχείρισης σιδηροδρόμων

⁴⁴ <https://www.unecce.org/trans/areas-of-work/trends-and-economics/activities/group-of-experts-on-climate-change-impacts-and-adaptation-for-transport-networks-and-nodes-wp5ge3.html>

⁴⁵ Θέμα 1 :Προσαρμογή των μεταφορών και των υποδομών στην κλιματική αλλαγή και τα ακραία καιρικά φαινόμενα

συστήματος μεταφορών θα συνεχιστεί και θα εμβαθύνει σε μια δεύτερη φάση επεξεργασίας (2020-2025) από το 2020. Εδώ, τα διαθέσιμα αποτελέσματα αναπτύσσονται περαιτέρω και ενσωματώνονται περαιτέρω επιστημονικά δεδομένα και μέθοδοι, όπου οι ολιστικές λύσεις για την προώθηση των συνεργειών μεταξύ έρευνας, ανάπτυξης και εφαρμογής βρίσκονται στο προσκήνιο. Πολλά σημαντικά ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν πρόσφατα στη φάση 1 ή παρέμειναν αναπάντητα έχουν ενσωματωθεί στον τεχνικό οδικό χάρτη του θέματος 1 και συνεπώς και στον τεχνικό σχεδιασμό της φάσης 2.

1. Θεωρήσεις σε τοπικό και αντικειμενικό επίπεδο, που συμπληρώνουν τις προηγούμενες εκτιμήσεις σε όλο το δίκτυο σχετικά με τους πλωτούς, οδικούς και σιδηροδρομικούς τρόπους μεταφοράς,
2. την ανάπτυξη μιας επιλογής παρατήρησης σε όλο το δίκτυο, όπου ο αντίκτυπος μπορούσε προηγουμένως να αναλυθεί μόνο σε περιφερειακό επίπεδο (υδάτινες οδοί),
3. το πρόβλημα της πρόβλεψης του κλίματος, ως μεταβλητή στον σχεδιασμό. Κλείσιμο του χάσματος μεταξύ της συνήθους πρόβλεψης (ημέρες σε μήνες) και των προβλέψεων (από 30 έτη),
4. Μεγαλύτερη προσοχή στον συσχετισμό των μεταφορών, π.χ. μια επισκόπηση των ροών κυκλοφορίας μέσω σιδηροδρομικών, οδικών και πλωτών οδών,
5. μεγαλύτερη εστίαση στις οικονομικές συνέπειες των κυκλοφοριακών διαταραχών (σε συνεργασία με το θέμα 6 «Οικονομικές αναλύσεις της κυκλοφορίας»),
6. περαιτέρω επεξεργασία των επιπτώσεων της επιταχυνόμενης ανόδου της στάθμης της θάλασσας και της καλοκαιρινής ξηρασίας που διαπιστώθηκε ότι ήταν ακόμη ικανές να αναπτυχθούν στην πρώτη φάση
7. η επέκταση των μεθόδων και διαδικασιών ανάλυσης ακραίων τιμών, π.χ. καταιγίδες και οι συνέπειές τους.

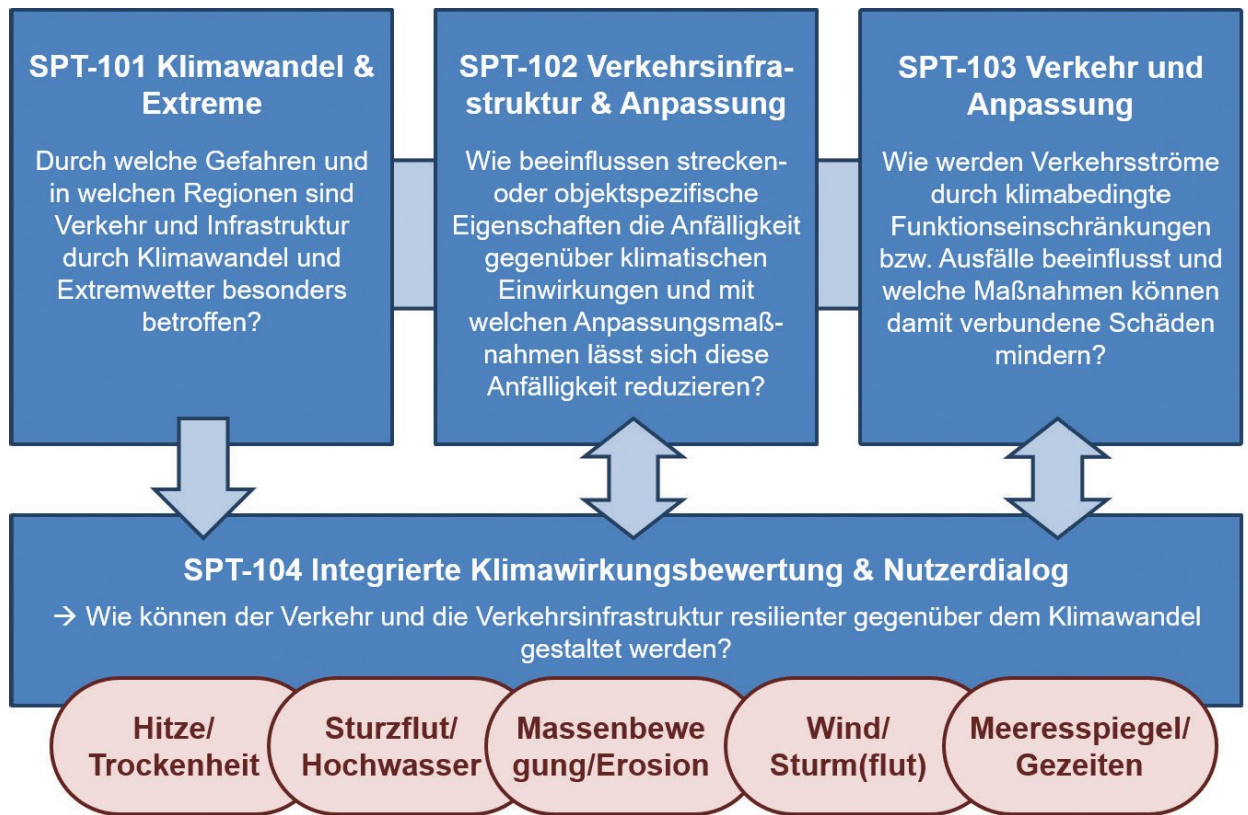
Τα εργαλεία ανάλυσης που είναι απαραίτητα για την επιτυχή προσαρμογή του συστήματος μεταφορών και τα βήματα αξιολόγησης εξετάζονται σε τέσσερα κύρια θέματα, τα οποία έχουν αναδιαρθρωθεί σε σύγκριση με την πρώτη ερευνητική φάση φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

Συγκεκριμένα, πραγματεύονται τα ακόλουθα κύρια θέματα⁴⁶:

- Το SPT-101 Κλιματική Αλλαγή & Άκρα (*Klimawandel & Extreme*) περιλαμβάνει όλα τα βήματα ανάλυσης από τη δημιουργία σεναρίου έως την ανάλυση έκθεσης για υποδομές μεταφορών (με την έννοια των εκτιμήσεων για τις κλιματικές επιπτώσεις).
- Το SPT-102 Μεταφορικές Υποδομές & Προσαρμογή (*Verkehrsinfrastruktur & Anpassung*) εξετάζει την ευαισθησία των υποδομών μεταφορών στην κλιματική αλλαγή και τα ακραία φαινόμενα καθώς και μέτρα προσαρμογής για τη μείωση της ευαισθησίας τους.
- Το SPT-103 Μεταφορικές Υποδομές & Προσαρμογή (*Verkehr & Anpassung*) αξιολογεί την κρισιμότητα των αστοχιών ή των λειτουργικών περιορισμών που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή και τα ακραία καιρικά φαινόμενα.
- Το SPT-104 Ολοκληρωμένη εκτίμηση επιπτώσεων στο κλίμα και διάλογος με τους χρήστες (*Integrierte Klimawirkungsbewertung & Nutzerdialog*) ενσωματώνει τα αποτελέσματα του KT-101 έως 103 σε μια αξιολόγηση και εκτίμηση επιπτώσεων, σε διάλογο με τους φορείς

⁴⁶ Το παρόν αποτελεί επεξήγηση της εικόνας

εκμετάλλευσης του οδικού δικτύου, παρέχει προϊόντα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση της κλιματικής ανθεκτικότητας του συστήματος μεταφορών.



Εικόνα 53: Οργανωτική δομή, βασικά ζητήματα και αντιμετωπισμένες κλιματικές επιρροές του θέματος 1 στην επόμενη φάση επεξεργασίας (2020-2025).

Τα ελλιπή δεδομένα είναι πάντα περιοριστικοί παράγοντες στην ερευνητική εργασία. Στην πρώτη φάση, η έλλειψη δεδομένων συμβάντων και υποδομών, τόσο σε επίπεδο διαδρομής όσο και σε επίπεδο αντικειμένου, αποδείχθηκε έλλειμμα και ανοιχτό σημείο για την επόμενη φάση. Εδώ θα πρέπει να αναφέρονται λεπτομερείς πληροφορίες εδάφους και πτυχές της ευαισθησίας των οδικών και σιδηροδρομικών κατασκευών (κίνδυνος πλημμύρας, προστασία μέσω επιχωμάτων) ή επίσης λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τη βλάστηση και την τοπογραφία που σχετίζονται με τις υποδομές (συμβάντα καταιγίδων). Υπάρχει επίσης δυναμικό στον τομέα των υδρολογικών-μετεωρολογικών δεδομένων που πρέπει να αξιοποιηθούν (εκτεταμένοι χάρτες κινδύνου πλημμύρας, δεδομένα βροχοπτώσεων ραντάρ, κλιματικά μοντέλα που επιτρέπουν τη μεταφορά, κλιματικές προβλέψεις). Η απόκτηση και η αξιολόγηση αυτών των δεδομένων είναι άλλο ένα έργο τα επόμενα χρόνια.

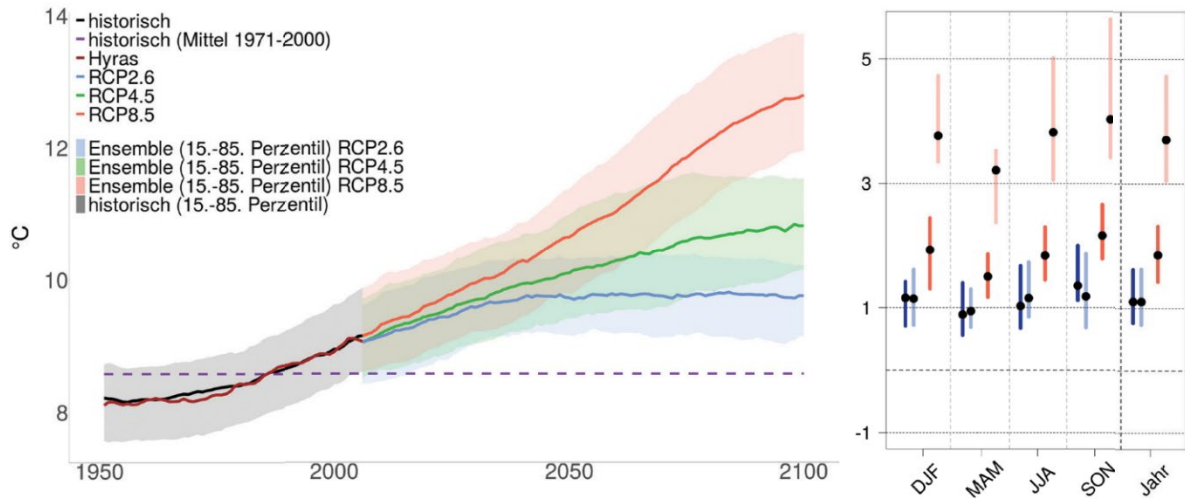
Στην μελέτη παρέχεται πληθώρα δεδομένων που αφορούν το κλίμα και την κλιματική αλλαγή και προβλέψεις των δεικτών της κλιματικής αλλαγής με την δημιουργία θεματικών χαρτών σε επίπεδο χώρες. Οι προβλέψεις είναι οι εξής:

- Με βάση τις διαθέσιμες κλιματικές προβλέψεις, μπορεί να αναμένεται περαιτέρω αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στη Γερμανία στο μέλλον. Οι διαθέσιμες προβλέψεις για

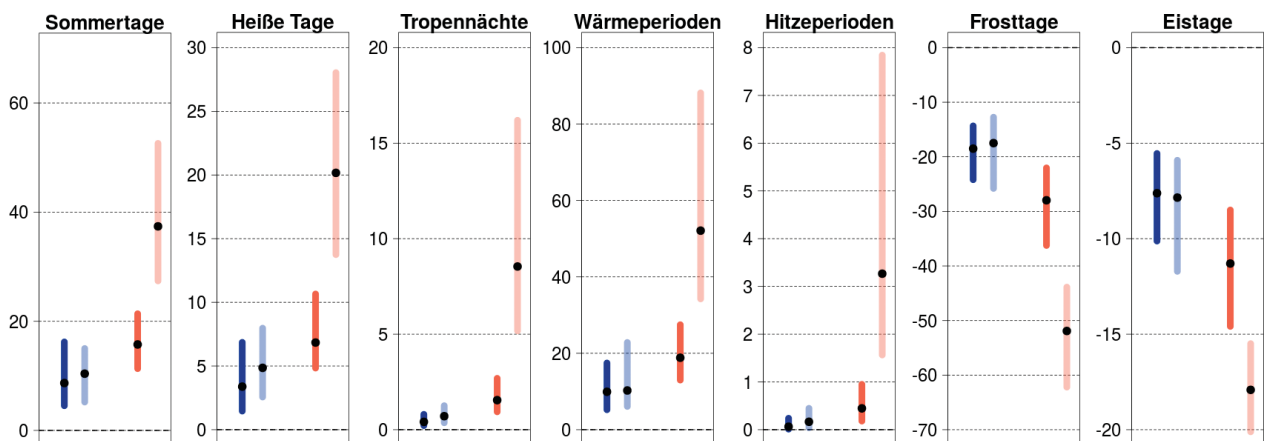
το κλίμα δείχνουν αύξηση 3,1 έως 4,7 °C στο μακρινό μέλλον για το σενάριο RCP8.5⁴⁷. Η συνεπής εφαρμογή των παγκόσμιων μέτρων προστασίας του κλίματος μπορεί να περιορίσει την αύξηση στους 0,9 έως 1,6 °C.

- Ιδιαίτερα σημαντικές αυξήσεις αναμένονται στην εμφάνιση εξαιρετικά υψηλών θερμοκρασιών και κυμάτων καύσωνα, ενώ παγετοί αναμένεται να συμβαίνουν λιγότερο συχνά.
- Οι βροχοπτώσεις αναμένεται να αυξηθούν ελαφρώς κατά μέσο όρο - ειδικά το χειμώνα και την άνοιξη, ενώ οι βροχοπτώσεις το καλοκαίρι ενδέχεται να μειωθούν. Επίσης μελλοντικά αναμένονται συχνότερες και πιο έντονες βροχοπτώσεις, εκ των οποίων ιδιαίτερα σπάνια ακραία φαινόμενα –σε σχετικούς όρους– θα αυξήσουν περισσότερο από λιγότερο ακραία φαινόμενα
- Με την άνοδο της μέσης θερμοκρασίας του αέρα αυξάνεται και η θερμοκρασία του νερού των μεγάλων ποταμών.
- Σε πολλά μέρη, η μέση ετήσια απόρριψη από τους μεγάλους ποταμούς δεν αλλάζει σχεδόν καθόλου, καθώς η αύξηση της απόρριψης το χειμώνα αντισταθμίζεται από μια μείωση το καλοκαίρι.
- Οι υπάρχουσες τάσεις για έντονες χειμερινές βροχοπτώσεις αυξάνονται σε ορισμένες περιοχές των ποταμών. Ως εκ τούτου, τα τμήματα ποταμών που χαρακτηρίζονται ήδη από χειμερινές πλημμύρες αναμένεται να κινδυνεύουν ολοένα και περισσότερο από πλημμύρες. Οι εκδηλώσεις χαμηλής στάθμης γίνονται πιο έντονες όπου το καλοκαίρι και το φθινόπωρο είναι ήδη η τυπική περίοδος χαμηλών υδάτων.
- Οι προβλέψεις για την ανάπτυξη της παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας στα τέλη του 21ου αιώνα συχνά δείχνουν άνοδο άνω του ενός μέτρου για το σενάριο «business-as-usual». Η ανάπτυξη της στάθμης της θάλασσας εξακολουθεί να υπόκειται σε μεγάλες αβεβαιότητες λόγω της επί του παρόντος δύσκολου προβλεπόμενου ανάπτυξης των μαζών πάγου της Αρκτικής και της Ανταρκτικής.
- Στις παράκτιες περιοχές αναμένεται απώλεια παλιρροϊκών επιπέδων σε περίπτωση ισχυρά επιταχυνόμενης ανόδου της στάθμης της θάλασσας, καθώς η φυσική μορφολογική προσαρμοστικότητα της θάλασσας περιορίζεται από την παροχή ιζημάτων. Οι αλλαγές στην υψηλή και την άμπωτη καθώς και στο παλιρροιακό εύρος είναι ετερογενείς χωρικά και χρονικά εντός του Γερμανικού Κόλπου.
- Οι ταχύτητες του ανέμου θα υπόκεινται επίσης σε υψηλή χρονική μεταβλητότητα στο μέλλον με μόνο μικρά μακροπρόθεσμα σήματα αλλαγής.
- Η αναμενόμενη συχνότερη εμφάνιση βορειοδυτικών καιρικών συνθηκών πάνω από τη Βόρεια Θάλασσα συνδέεται δυναμικά με πιο συχνή εμφάνιση τεταμένων καταστάσεων αποχέτευσης στην ακτή της Βόρειας Θάλασσας.

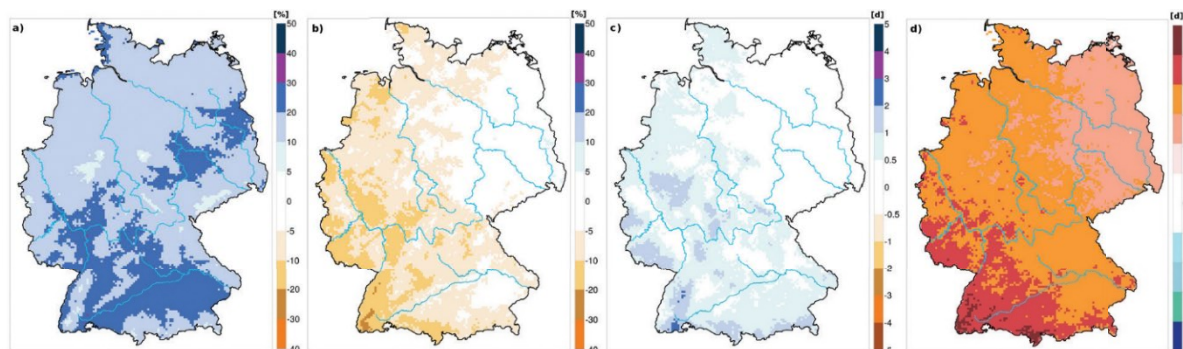
⁴⁷ Πολλές φορές στην βιβλιογραφία αναφέρεται ως «business-as-usual».



Εικόνα 54: Μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αέρα πάνω από τη Γερμανία ως χρονοσειρά (1951-2100, κινητός μέσος όρος 30 ετών, αριστερά) και ως σήματα αλλαγής (δεξιά) για το κοντινό (σκοτεινή σκιά) και το μακρινό μέλλον (ανοιχτή σκιά) σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς. Η χρονοσειρά παρουσιάζεται για δεδομένα παρατήρησης (HYRAS) και τρία σύνολα κλιματικών μοντέλων (για το σενάριο προστασίας του κλίματος RCP2.6, το μέτριο σενάριο RCP4.5 και το σενάριο επιχείρησης όπως πριν από το σενάριο RCP8.5). Η βιολετί διακεκομμένη γραμμή δείχνει τη μέση τιμή από την εκτέλεση του ιστορικού μοντέλου για την περίοδο αναφοράς. Τα σήματα αλλαγής (διάμεσος του συνόλου ως μαύρη κουκκίδα και το εύρος ως παχιά γραμμή) εμφανίζονται για τις εποχές (χειμώνας [(DJF), άνοιξη [MAM], καλοκαίρι [JJA], φθινόπωρο [SON]]) και το έτος για το σενάριο για την προστασία του κλίματος (μπλε) και το σενάριο επιχειρηματικότητας όπως πριν (κόκκινο).



Εικόνα 55 Προβλεπόμενη κλιματική αλλαγή (μέση γερμανική, σε ημέρες) για επτά κλιματικούς δείκτες με βάση τη θερμοκρασία (βλ. ορισμό στο κείμενο ή στις υποσημειώσεις) για το κοντινό (σκοτεινή σκιά) και το μακρινό μέλλον (ανοιχτή σκιά) σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς με τη χρήση του σενάριο προστασίας του κλίματος (μπλε) και σενάριο business-as-usual (κόκκινο). Εμφανίζονται η διάμεσος του συνόλου (μαύρο σημείο) και το εύρος ζώνης των σημάτων αλλαγής.

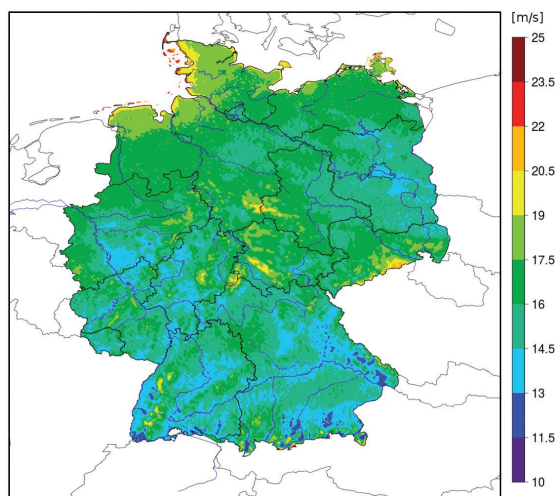


Εικόνα 56: Αλλαγές στο 50ο εκατοστημόριο για τη μέση συνολική βροχόπτωση το χειμώνα (α) και το καλοκαίρι (β), τον αριθμό των ημερών έντονης βροχόπτωσης (> 20 mm) το χειμώνα (γ) και τον αριθμό των ημερών ξηρής βροχόπτωσης (< 1 mm) το καλοκαίρι (δηλαδή) για το σενάριο «business as-usual» στο απώτερο μέλλον σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς.

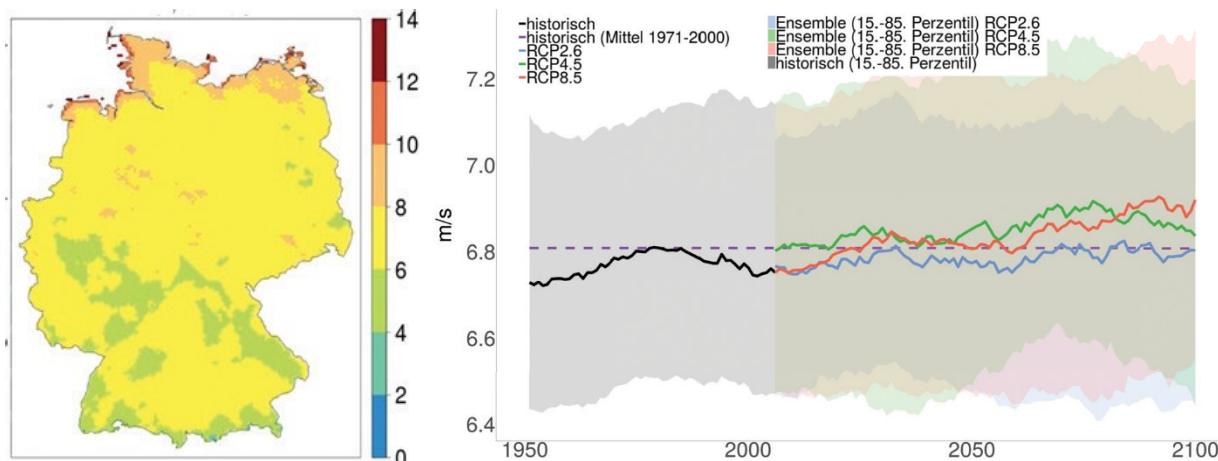
Για τους ανέμους τις καταιγίδες και τα ακραία καιρικά φαινόμενα, σύμφωνα με την μελέτη οι ενδείξεις αλλαγής στον άνεμο είναι γενικά αρκετά μικρά σε σύγκριση με τη φυσική μεταβλητότητα - τόσο στην ενδοχώρα όσο και στις γερμανικές ακτές. Στη νότια Βόρεια Θάλασσα και στη Βαλτική Θάλασσα, οι προσομοιώσεις τοπικά συνδεδεμένων κλιματικών μοντέλων υποδεικνύουν συχνότερα γεγονότα καταιγίδων στο μέλλον. Λόγω της υψηλής φυσικής μεταβλητότητας του ανέμου, αυτές οι αξιολογήσεις δεν επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις αλλαγές για τα φαινόμενα καταιγίδας.

Υψηλές ταχύτητες ανέμου μπορεί να εμφανιστούν τόσο σε μεγάλη κλίμακα σε συνοπτική κλίμακα, για παράδειγμα κατά τη διάρκεια καταιγίδων και έντονων ψυχρών μετώπων, αλλά και σε τοπικό επίπεδο σε σχέση με καταιγίδες ή ζώνες σύγκλισης μεσοκαλοκαιριού. Ενώ μεγάλης κλίμακας καταιγίδες που συνδέονται με καιρικά μέτωπα μπορούν επίσης να προσομοιωθούν καλά από μοντέλα με μικρότερη ανάλυση, η τοπική εμφάνιση ισχυρών ανέμων κατά τη διάρκεια καταιγίδων μπορεί ακόμα να προσομοιωθεί σε πολύ περιορισμένο βαθμό και συχνά υποτιμάται.

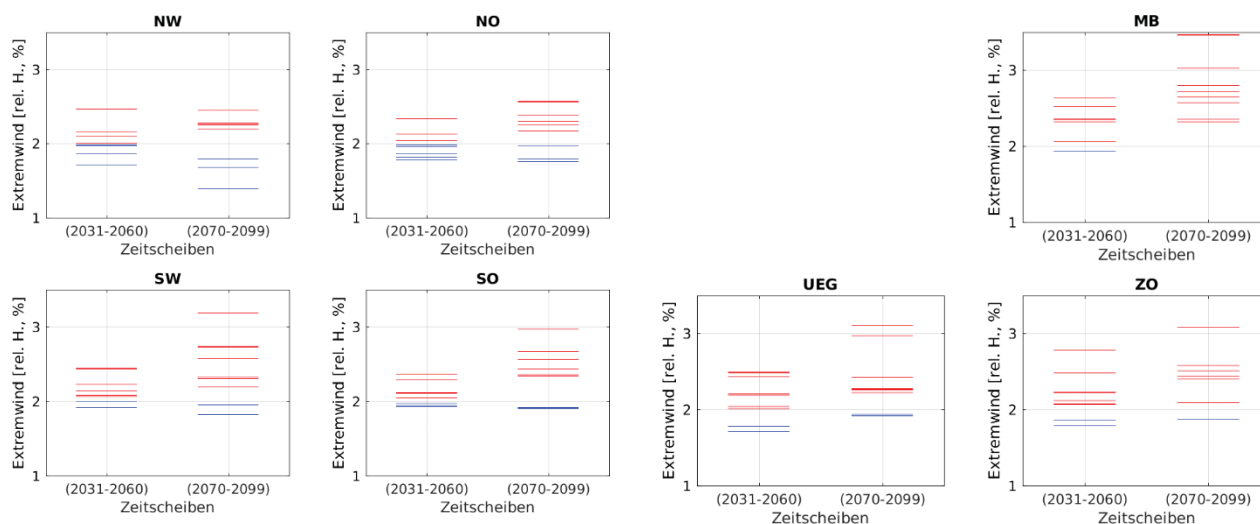
Οι διαθέσιμες κλιματικές προβολές του συνόλου δείχνουν μόνο μικρές αλλαγές στις υψηλές ταχύτητες ανέμου πάνω από τη Γερμανία τον 21^ο αιώνα. Η γκάμα του συνόλου παρουσιάζει υψηλή δεκαετή μεταβλητότητα.



Εικόνα 57: Χάρτης του 98ου εκατοστημόριου των ριπών ανέμου (σε m/s) στην περίοδο αναφοράς από προσομοιώσεις του COSMO-CLM με μέγεθος πλέγματος 2,8 km



Εικόνα 58: Χωρική κατανομή (διάμεσος του συνόλου περιφερειακής προβολής κλίματος στην περίοδο αναφοράς, αριστερά) και χρονική ανάπτυξη (κινητός μέσος όρος 30 ετών για το 1951–2100, δεξιά) του 98ου εκατοστημόριου των ημερήσιων ταχυτήτων ανέμου (m/s). Οι χρονοσειρές παρουσιάζονται για τρία σενάρια για το κλίμα (σενάριο προστασίας του κλίματος RCP2.6, μέτριο σενάριο RCP4.5 και σενάριο business-as-usual RCP8.5). Η μέση τιμή για την περίοδο αναφοράς υποδεικνύεται με διακεκομμένη γραμμή.



Εικόνα 59: Σχετικές συχνότητες ακραίων ταχυτήτων ανέμου για τη βορειοδυτική (ΒΔ), τη βορειοανατολική (ΝΟ), τη νοτιοδυτική (ΝΔ) και τη νοτιοανατολική Βόρεια Θάλασσα (SO), τη βόρεια (ΜΒ, Κόλπος της Θάλασσας) και την κεντρική Βαλτική Θάλασσα (ΖΟ) και τη μετάβαση περιοχή (UEG) στο κοντινό (κάθε αριστερά) και στο μακρινό μέλλον (δεξιά). Τα αποτελέσματα βασίζονται σε 8 υλοποιήσεις του σεναρίου business-as-usual με 2 συνδυασμένα μοντέλα ατμόσφαιρας-ωκεανού. Η σχετική συχνότητα των ακραίων ταχυτήτων ανέμου κατά την περίοδο αναφοράς ορίστηκε στο 2% για όλες τις θαλάσσιες περιοχές. Οι προβλεπόμενες αυξήσεις εμφανίζονται με κόκκινο, οι μειώσεις με μπλε.

Επίσης για την κυκλοφορία και τις κυκλοφοριακές υποδομές στις γερμανικές ακτές και τις θαλάσσιες περιοχές του Βορρά και τη Βαλτική Θάλασσα, ο άνεμος μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο. Οι καταιγίδες που προκαλούνται από τους ισχυρούς χερσαίους ανέμους μπορούν να οδηγήσουν σε

πλημμύρες και να προάγουν τη διάβρωση των ακτών. Επιπλέον, η μέση ταχύτητα ανέμου στις ακτές σε σύγκριση με την ενδοχώρα (με εξαίρεση τα βουνά) είναι σχετικά υψηλή, έτσι ώστε οι ταχύτητες του ανέμου κατά τη διάρκεια των καταιγίδων είναι υψηλότερες στην ακτή από ό,τι στην ενδοχώρα.

2.16.2 Κλιματικές επιπτώσεις - Πόσο και πού επηρεάζεται το γερμανικό σύστημα μεταφορών από την κλιματική αλλαγή και τα ακραία φαινόμενα

Το δίκτυο εμπειρογνομόνων BMVI αναλύει και αξιολογεί πώς η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει την κυκλοφορία και την κυκλοφοριακή υποδομή, και πιθανώς πιο συχνά ακραία καιρικά φαινόμενα, με βάση συμφωνημένα σύνολα δεδομένων και μεθόδους. Αυτό επιτρέπει μια πιο ομοιόμορφη αξιολόγηση μεταξύ των τριών τρόπων μεταφορών, οδικές, σιδηροδρομικές και πλωτές σε σχέση με τις προηγούμενες διαδικασίες για συγκεκριμένο τρόπο μεταφοράς.

Ένα συστατικό αυτής της εργασίας ολοκλήρωσης μεταξύ των τρόπων μεταφοράς είναι η ιδέα μιας κοινής ανάλυσης επιπτώσεων στο κλίμα. Σε αυτή τη βάση, η παρούσα και η μελλοντική δυνητικά μεταβαλλόμενη έκθεση των σιδηροδρομικών, οδικών και πλωτών οδών σε επιλεγμένες κλιματικές επιρροές και φυσικούς κινδύνους εξετάστηκε στην τρέχουσα φάση.

- Η υποδομή των μεταφορών έχει ήδη επηρεαστεί από μετεωρολογικές και υδρολογικές/υδραυλικές επιδράσεις. Για το σενάριο «business-as-usual», οι μελλοντικές προβλέψεις δείχνουν αύξηση των κινδύνων από πλημμύρες, κατολισθήσεις και χαμηλή στάθμη νερού. Η λειτουργία της διώρυγας του Κιέλου και σημαντικές παράμετροι ποιότητας του νερού θα επηρεαστούν επίσης αρνητικά. Δεν υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις αλλαγής για έκθεση σε καταιγίδες.
- Η έκθεση του συστήματος μεταφορών στις εξεταζόμενες κλιματικές επιρροές γενικά αυξάνεται προς τα τέλη του 21ου αιώνα, με ορισμένες διακυμάνσεις λόγω φυσικής μεταβλητότητας. Υποθέτοντας ότι το σενάριο προστασίας του κλίματος ή το πιο μετριοπαθές σενάριο οδηγεί – στο βαθμό που εφαρμόζεται στις επιμέρους εκτιμήσεις – σε σημαντικά χαμηλότερες αυξήσεις της έκθεσης μέχρι τη διατήρηση των συνήθων συνθηκών.
- Μετεωρολογικά ή υδρολογικά γεγονότα που δυνητικά επηρεάζουν πολλούς τρόπους μεταφοράς ταυτόχρονα, π.χ. πλημμύρες ποταμών που συνδέονται με ιδιαίτερα υψηλό κόστος ανά ημέρα.
- Η οικονομική σημασία μιας πιθανής περιορισμένης διαθεσιμότητας της υποδομής μεταφορών λόγω της κλιματικής αλλαγής εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από στον όγκο της κυκλοφορίας. Όσον αφορά τους δρόμους, δίνεται προτεραιότητα στις αστικές περιοχές στην περιοχή Ρήνου-Μάιν-Νέκαρ, στην περιοχή Κολωνίας/Βόννης έως τη μητροπολιτική περιφέρεια Ρήνου-Ρουρ και στα μεγάλα αστικά κέντρα (π.χ. Μόναχο, Νυρεμβέργη, Ανόβερο και Αμβούργο).
- Τα δεδομένα που συλλέγονται επιτρέπουν μια ποικιλία αναλύσεων και αξιολογήσεων. Ωστόσο, δεν είναι πλήρως διαθέσιμο για όλες τις κλιματικές επιπτώσεις που σχετίζονται με το σύστημα μεταφορών. Υπάρχουν σημαντικές αβεβαιότητες για το μοντέλο, ιδιαίτερα στην περίπτωση των ακραίων σημείων που εμφανίζονται συχνά σε τοπική κλίμακα (ισχυρές βροχοπτώσεις/πλημμύρες και καταιγίδες). Επιπλέον, υπάρχει έλλειψη δομημένων πληροφοριών σχετικά με την ευαισθησία της υποδομής μεταφορών σε επίπεδο αντικειμένου και διαδρομής.

- Τα αποτελέσματα των αναλύσεων των επιπτώσεων του κλίματος δείχνουν ότι στο μέλλον η διαθεσιμότητα της υποδομής μεταφορών –και συνεπώς η αξιοπιστία της κυκλοφορίας– πιθανότατα θα υποβαθμίζεται συχνότερα από ό,τι στο παρελθόν. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο προσαρμογής στις μεταβαλλόμενες μελλοντικές κλιματικές συνθήκες.

Όλα τα δεδομένα και συνεπώς και τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω υπόκεινται σε ορισμένες αβεβαιότητες. Αυτά προκύπτουν από τις παραπάνω υποθέσεις σχετικά με την ανάπτυξη της επιβολής του κλίματος στα σενάρια κλιματικής αλλαγής, τη φυσική (εσωτερική) μεταβλητότητα του κλιματικού συστήματος, τις απαραίτητες απλοποιήσεις στη μοντελοποίηση και τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων παρατήρησης. Σχετικά με τις αβεβαιότητες, ειδικά αυτή με το μέλλον για να εκφραστεί η δυναμική που σχετίζεται με τις δυναμικές προσομοιώσεις, δίνονται εύρη αποτελεσμάτων - στο μέτρο του δυνατού -περιέχουν το 70% όλων των διαθέσιμων αποτελεσμάτων του μοντέλου. Ο Πίνακας με τις επιπτώσεις παρατίθεται στο παράρτημα III.

2.16.3 Αξιολόγηση κρισιμότητας

Η ανάλυση των επιπτώσεων του κλίματος περιλαμβάνει μια απλοποιημένη αξιολόγηση της σημασίας των μεταφορών (κρισιμότητας) τμημάτων του ομοσπονδιακού δικτύου μεταφορών. Σε αυτήν την αξιολόγηση, γνωστή ως ανάλυση κρισιμότητας, χρησιμοποιούνται δείκτες για να περιγράψουν τη σημασία των τμημάτων διαδρομής σε σχέση με πιθανούς περιορισμούς στη διαθεσιμότητα.

Το υλικό δεδομένων που χρησιμοποιείται στην ανάλυση κρισιμότητας προέρχεται κυρίως από το Ομοσπονδιακό Σχέδιο Υποδομών Μεταφορών (BMVI 2015a). Η λεγόμενη πρόβλεψη ολοκλήρωσης κυκλοφορίας επιτρέπει π.χ. εκτίμηση του τρέχοντος (έτος αναφοράς 2010/2015) και του μελλοντικού (προβλεπόμενου έτους 2030) κυκλοφοριακού φόρτου. Η ανάλυση κρισιμότητας της κυκλοφορίας βασίζεται σε δεδομένα που δημιουργήθηκαν ανεξάρτητα από το θέμα «κλιματική αλλαγή και ακραία καιρικά φαινόμενα». Ωστόσο, υπάρχουν διαφορές για τους επιμέρους τρόπους μεταφοράς λόγω των δομών του δικτύου και των διαφορετικών λειτουργιών τους στο σύστημα μεταφορών.

Η αξιολόγηση της κρισιμότητας των οδικών τμημάτων του ομοσπονδιακού οδικού δικτύου κορμού βασίζεται σε μια προσέγγιση αξιολόγησης που βασίζεται σε δείκτες. Τα πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης κρισιμότητας, η οποία βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη, παρουσιάζονται χρησιμοποιώντας το παράδειγμα της μέσης ημερήσιας κίνησης (DTVW) σε ομοσπονδιακούς αυτοκινητόδρομους. Αυτή η απλουστευμένη αξιολόγηση δείχνει ότι οι ομοσπονδιακοί αυτοκινητόδρομοι εντός και μεταξύ των μητροπολιτικών περιοχών είναι τα κύρια σημεία κυκλοφοριακής συμφόρησης, πράγμα που σημαίνει ότι είναι πολύ σημαντικά από αυτή την άποψη. Η ανάλυση κρισιμότητας για το ομοσπονδιακό οδικό δίκτυο κορμού πραγματοποιείται στο πλαίσιο εξωτερικού ερευνητικού έργου και θα βασίζεται σε πρόσθετους δείκτες.

Για τον οδικό τρόπο μεταφοράς, η ανάλυση κρισιμότητας περιλαμβάνει αξιολόγηση της κυκλοφορίας βάσει δεικτών σημασία (κρισιμότητα) τμημάτων του ομοσπονδιακού οδικού δικτύου κορμού για τα έτη 2015 και 2030. Η ανάπτυξη της προσέγγισης αξιολόγησης και η εφαρμογή της ανάλυσης κρισιμότητας πραγματοποιούνται ως μέρος ενός εξωτερικού ερευνητικού έργου (Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG 2019). Τα πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης κρισιμότητας

παρουσιάζονται παρακάτω χρησιμοποιώντας το παράδειγμα μέσης ημερήσιας κίνησης σε ομοσπονδιακούς αυτοκινητόδρομους.

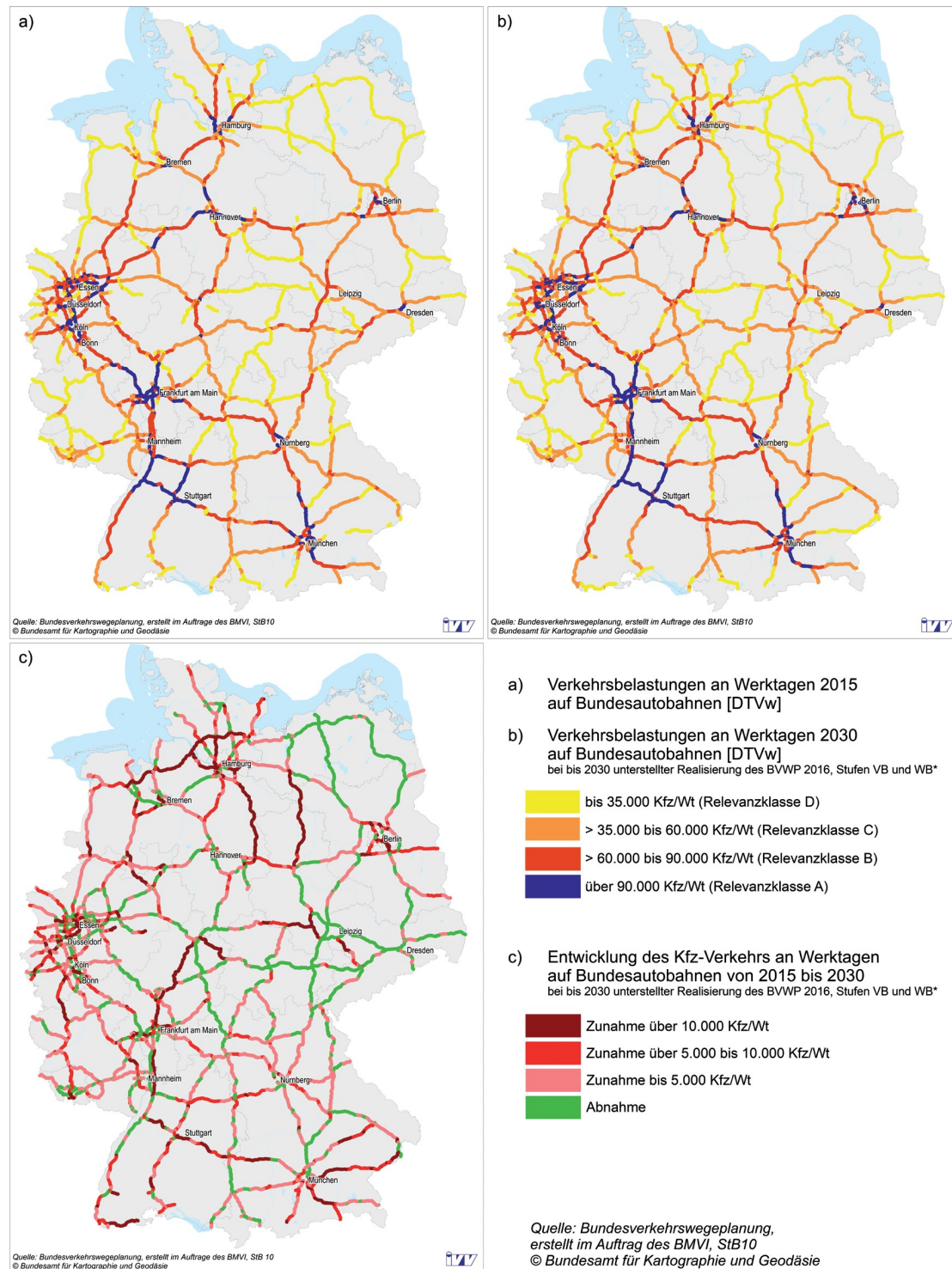
Η βάση δεδομένων της ανάλυσης κρισιμότητας είναι τα αποτελέσματα του ομοσπονδιακού σχεδιασμού διαδρομής μεταφορών. Αυτό περιλαμβάνει πραγματικά και προγνωστικά δεδομένα για τα έτη 2015 και 2030 σχετικά με τους κυκλοφοριακούς φόρτους στο τρέχον και μελλοντικό οδικό δίκτυο. Η αξιολόγηση της σημασίας των μεταφορών βασίζεται σε δείκτες που προέρχονται από αυτή τη βάση δεδομένων. Ένας κεντρικός και επί του παρόντος μοναδικός δείκτης στην τρέχουσα έκδοση της ανάλυσης κρισιμότητας είναι η μέση ημερήσια κίνηση. Περιγράφει τον μέσο αριθμό οχημάτων ανά εργάσιμη ημέρα σε τμήματα του ομοσπονδιακού οδικού δικτύου κορμού.

Το παραπάνω σχήμα δείχνει τα αποτελέσματα της ανάλυσης κρισιμότητας με βάση αυτή την ταξινόμηση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ομοσπονδιακοί αυτοκινητόδρομοι αποτελούν αντικείμενο μεγάλης διακίνησης, ειδικά στα αστικά κέντρα. Τα τμήματα του ομοσπονδιακού δικτύου αυτοκινητοδρόμων που βρίσκονται ως επί το πλείστον εντός ή μεταξύ μητροπολιτικών περιοχών (FGSV 2008) έχουν επομένως υψηλή έως πολύ υψηλή συνάφεια με την κυκλοφορία. Η εξέλιξη της κυκλοφορίας έως το 2030 δεν σημαίνει ότι θα υπάρξει κάποια σημαντική αλλαγή στα κύρια σημεία κυκλοφοριακής συμφόρησης. Αυτό το παράδειγμα αποτελεί μια απλοποιημένη άποψη και θα πρέπει να συμπληρωθεί με πρόσθετους δείκτες στην περαιτέρω ανάπτυξη της ανάλυσης κρισιμότητας.

Πίνακας 16: Ταξινόμηση της μέσης ημερήσιας κίνησης στους ομοσπονδιακούς αυτοκινητοδρόμους σε κατηγορίες συνάφειας με την κυκλοφορία (Πηγή: (BMVI, 2020))

Κλάση	Περιγραφή	Μέση ημερήσια κίνηση
A	πολύ υψηλή συνάφεια με την κυκλοφορία	> 90.000 Kfz
B	υψηλή συνάφεια με την κυκλοφορία	> 60.000 Kfz bis ≤ 90.000 Kfz
C	μέτρια συνάφεια με την κυκλοφορία	> 35.000 Kfz bis ≤ 60.000 Kfz
D	χαμηλή συνάφεια με την κυκλοφορία	≤ 35.000 Kfz

Η προσέγγιση αξιολόγησης που αναπτύσσεται επί του παρόντος προβλέπει μια ταξινόμηση των δεικτών που σχετίζονται με τον όγκο της κυκλοφορίας σε συνάφεια με την κυκλοφορία. Για το σκοπό αυτό, σχηματίστηκαν τέσσερις κατηγορίες, από χαμηλή έως πολύ υψηλή συνάφεια με την κυκλοφορία, που φαίνεται στον παραπάνω πίνακα.



Εικόνα 60: Τα πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης κρισιμότητας χρησιμοποιώντας το παράδειγμα μέσης ημερήσιας κίνησης (DTVw) σε ομοσπονδιακούς αυτοκινητοδρόμους (Πηγή: Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG (2019)).

2.16.4 Μέτρα προσαρμογής που διερευνήθηκαν

Στον τομέα των μεταφορών, υπάρχει ένα ευρύ φάσμα μέτρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξουδετέρωση πιθανών επιρροών από μεταβαλλόμενες μετεωρολογικές και υδρολογικές συνθήκες. Στο δίκτυο εμπειρογνομόνων BMVI, εξετάστηκαν διάφορα μέτρα για τους οδικούς, σιδηροδρομικούς και πλωτούς τρόπους μεταφοράς που αναφέρονται στο δίκτυο σε σχέση με τις διάφορες κλιματικές επιπτώσεις και περιοχές. Για να μπορέσουμε να συμπεριλάβουμε το ευρύτερο δυνατό φάσμα μέτρων προσαρμογής στην εξέταση και να χρησιμοποιήσουμε αποτελεσματικά τις γνώσεις που είναι διαθέσιμες στις ανώτερες ομοσπονδιακές αρχές, πορίσματα από έργα ειδικά για τον τρόπο μεταφοράς των ανώτερων ομοσπονδιακών αρχών πριν από τη συγχώνευση στο δίκτυο εμπειρογνομόνων καθώς και τρέχοντα γειτονικά ή συνοδευτικά έργα των ανώτερων ομοσπονδιακών αρχών που περιλαμβάνονται.

Πληροφοριακή Προσέγγιση – Υπηρεσίες (Γερμανική νομοθεσία)

Για την επιτυχή προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή από νωρίς εντοπίστηκε η ανάγκη για συνεκτική βάση δεδομένων που να καλύπτει όλους τους τρόπους μεταφοράς και, σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, επίσης σε όλους τους τομείς δράσης. Ήδη σύμφωνα με την ισχύουσα γερμανική νομοθεσία, η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό μέτρων υποδομής μεταφορών. Αντίστοιχα χωρία μπορούν να βρεθούν στον νόμο περί περιφερειακού σχεδιασμού (ROG, Ενότητα 1 υπό Ενότητα 2 Παράγραφος 2 Αριθμός 6), στον Οικοδομικό Κώδικα (BauGB, κεφάλαιο 2, μέρος 1, ενότητα 1 υπό § 136 παράγραφος 2 αριθμός 1), στο νόμο για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (UVPG, Παράρτημα 4 αριθμός 4) και στον νόμο για τη διαχείριση των υδάτων (WHG, κεφάλαιο 2, ενότητα 1, § 6 παράγραφος 1 αριθμός). Αυτό συνοδεύεται από την ανάγκη να αποφευχθούν αντιφάσεις και αντιρρήσεις στις διαδικασίες.

Για να αποφευχθούν οι αντιφάσεις και η πολυπλοκότητα στις διαδικασίες, οι ανώτερες ομοσπονδιακές αρχές DWD, BfG, BAW και BSH παρουσίασαν την ιδέα για μια βασική υπηρεσία DAS "Κλίμα και Νερό" με την οποία μπορούν να παρέχονται μόνιμα κλιματολογικές, ωκεανογραφικές, καθώς και υδρολογικές παράμετροι και υπηρεσίες για διάφορους τομείς δραστηριότητας της DAS. Αυτό εφαρμόστηκε πρώτη φορά στο πιλοτικό έργο ProWaS, που αφορά την διαχείριση των υδάτινων πόρων στην Γερμανία (Nilson 2019), σύμφωνα με το οποίο, θα παρέχονται συνεπή στοιχεία και βοηθήματα ερμηνείας για τις λεκάνες απορροής των μεγάλων ποταμών (υδάτινων οδών) και του γερμανικού όρμου, που θα περιλαμβάνουν ενοποιημένες μεθοδολογικές εξελίξεις. Το 2020 δημιουργήθηκε η βασική υπηρεσία DAS «Κλίμα και Νερό» με τις πρώτες θέσεις και τα αντίστοιχα προφίλ εργασιών στις ανώτερες ομοσπονδιακές αρχές DWD, BfG, BAW και BSH. Σχεδιάζεται επέκταση του φάσματος εργασιών και υπηρεσιών στο πλαίσιο περαιτέρω κατανομής πόρων τα επόμενα χρόνια.

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό μέρος της υπηρεσίας είναι η δυνατότητα πρόσβασης στη βάση δεδομένων με άλλους φορείς, π.χ. οι αρχές των ομοσπονδιακών κρατών. Αυτός ο συντονισμός διασφαλίζει αφενός την εξάλειψη των αντικρουόμενων αποτελεσμάτων και των αποκλίσεων στα προτεινόμενα μέτρα προσαρμογής και τον προγραμματισμό των εργασιών στην εφαρμογή τους και αφετέρου την μείωση του κόστους - π.χ. για την ερευνητική εργασία του ίδιου του σχεδιαστή δράσης – από τη στιγμή που αποφεύγονται οι επικαλύψεις και δεν επαναλαμβάνονται οι ίδιες εργασίες. Συνεπώς, είναι σημαντικό να καταστούν τα δεδομένα και τα όλα τα εργαλεία που χρειάζονται για την ανάλυση

και ερμηνεία τους προσβάσιμα στο διαδίκτυο και να γνωστοποιηθούν μέσω ιστοσελίδων⁴⁸. Με αυτόν τον τρόπο, όλα τα σχέδια δράσης μπορούν να έχουν μια ενιαία βάση δεδομένων.

Ρυθμιστική προσέγγιση – σύνολα κανόνων και βάσεις αξιολόγησης

Οι κανόνες (π.χ. τεχνικά πρότυπα, κατευθυντήριες γραμμές) και οι βάσεις αξιολόγησης παρέχουν οδηγίες για δράση και εφαρμογή ή συστάσεις καθώς και τεχνικές προτάσεις στις διαδικασίες σχεδιασμού και βασίζονται σε αξιόπιστες γνώσεις από την επιστήμη, την τεχνολογία και την εμπειρία. Αποτελούν σημαντικό εργαλείο για την υλοποίηση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, καθώς οι μελλοντικές επιρροές ενσωματώνονται στους κανονισμούς και μπορούν επομένως να συμπεριληφθούν στον σχεδιασμό έργων. Εάν οι μελλοντικές κλιματικές συνθήκες ληφθούν υπόψη στις κανονιστικές προδιαγραφές, οι βλάβες και οι ζημιές μπορούν ουσιαστικά να περιοριστούν και να ελαχιστοποιηθούν.

Στο πλαίσιο έργων κατασκευής κυκλοφοριακών υποδομών, για τη μελέτη χρησιμοποιούνται κανονισμοί, οι οποίοι πρέπει να εγγυηθούν τη σταθερότητα και τη λειτουργικότητα αυτών των στοιχείων για τις επόμενες δεκαετίες. Μέχρι στιγμής, ωστόσο, οι επιπτώσεις των μελλοντικών αλλαγών που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή συχνά έχουν εξεταστεί ανεπαρκώς και ως εκ τούτου δεν έχουν ή μόνο εν μέρει ληφθεί υπόψη, καθώς τα δεδομένα σχεδιασμού βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα στοιχεία. Μια σημαντική πρόκληση κατά την προσαρμογή των κανονισμών με χρήση κλιματικών προβολών είναι η αντιμετώπιση των αβεβαιοτήτων στις προβλέψεις των πιθανών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Μία πρόταση είναι να εισαχθεί ένας συντελεστής «προσαρμογής του κλίματος». (Körpke 2012, Körpke et al. 2013), που παρόλη την ευκολία στην εφαρμογή δυστυχώς είναι πολύ ασαφής επειδή δεν περιλαμβάνονται οι τοπικές διαφοροποιήσεις και ελλοχεύει ο κίνδυνος υπερμεγέθους συντελεστή που θα οδηγήσει σε υψηλό κόστος κατασκευών.

Οι κανόνες, τα διατάγματα και τα πρότυπα των ευρωπαϊκών προτύπων (EN), του Γερμανικού Ινστιτούτου Τυποποίησης (DIN), της Ένωσης Γερμανικών Μεταφορικών Εταιρειών (VDV) αναλύθηκαν στους τομείς της υποδομής και των οχημάτων, της ενέργειας και της ασφάλειας. Τα επιλεγμένα σύνολα κανόνων ελέγχθηκαν συστηματικά σε σχέση με τις κλιματικές επιρροές της θερμοκρασίας, των βροχοπτώσεων, των καταιγίδων και των κεραυνών, και εντοπίστηκαν περιεχόμενο και αποσπάσματα των κειμένων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Οι πληροφορίες σχετικά με αυτό συλλέχθηκαν σε έναν τυποποιημένο πίνακα αποτελεσμάτων και αξιολογήθηκαν με βάση τις γνώσεις των ειδικών απαιτείται. Τα αποτελέσματα αυτού του έργου επιτρέπουν μια αρχική ιεράρχηση των απαιτούμενων ενεργειών και μεταφέρονται στις αρμόδιες επιτροπές τυποποίησης. Εκεί χρησιμεύουν ως ουσιαστική βάση για συζήτηση και βοηθούν στην επικοινωνιακή διαμόρφωση της περίπλοκης διαδικασίας συμπερίληψης κανόνων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή.

Ένα σημείο που συζητείται συχνά είναι η ένδειξη «απόλυτων αριθμών» στους κανονισμούς. Ενώ οι επιστήμονες εργάζονται με εύρη ζώνης για να λάβουν υπόψη τις αβεβαιότητες των μελλοντικών κλιματικών προβολών, οι σχεδιαστές συνηθίζουν να χρησιμοποιούν συγκεκριμένες πληροφορίες και αξίες. Επομένως, οι διακριτικές αποφάσεις καθίστανται περιττές. Εάν ένα εύρος μελλοντικής κλιματικής ανάπτυξης περιλαμβάνεται σε ένα πρότυπο ως μέρος μιας αναθεώρησης, πρέπει να προσφερθεί στον σχεδιαστή μια μεθοδική προσέγγιση για την επιλογή μιας τιμής από το εύρος

⁴⁸ Δεδομένα και πληροφορίες για την κλιματική αλλαγή είναι διαθέσιμες στην ιστοσελίδα <https://www.klivoportal.de>

ταυτόχρονα. Τα κριτήρια επιλογής θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη συγκεκριμένες παραμέτρους σχεδιασμού ή οριακές συνθήκες, π.χ. η διάρκεια ζωής και η κρισιμότητα του κατασκευαστικού στοιχείου. Μια άλλη σημαντική πτυχή είναι ο ορισμός των κανονισμών για μεγαλύτερες περιόδους. Παρά τις τακτικές αναθεωρήσεις, οι τυποποιημένες κατασκευές και τα κτίρια έχουν σχεδιαστεί για μακροπρόθεσμο ορίζοντα και πρέπει να είναι ανθεκτικά για μια αντίστοιχη χρονική περίοδο. Δεδομένου ότι η τακτική ενημέρωση είναι απαραίτητη και σημαντική για την ενσωμάτωση νέων γνώσεων από την έρευνα, θα ήταν επιθυμητή μια πιο δυναμική διαδικασία τυποποίησης που να επιτρέπει τη σκέψη σε μικρότερες χρονικές περιόδους.

Ένα εγχειρίδιο⁴⁹ έχει ετοιμαστεί προκειμένου να παράσχει βοήθεια/οδηγίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι αλλαγές στην κλιματική αλλαγή κατά τον σχεδιασμό του οδικού δικτύου, και ως εκ τούτου για τη συμμόρφωση με τις νόμους και πρότυπα. Αποτελεί μια συντονισμένη προσπάθεια προκειμένου να συμπεριληφθούν οι επιρροές της κλιματικής αλλαγής στον στρατηγικό σχεδιασμό και στον σχεδιασμό μέτρων που σχετίζονται με το αντικείμενο. Επιπλέον, σχεδιάζεται ένα συνοδευτικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τους υπαλλήλους των υπηρεσιών σχετικά με τον τρόπο χρήσης του εγχειριδίου.

Λειτουργική προσέγγιση της υποδομής μεταφορών – κατάλληλη διαχείριση

Η προσαρμοσμένη διαχείριση ή η εφαρμογή συστάσεων για δράση είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην περίπτωση τρόπων δράσης που εξαρτώνται από τη διαδικασία. Πρέπει να αντιμετωπιστεί μια εξωτερική διαδικασία (π.χ. ανάπτυξη βλάστησης) που έχει συνεχή ή επαναλαμβανόμενη επίδραση στην υποδομή μεταφορών. Αυτός ο τύπος επιλογής προσαρμογής χαρακτηρίζεται από επαναλαμβανόμενα μέτρα συντήρησης που εφαρμόζονται σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα. Σε αντίθεση με τα διαρθρωτικά μέτρα, για παράδειγμα, η διαχείριση μπορεί να προσαρμοστεί σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, η ανάπτυξη νέων μέτρων διαχείρισης και η επαλήθευση της αποτελεσματικότητάς τους μπορεί να είναι δύσκολη όταν πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλαπλές διαδικασίες. Επομένως, οι προσαρμογές στη διαχείριση απαιτούν μια ολοκληρωμένη κατανόηση των διαδικασιών που επηρεάζουν τον τρόπο μεταφοράς στη λειτουργικότητα και τη λειτουργικότητά του. Για την εφαρμογή των μέτρων διαχείρισης, βραχυπρόθεσμες έως μεσοπρόθεσμες (π.χ. εποχιακές) προβλέψεις σχετικών κλιματικών παραμέτρων (π.χ. βροχόπτωση, απορροή, θερμοκρασία) μπορεί να είναι χρήσιμες, ώστε να μπορεί να προγραμματιστεί η εφαρμογή των μέτρων και να αυξηθεί η αποτελεσματικότητά τους. Τα μέτρα που περιγράφονται παρακάτω αφορούν τις κλιματικές επιπτώσεις "Καταιγίδα" (ιδιαίτερα σχετική με τις οδικές και σιδηροδρομικές γραμμές), "χαμηλά νερά" (ιδιαίτερα σχετική στις εσωτερικές πλωτές οδούς) και «άνοδος της στάθμης της θάλασσας» (ιδιαίτερα σχετικές με τις ναυτιλιακές λωρίδες).

Ένας μεγάλος αριθμός διαταραχών της κυκλοφορίας και ζημιών στις υποδομές κυκλοφορίας μπορούν ήδη να ανιχνευθούν στις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις των υψηλών ταχυτήτων ανέμου. Σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς (1971–2000), οι τρέχουσες προβλέψεις δείχνουν μόνο πολύ μικρές αλλαγές $\pm 5\%$ τόσο για τους μέσους ανέμους όσο και για τους ισχυρούς ανέμους, χωρίς συγκεκριμένη διαφοροποίηση. Οι τεράστιες ζημιές στις υποδομές οφείλεται κυρίως στα ακραία καιρικά φαινόμενα, π.χ. καταιγίδες κλπ. που μπορούν να οδηγήσουν σε μερική ή πλήρη παύση λειτουργίας τμήματος του οδικού δικτύου, γεγονός που υποδεικνύει την αυξημένη ανάγκη προσαρμογής στα ακραία καιρικά φαινόμενα. Συνεπώς, ανεξάρτητα από πιθανές μελλοντικές

⁴⁹ WSV-Climate Proofing

αυξήσεις στη συχνότητα ή την ένταση των καταιγίδων ως μέρος της κλιματικής αλλαγής, τα μέτρα για την προστασία του οδικού δικτύου είναι απαραίτητα ακόμα και σήμερα.

Οι επιπτώσεις των ακραίων φαινομένων και πιο συγκεκριμένα του πλευρικού ανέμου είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικές για το οδικό δίκτυο όσον αφορά τις κλιματικές συνέπειες που σχετίζονται με την καταιγίδα. Τα υπάρχοντα μέτρα για την πρόληψη και τη μείωση των συντριμμιών από την καταιγίδα σε ομοσπονδιακούς δρόμους κορμού σχετίζονται με την βλάστηση παρά την οδό που περιλαμβάνουν μέτρα συντήρησης και φροντίδας της βλάστησης⁵⁰. Οι πλάγιοι άνεμοι αποτελούν ιδιαίτερη πηγή κινδύνου για τους χρήστες του δρόμου, ειδικά στις γέφυρες. Ορισμένες γέφυρες είναι ήδη εξοπλισμένες με ανεμοφράκτες για τη μείωση ή, στην καλύτερη περίπτωση, την αποφυγή ατυχημάτων που προκαλούνται από πλευρικούς ανέμους. Ωστόσο, μπορεί για εποικοδομητικούς λόγους η προσκόλληση του ανεμοφράκτες στις πληγείσες γέφυρες δεν είναι δυνατή ή είναι δυνατή μόνο σε περιορισμένο βαθμό. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η εφαρμογή ενός λεγόμενου συστήματος προειδοποίησης ανέμου μπορεί να έχει νόημα. Τα ατυχήματα που σχετίζονται με τον άνεμο μπορούν να αποφευχθούν με τα όρια ταχύτητας, τις μερικές παρακάμψεις ομάδων οχημάτων που κινδυνεύουν με εξαφάνιση και το πλήρες κλείσιμο των δρόμων. Το πρώτο πράγμα που πρέπει να κάνουμε εδώ είναι να ελέγξουμε ποια από τα μέτρα προσαρμογής που αναφέρονται χρησιμοποιούνται ήδη στην πράξη και εάν θα συνεχίσουν να αποδίδουν δικαιοσύνη στις επιρροές της κλιματικής αλλαγής στο μέλλον.

Λειτουργική προσέγγιση στις μεταφορικές δραστηριότητες – μέτρα προσαρμογής από την πλευρά των χρηστών της υποδομής

Η χωρική (εκ νέου δρομολόγηση) ή η χρονική μετατόπιση (αναβολή, με επαρκή χρόνο προειδοποίησης και πριν από τη βάρδια) της κυκλοφορίας είναι ήδη ένα κοινό μέτρο προσαρμογής στην περίπτωση περιορισμών διαθεσιμότητας ενός τρόπου μεταφοράς. Η ευελιξία και η ικανότητα αυτού του τύπου "προσαρμογής" εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα ελεύθερης χωρητικότητας στους αντίστοιχους εναλλακτικούς τρόπους μεταφοράς (διακίνηση, υποδομή και οχήματα/οδηγοί) και από μια πρόβλεψη που είναι επαρκής όσον αφορά τη διάρκεια και την αξιοπιστία.

Ακραία φαινόμενα μπορούν να οδηγήσει σε περιορισμένη ή διακοπτόμενη διαθεσιμότητα της υποδομής μεταφορών. Τέτοιες αστοχίες ή περιορισμοί οδηγούν αυτόματα σε χωρικές (αναδρομολόγηση) ή χρονικές (βάρδιες) τροποποιήσεις της κυκλοφορίας, οι οποίες μπορούν επομένως να θεωρηθούν ως μέτρο προσαρμογής. Αυτές οι μετατοπίσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν εντός του δικτύου του επηρεαζόμενου τρόπου μεταφοράς καθώς και να οδηγήσουν σε μετατόπιση σε άλλους τρόπους μεταφοράς, π.χ. σιδηροδρομικές μεταφορές. Οι έρευνες για τους μηχανισμούς επίδρασης τέτοιων μέτρων καθώς και οι αντίστοιχες προσομοιώσεις των ροών κυκλοφορίας αποτελούν μέρος της εργασίας του δικτύου εμπειρογνομόνων BMVI. Χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό υπολογιστικά μοντέλα και κυκλοφοριακά στοιχεία. Το πόρισμα είναι ότι η ad hoc αλλαγή δρομολόγησης είναι δυνατή στο δρόμο λόγω του μεγάλου πλεονασμού στο δίκτυο και εφαρμόζεται τακτικά σε περίπτωση περιστατικού. Η μετάβαση από το δρόμο σε άλλους τρόπους μεταφοράς δεν λαμβάνει χώρα λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους της πρόσθετης προσπάθειας μιας παράκαμψης και των ιδιαιτεροτήτων της οδικής μεταφοράς εμπορευμάτων (ακριβώς έγκαιρα και μεταφορά από πόρτα σε πόρτα, υψηλή αναλογία αξία των

⁵⁰ Η κατάλληλη διαχείριση της βλάστησης περιγράφεται σε φυλλάδια από την Research Society for Roads and Traffic. V. (FGSV). Στις "Οδηγίες για υπηρεσίες συντήρησης οδών, μέρος: πράσινη συντήρηση" (FGSV 2006),

αγαθών ως προς το κόστος μεταφοράς). Επιπλέον, η αλλαγή σε άλλο μεταφορικό μέσο απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο παράδοσης και ειδικές εγκαταστάσεις για την μετάβαση από το ένα στο άλλο π.χ. από το οδικό στο σιδηροδρομικό δίκτυο, που συνεπάγεται σε κάθε περίπτωση αύξηση του κόστους.

Μια χρονολογική μετατόπιση της κυκλοφορίας απαιτεί χαμηλό επείγοντα χαρακτήρα της μεταφοράς και τη διαθεσιμότητα επαρκών αποθηκευτικών δυνατοτήτων στην προέλευση και/ή τον προορισμό της μεταφοράς. Εκτός από οικονομικούς λόγους (κόστος εγκαταστάσεων αποθήκευσης μεγάλης κλίμακας), οι συνθήκες πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού έχουν επίσης περιοριστική επίδραση.

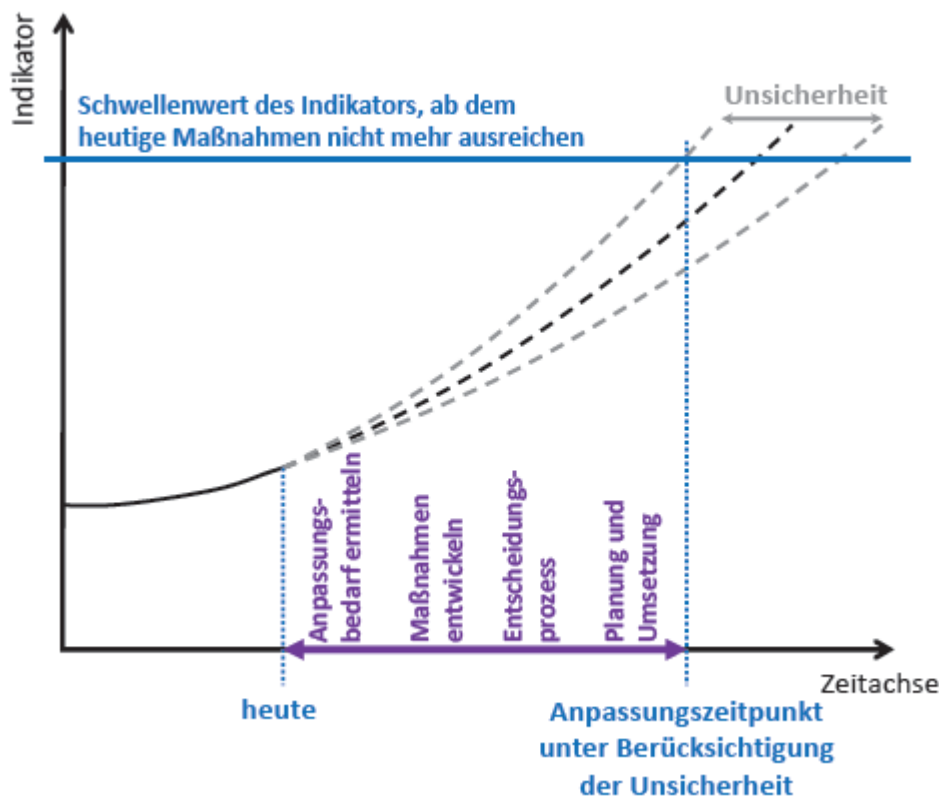
Αβεβαιότητες και προκλήσεις στην προσαρμογή του κλίματος

Στην πράξη, η εφαρμογή συγκεκριμένων μέτρων αντιπροσωπεύει συχνά μια πολύπλευρη πρόκληση. Από τη μία πλευρά προκύπτει από τα βασικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής θεώρησης της κλιματικής αλλαγής (μετάδοση του παγκόσμιου κλιματικού σήματος σε τοπικό επίπεδο, προσδιορισμός εμβέλειας, ευελιξία). Από την άλλη, αφορά τον πρακτικό σχεδιασμό και την εφαρμογή των μέτρων και απευθύνεται στους χρήστες σε διαφορετικά επίπεδα (νομικό/σχεδιαστικό, οργανωτικό/επιχειρησιακό, τεχνικό/δομικό). Ο ισχύων γερμανικός νόμος σχεδιασμού και έγκρισης είναι αντίθετος με τις απαιτήσεις προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή: είναι χρονοβόρος, δαπανηρός και ανελαστικός. Μια πρόσθετη πρόκληση έγκειται στον εντοπισμό κατάλληλων μέτρων: περισσότερα δεν σημαίνει απαραίτητα καλύτερα. Η ομαδοποίηση και η διαθεσιμότητα της γνώσης είναι κεντρικής σημασίας.

Το παγκόσμιο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής όταν μεταφέρεται σε τοπικό επίπεδο αυτόματα δημιουργεί αβεβαιότητες επειδή πρέπει να ληφθούν υπόψη μεταβλητές που αφορούν το τοπικό κλίμα και να γίνουν υποθέσεις σχετικά με την αλλαγή του κλίματος σε μεγάλο βάθος χρόνου και την συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Στο πλαίσιο της αξιολόγησης των επιπτώσεων του κλίματος, αυτές οι αβεβαιότητες αντιμετωπίζονται με την εξέταση των σειρών μοντέλων πιθανών μελλοντικών εξελίξεων.

Κατά την ανάπτυξη και την εφαρμογή μέτρων προσαρμογής στο κλίμα, υπάρχουν διάφορες στρατηγικές για την αντιμετώπιση αυτών των αβεβαιοτήτων. Για παράδειγμα, διάφορα σχεδιαζόμενα μέτρα μπορούν να διατηρηθούν διαθέσιμα για τα αντίστοιχα στάδια εκδήλωσης μιας παραμέτρου κλιματικής αλλαγής (π.χ. άνοδος της στάθμης της θάλασσας). Ανάλογα με το πόσο αλλάζει το κλίμα, μπορεί να εφαρμοστεί το ένα ή το άλλο μέτρο.

Μια άλλη δυνατότητα είναι η εφαρμογή μέτρων που έχουν όφελος ακόμη και χωρίς κλιματική αλλαγή ή στην περίπτωση σεναρίων που η κλιματική αλλαγή έχει πιο ήπια αποτελέσματα. Δεδομένου ότι οι χρόνοι προγραμματισμού και έγκρισης συχνά εκτείνονται σε αρκετά χρόνια ή δεκαετίες, η έγκαιρη δράση είναι σημαντική και η συνεχής παρακολούθηση των μεταβλητών που επηρεάζονται από το κλίμα (δείκτες) και η συνεκτίμησή τους κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και έγκρισης είναι ένας άλλος τρόπος αντιμετωπίζοντας την εγγενή αβεβαιότητα του συστήματος.



Εικόνα 61: Σχηματική αναπαράσταση των χρόνων ανάπτυξης και προγραμματισμού λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα (τροποποιήθηκε από Lowe et al. (2009); © Crown Copyright 2009).

Βασικό Λεξιλόγιο: heute=σήμερα, Anpassungszeitpunkt unter Berücksichtigung der Unsicherheit = Χρόνος προσαρμογής λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα, unsicherheit = Αβεβαιότητα, Schwellenwert des Indikators, ab dem heutige Maßnahmen nicht mehr ausreichen = Τιμή κατωφλίου του δείκτη πάνω από την οποία τα τρέχοντα μέτρα δεν επαρκούν πλέον, Anpassungs- bedarf ermitteln = προσδιορισμός ανάγκης προσαρμογής, Maßnahmen entwickeln = ανάπτυξη μέτρων, Entscheidungs- prozess = διαδικασία λήψης αποφάσεων, Planung und Umsetzung = Σχεδιασμός και εκτέλεση

Περαιτέρω προκλήσεις αφορούν τον πρακτικό σχεδιασμό και την εφαρμογή των μέτρων και συνεπώς τους χρήστες. Τον Νοέμβριο του 2018, το δίκτυο εμπειρογνομώνων BMVI πραγματοποίησε ένα εργαστήριο σχετικά με αυτό το θέμα για να εντοπίσει και να ταξινομήσει πιθανά εμπόδια από την πλευρά του χρήστη. Στο εργαστήριο συμμετείχαν κυρίως εκπρόσωποι ομοσπονδιακών, κρατικών και τοπικών αρχών, του ιδιωτικού τομέα (μηχανικοί και σύμβουλοι) και της έρευνας. Πιθανά εμπόδια και πώς να ξεπεραστούν συζητήθηκαν σε τρεις θεματικές ενότητες.

Νομικό πλαίσιο /σχεδιασμός: ασχολήθηκε με εμπόδια που μπορεί να προκύψουν σε επίπεδο σχεδιασμού, έγκρισης σχεδίου, νομοθεσίας και επιβολής του νόμου. Οι ασαφείς ευθύνες μεταξύ της ομοσπονδιακής κυβέρνησης και των ομοσπονδιακών πολιτειών και εντός των ομοσπονδιακών πολιτειών, οι συγκρούσεις συμφερόντων στο πλαίσιο του σχεδιασμού και η εν μέρει αντιφατική νομοθεσία ονομάστηκαν ως οι κύριες δυσκολίες.

Επιπλέον, επί του παρόντος λείπουν πολλοί νόμοι και κανονισμοί με σαφή ορισμό του τρόπου με τον οποίο λαμβάνεται υπόψη η κλιματική αλλαγή. Παραδείγματα σχετικών νόμων είναι ο νόμος περί

εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (UVPG)⁵¹, ο νόμος για τους υδάτινους πόρους (WHG) ή ο οικοδομικός κώδικας (BauGB)⁵². Συνολικά, απαιτείται πρόσθετη υποστήριξη με τη μορφή προδιαγραφών, συμβουλών ή βοηθημάτων ερμηνείας για σύνολα δεδομένων. Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή είναι επίσης ζήτημα οικονομικής προσιτότητας και ως εκ τούτου θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνεται στον οικονομικό προγραμματισμό.

Όσον αφορά την πιθανή εξάλειψη των εμποδίων, κατέστη σαφές ότι πολλοί χρήστες δεν είναι απολύτως σαφείς ποιος είναι υπεύθυνος στη διαδικασία σχεδιασμού για το θέμα της «κλιματικής αλλαγής». Σε γενικές γραμμές, απαιτείται επομένως μεγαλύτερη διαφάνεια όσον αφορά όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη που εμπλέκονται στην έγκριση σχεδιασμού. Ωστόσο, μια τέτοια επισκόπηση γίνεται πιο δύσκολη από το γεγονός ότι η έγκριση σχεδιασμού ρυθμίζεται διαφορετικά για κάθε τρόπο μεταφοράς.

Οργανωτική/λειτουργική σκοπιά ενός οργανισμού ή μιας εταιρείας, μπορεί να υπάρχουν διάφορα άλλα εμπόδια στην εφαρμογή των μέτρων προσαρμογής. Πρώτον, πρέπει να υπάρχει συνειδητοποίηση της ανάγκης προσαρμογής στην κλιματική μεταβλητότητα και η αλλαγή (ή η «θέληση» για δράση) συμπίπτει με την αντίστοιχη τεχνογνωσία. Για να γίνει αντιληπτό αυτό, οι εταιρείες πρέπει να ενημερωθούν για αυτά τα ζητήματα και να βελτιωθεί το επίπεδο γνώσης μέσω εκδηλώσεων εκπαίδευσης και ενημέρωσης.

Είναι σημαντικό οι πληροφορίες για την κλιματική αλλαγή να προετοιμάζονται με τρόπο που είναι κατάλληλος για τον αποδέκτη και η γλώσσα να είναι σαφής και κατανοητή. Επιπλέον, πρέπει να ικανοποιηθεί η ανάγκη των υπευθύνων λήψης αποφάσεων για «σκληρά» δεδομένα για τον προσδιορισμό της ανάγκης προσαρμογής και συγκεκριμένων μέτρων. Ένας τρόπος για να καλυφθεί αυτή η ανάγκη είναι να ευθυγραμμιστεί ή να διαστασιοποιηθεί το μέτρο προσαρμογής με το σημερινό υπάρχον ήδη ακραία καιρικά φαινόμενα που σχετίζονται με μεγάλη πιθανότητα ζημιών. Δεδομένου ότι η «εθελοντική αρχή» όσον αφορά την εφαρμογή μέτρων προσαρμογής του κλίματος συχνά δεν θεωρείται επαρκής από τους συμμετέχοντες στο εργαστήριο, οι νομικές απαιτήσεις για την εφαρμογή μέτρων σε εταιρείες και αρχές θα ήταν χρήσιμες. Στο στρατηγικό σχεδιασμό, η κλιματική αλλαγή είναι συχνά μόνο μια πτυχή μεταξύ πολλών που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Αποφασιστικό κριτήριο για τις εταιρείες για την εφαρμογή μέτρων προσαρμογής είναι η θετική σχέση κόστους-οφέλους.

Η γενική συναίνεση μεταξύ των συμμετεχόντων στο εργαστήριο είναι ότι τα περισσότερα τεχνικά/δομικά εμπόδια στην εφαρμογή των μέτρων προσαρμογής μπορούν να αρθούν εάν υπάρχει γενική βούληση για εξεύρεση λύσης και υπάρχουν διαθέσιμοι οι κατάλληλοι προϋπολογισμοί. Κατά κανόνα, η σκοπιμότητα δεν αποτυγχάνει λόγω τεχνικών εμποδίων, αλλά μάλλον λόγω έλλειψης συναίνεσης μεταξύ των εμπλεκόμενων. Οι τεχνικές ή πολιτικές προδιαγραφές και η προθυμία για συμβιβασμούς από την πλευρά της πολιτικής και της κοινωνίας, καθώς και το θάρρος να ανοίξουν νέο έδαφος καθορίζουν τη σκοπιμότητα τουλάχιστον όσο και την κατάσταση της γνώσης. Τεχνικά ή δομικά εμπόδια προκύπτουν όταν τα αντίστοιχα υλικά δεν είναι (ακόμη) διαθέσιμα (π.χ. εκτεταμένο εύρος ανοχής θερμότητας ενώ ταυτόχρονα διατηρούνται οι δυναμικές ιδιότητες). Σε αυτό το σημείο, πρέπει να διεξαχθεί προοδευτική έρευνα υλικού. Μια άλλη σημαντική πτυχή στον ειδικό σχεδιασμό

⁵¹ Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) <https://www.gesetze-im-internet.de/uvpg/BJNR102050990.html>

⁵² Bau Gesetz Buch <https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/>

των μέτρων είναι η διαθεσιμότητα των αξιών σχεδιασμού. Εάν συμβαίνει αυτό, μπορούν να βρεθούν τεχνικές και δομικές λύσεις.

Ο προσδιορισμός αυτών των αξιών γίνεται στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής όσο δύσκολο κι αν είναι. Ενώ η κλασική σχεδιαστική αξία βασίζεται σε αξίες από το παρελθόν, η κλιματική αλλαγή απαιτεί έναν σχεδιασμό που βασίζεται σε ένα αβέβαιο μέλλον ή σε ένα εύρος πιθανών εξελίξεων.

Μια θεμελιώδης πρόκληση στον σχεδιασμό και την εφαρμογή επιλογών προσαρμογής έγκειται στον εντοπισμό κατάλληλων μέτρων. Για παράδειγμα, το άθροισμα πολλών μεμονωμένων μέτρων δεν σημαίνει απαραίτητα καλύτερο αποτέλεσμα, αλλά μεμονωμένα μέτρα μπορούν υπό ορισμένες συνθήκες να εξουδετερώσουν το ένα το άλλο. Κατανόηση του συστήματος σε πολλές κλίμακες και απαιτούνται επίπεδα επιπτώσεων. Αυτό περιλαμβάνει την κατανόηση του πώς λειτουργεί το μεμονωμένο μέτρο σε μια ομάδα μέτρων και πώς η ομάδα μέτρων συγχωνεύεται σε οποιαδήποτε υπάρχουσα στρατηγική προσαρμογής. Η συλλογή της απαραίτητης γνώσης (εάν υπάρχει) ή η παραγωγή της μπορεί επίσης να αποτελέσει πρόκληση για την υλοποίηση της ανάγκης προσαρμογής. Ως εκ τούτου, η ομαδοποίηση της γνώσης αποτελεί κεντρικό δομικό στοιχείο στον δρόμο προς τις στρατηγικές βιώσιμης προσαρμογής και τη λήψη μέτρων. Απαιτείται θάρρος για την εφαρμογή νέων τύπων τεχνικών μέτρων, για παράδειγμα, προκειμένου να συνεχίσουμε να διευρύνουμε τις γνώσεις μας με την εμπειρία που έχουμε αποκτήσει και έτσι να μπορέσουμε να σχεδιάσουμε την κλιματική προσαρμογή του συστήματος μεταφορών με πιο στοχευμένο και αποτελεσματικό τρόπο. το μέλλον όσο δύσκολο κι αν είναι. Ενώ η κλασική σχεδιαστική αξία βασίζεται σε αξίες από το παρελθόν, η κλιματική αλλαγή απαιτεί έναν σχεδιασμό που βασίζεται σε ένα αβέβαιο μέλλον ή σε ένα εύρος πιθανών εξελίξεων (βλ. παράγραφο για νομικά/προγραμματιστικά εμπόδια).

2.16.5 Συμπεράσματα και προοπτικές

Ο πρωταρχικός στόχος της ενίσχυσης των μεθοδολογικών δεξιοτήτων των ανώτερων αρχών μέσω της στενής συνεργασίας στο δίκτυο εμπειρογνομόνων BMVI και της παροχής ομοιόμορφων προσεγγίσεων για την αξιολόγηση των κλιματικών επιπτώσεων για τους τρόπους μεταφοράς των τρένων, οδικών και πλωτών οδών, ορίστηκε για το θέμα της κλιματικής προσαρμογής στο ομοσπονδιακό σύστημα μεταφοράς. Στο πλαίσιο της ανταλλαγής μεταξύ υπηρεσιών, έγιναν επίσης βήματα προς μια συνεπή και συνεκτική προοπτική σχετικά με το θέμα της κλιματικής αλλαγής και την προσαρμογή στις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής εντός της ομοσπονδιακής κυβέρνησης.

- Θα πρέπει να συγκεντρωθούν περαιτέρω δεδομένα και μοντέλα και να δημιουργηθεί μια ενιαία και καλύτερα θεμελιωμένη βάση δεδομένων για αναλύσεις κλιματικών επιπτώσεων που καλύπτουν όλους τους κινδύνους και τους τρόπους μεταφοράς, η οποία λαμβάνει υπόψη την τρέχουσα κατάσταση. Προηγούμενες μελέτες σχετικά με τις αναμενόμενες κλιματικές αλλαγές και τις σχετικές κλιματικές επιπτώσεις στο σύστημα μεταφορών θα ελεγχθούν και θα τεθεί κοινό πλαίσιο για την περαιτέρω έρευνα.
- Με βάση τα δεδομένα θα γίνει εφικτή η ανάλυση των κλιματικών επιπτώσεων στις οδικές μεταφορές και στο οδικό δίκτυο την Ελλάδα εξετάζοντας διαφορετικά μελλοντικά σενάρια. Σε σχέση με την αξιολόγηση της κρισιμότητας και της ευαισθησίας των διαδρομών και των υποδομών, μπορούν να εντοπιστούν τομείς προτεραιότητας του συστήματος μεταφορών που απαιτούν εις βάθος διερεύνηση και, εάν είναι απαραίτητο, προσαρμογές.

- Θα πρέπει να οριστούν φορείς που θα είναι αρμόδιες για τη διαχείριση της κυκλοφοριακής υποδομής, έχοντας στα χέρια τους ένα ευρύ φάσμα μέτρων με τα οποία η κυκλοφοριακή υποδομή και επομένως η κυκλοφορία μπορεί να γίνει πιο ανθεκτική σε φυσικούς κινδύνους που επηρεάζονται από το κλίμα.

2.16.5.1 Αξιολόγηση των κλιματικών επιπτώσεων στο σύστημα μεταφορών

Με τις διαθέσιμες γνώσεις σχετικά με τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στον τομέα των μεταφορών και τις έχει θέσει σε ένα υπάρχον πλαίσιο αξιολόγησης που έχουν συγκεντρωθεί, μπορεί να αξιολογηθεί η τρέχουσα και μελλοντική έκθεση της υποδομής μεταφορών σε ακραία φαινόμενα, όπως πλημμύρες και καταιγίδες ή κατολισθήσεις που προκαλούνται από κλιματικές επιρροές, λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία μεμονωμένων διαδρομών ή υποδικτύων. Αντίστοιχοι χάρτες αναφοράς είναι διαθέσιμοι για την ομοσπονδιακή επικράτεια ή μεγαλύτερες περιοχές μελέτης περίπτωσης και δείχνουν ποια τμήματα των οδικών, σιδηροδρομικών και πλωτών δικτύων μπορούν να επηρεαστούν από επιλεγμένους φυσικούς κινδύνους που επηρεάζονται από το κλίμα. Οι περιοχές που ήδη κινδυνεύουν περιλαμβάνουν τμήματα των σημαντικών διαδρόμων. Υποθέτοντας ότι θα εφαρμοστεί το σενάριο «business-as-usual», προβλέπεται αυξανόμενος κίνδυνος για το μέλλον όσον αφορά σχεδόν όλες τις παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη.

Μια μελέτη δοκιμασίας ακραίων καταστάσεων έδειξε ότι η υποδομή μεταφορών, ακόμη και σε περιοχές που υπόκεινται ήδη σε υψηλά φορτία, είναι ουσιαστικά ικανή να αντιμετωπίσει τον πρόσθετο όγκο κυκλοφορίας μέσω αυθόρμητης αλλαγής δρομολόγησης, μετατοπίσεων κυκλοφορίας και χρονικών να αντιμετωπίσει τις αλλαγές στις μεταφορές. Ωστόσο, αυτό είναι δυνατό μόνο εάν υπάρχουν διαθέσιμα επαρκή οχήματα και οδηγοί για κάθε εκδήλωση και εάν μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν οι δυνατότητες των δικτύων μεταφορών σε γειτονικές χώρες. Αυτός ο τύπος αυθόρμητης προσαρμογής συνδέεται με σημαντικό πρόσθετο κόστος, το οποίο πρέπει να σταθμιστεί έναντι της ανθεκτικότητας στην κλιματική αλλαγή που πρόκειται να εδραιωθεί μόνιμα.

Η σημασία των αξόνων κυκλοφορίας δεν μπορεί να προσδιοριστεί αποκλειστικά μέσω της σύνδεσής τους με τους σημαντικούς διαδρόμους που χρησιμοποιούνται εδώ ή μέσω δεδομένων φόρτου κυκλοφορίας σε εθνικό επίπεδο. Από τη μια πλευρά, οι διαδρομές μεταφοράς που είναι συγκριτικά μικρής σημασίας σε σύγκριση με την υπόλοιπη Γερμανία μπορούν να έχουν τη μεγαλύτερη σημασία για τη διαρθρωτική ανάπτυξη μιας περιοχής. Από την άλλη, ορισμένοι άξονες κυκλοφορίας έχουν επίσης μη κυκλοφοριακή (π.χ. οικολογική) σημασία.

2.16.5.2 Ανάγκη προσαρμογής και συγκεκριμένα μέτρα για το ομοσπονδιακό σύστημα μεταφορών

Οι παρουσιαζόμενες αναλύσεις της έκθεσης, της ευαισθησίας και της κρισιμότητας του συστήματος μεταφορών αποτελούν σημαντική βάση για τον προσδιορισμό και την ιεράρχηση των απαιτήσεων προσαρμογής και των συγκεκριμένων μέτρων από τους σχεδιαστές, τους φορείς εκμετάλλευσης και τους ιδιοκτήτες της υποδομής μεταφορών. Το φάσμα των μέτρων προσαρμογής είναι πολύ διαφορετικό. Σημαντική πρόοδος σύνθεση

Η συνεκτική προσαρμογή μιας ετερογενούς, πολυεπιστημονικής δομής, όπως το σύστημα μεταφορών, αποτελεί μια ενιαία, αξιόπιστη και τακτικά επικαιροποιημένη βάση δεδομένων. Αυτή η βιώσιμη προσφορά πρέπει να παρέχεται από λειτουργικές κλιματικές υπηρεσίες (π.χ. από τη βασική

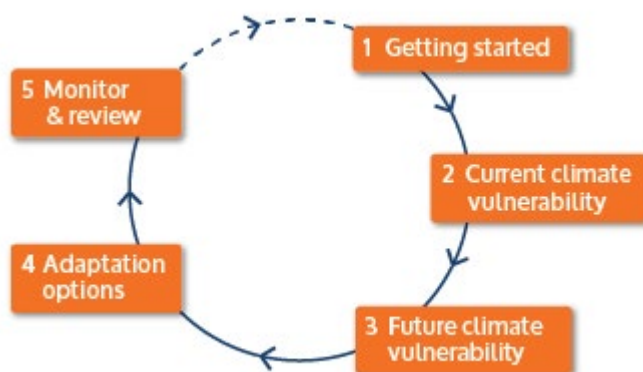
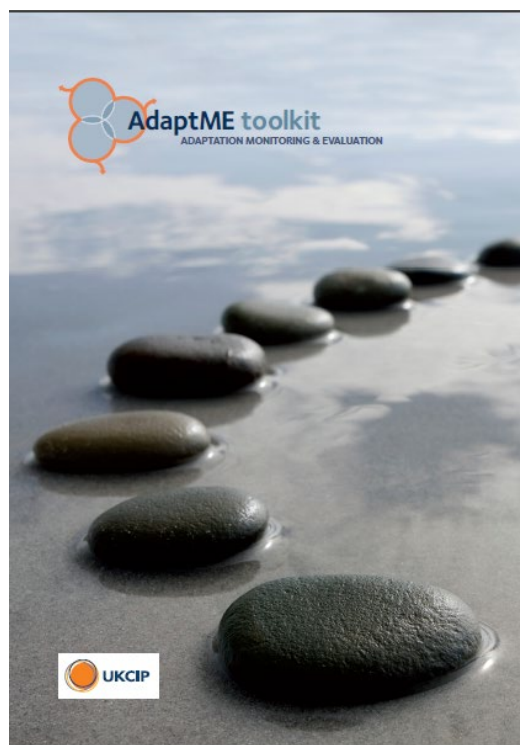
υπηρεσία DAS «Κλίμα και Νερό», που βρίσκεται υπό δημιουργία), οι οποίες εξυπηρετούν στοχευμένες, ολοκληρωμένες και μέτρα ενημέρωσης προσαρμογής.

Ακόμη και χωρίς σημαντικές προσαρμογές, το σύστημα κυκλοφορίας έχει αποθέματα για να αντιμετωπίσει ακραία γεγονότα (π.χ. Έντονη αποστράγγιση βροχοπτώσεων) και επιπτώσεις στην κυκλοφορία (π.χ. αλλαγή δρομολόγησης) σε κάποιο βαθμό. Το φάσμα των μέτρων, μέσω του οποίου οι αρμόδιοι για τη διαχείριση της κυκλοφοριακής υποδομής έχουν ήδη σήμερα, ανοίγει περαιτέρω πεδίο. Ειδικότερα, οι σε μεγάλο βαθμό μέτριες αλλαγές που προβλέπονται για το εγγύς μέλλον μπορούν πιθανώς να αντισταθμιστούν σε πολλές περιπτώσεις χωρίς να επηρεαστεί σημαντικά η τρέχουσα απόδοση του συστήματος μεταφορών. Σε περιοχές όπου το σύστημα μεταφορών βρίσκεται ήδη υπό ακραία πίεση λόγω ακραίων γεγονότων και υποθέτοντας ακραία σενάρια, πρέπει να εξεταστούν νέες ιδέες λύσης. Λόγω των μακρών διαδικασιών σχεδιασμού και υλοποίησης και του γεγονότος ότι πολλά στοιχεία υποδομής σχεδιάζονται και δημιουργούνται για μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν επιλογές προσαρμογής σήμερα.

Δεν συνιστάται η εφαρμογή μέτρων μεγάλου κόστους μόνο λόγω των κλιματικών αλλαγών που παρουσιάζονται εδώ και των επιπτώσεών τους στο σύστημα μεταφορών. Όπως συμβαίνει συνήθως με όλα τα μέτρα, μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση πρέπει να περιλαμβάνει: από οικονομική, οικολογική, διατήρηση της φύσης, πολιτιστική, κοινωνική και κοινωνική προοπτική με τη συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων. Ωστόσο, η κλιματική αλλαγή πρέπει να συμπεριληφθεί στην αξιολόγηση ως πρόσθετη πληροφορία. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για μέτρα με μεγάλο ορίζοντα προγραμματισμού και μεγάλη διάρκεια ζωής (π.χ. μηχανικά μέτρα). Όπως ήδη αναφέρθηκε αλλού, πρέπει να προτιμώνται λύσεις χωρίς ή με χαμηλή λύπη. Αυτό περιλαμβάνει λύσεις που έχουν θετικές οικονομικές, οικολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις ανεξάρτητα από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, καθώς και λύσεις που οι πτυχές της κλιματικής αλλαγής απαιτούν μόνο μικρές πρόσθετες επενδύσεις σήμερα, αλλά επιτρέπουν την ευέλικτη επέκταση εάν απαιτείται.

2.17 Η περίπτωση του Ηνωμένου Βασιλείου - Πρόγραμμα Κλιματικών Επιπτώσεων (Climate Impacts Programme (UKCIP))

Εντός του Ηνωμένου Βασιλείου, το Πρόγραμμα Κλιματικών Επιπτώσεων (UKCIP) έχει αναπτύξει μια σειρά εργαλείων και εγγράφων καθοδήγησης για να βοηθήσει τους κυβερνητικούς, δημόσιους και ιδιωτικούς οργανισμούς και επιχειρήσεις να κατανοήσουν πώς να προσαρμόσουν αποτελεσματικότερα τις λειτουργίες, τους πόρους και τις υπηρεσίες τους στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (UKCIP, 2011). Αποτελεί εργαλείο για την λήψη αποφάσεων και διαχείρισης κινδύνων με μια βήμα-προς -βήμα μεθοδολογία για την αξιολόγηση των μέτρων που απαιτούνται να ληφθούν για την προσαρμογή και περιλαμβάνει: προφίλ με τοπικές επιπτώσεις από το κλίμα 'Local Climate Impacts Profile' (LCLIP), ενός εργαλείου αξιολόγησης επιπτώσεων του κλίματος για τις επιχειρήσεις 'Business Areas Climate Impacts Assessment Tool' (BACLIAT), πηγές προσαρμογής για το κλίμα για συμβούλους 'Climate Adaptation Resource for Advisors' (CLARA) και ενός οδηγού προσαρμογής 'Adaptation Wizard'. Το πλαίσιο αβεβαιότητας κινδύνου και λήψης αποφάσεων του UKCIP87 είναι μια διαδικασία βήμα προς βήμα που βοηθά στην αξιολόγηση των μέτρων προσαρμογής που είναι πιο κατάλληλα για έναν οργανισμό.

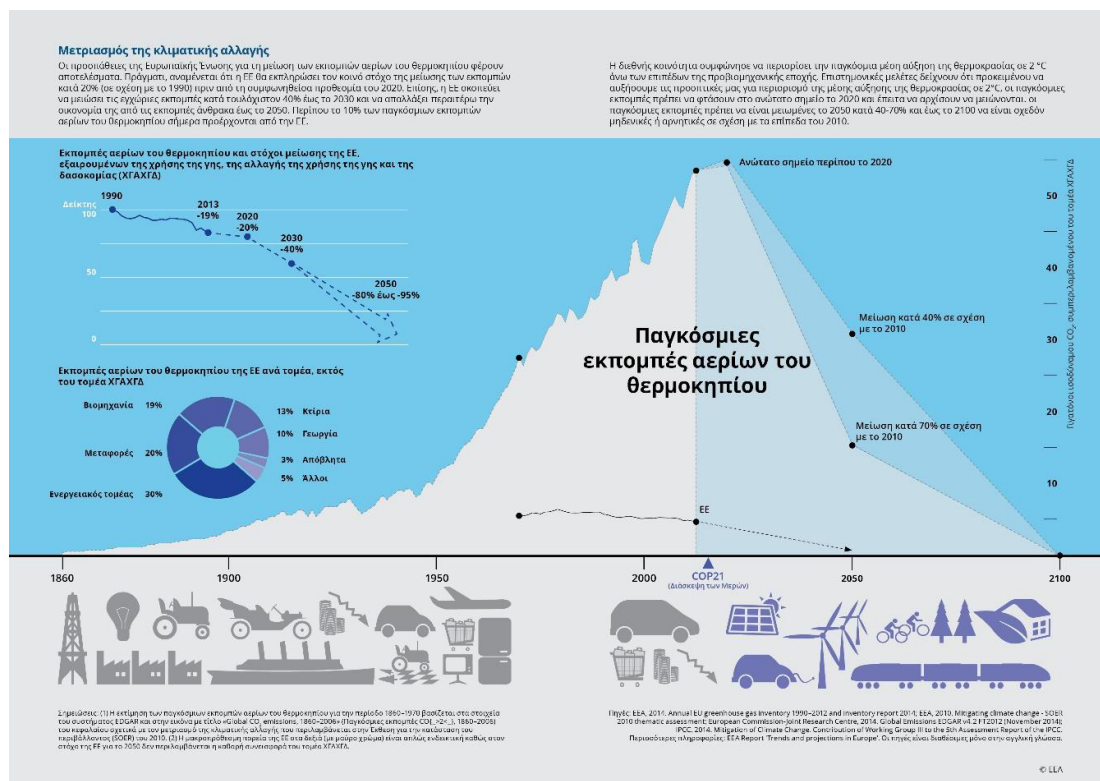


Εικόνα 62: Η διαδικασία των 5 βημάτων σύμφωνα με τον οδηγό προσαρμογής «Adaptation wizard» (Πηγή: <https://www.ukcip.org/>)

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Εισαγωγή- Ελλάδα και κλιματική αλλαγή

Οι επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής και οι δράσεις για την προσαρμογή αποτελούν ένα από τα βασικά πεδία των διεθνών συνθηκών (Συμβάσεις και Πρωτόκολλα) και των σχετικών οδηγιών και κανονισμών της ΕΕ, στο πλαίσιο των οποίων προβλέπεται η υποβολή πληροφοριών σχετικές με τις πολιτικές και τα μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής.



Εικόνα 63: Σχηματική απεικόνιση δράσεων μετριασμού της ΕΕ (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))

Η Ελλάδα έχει υποβάλλει σχετικές πληροφορίες, οι οποίες περιλαμβάνουν τους κύριους στόχους και την φαινόμενο της Κλιματικής Αλλαγής προς αντιμετώπιση, όπως οι πλημμύρες, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, οι ακραίες θερμοκρασίες, οι ξηρασίες και άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα. Το 2016 αναρτήθηκε στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΝ το τελικό κείμενο Εθνικής Στρατηγικής για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ) και εγκρίθηκε με τον νόμο 4426/2016. Με τον ίδιο νόμο θεσμοθετήθηκαν οι διαδικασίες εκπόνησης και έγκρισης των Περιφερειακών Σχεδίων Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ) που πρέπει να καταρτίσουν οι 13 Περιφέρειες της χώρας. Σύμφωνα με τον νόμο αυτό και την Υπουργική Απόφαση 11258/2017 το Περιφερειακό Σχέδιο Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σχέδιο που προσδιορίζει και ιεραρχεί τα απαραίτητα μέτρα και δράσεις προσαρμογής της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο περιφέρειας.

Item	Status	Links
National adaptation strategy (NAS)	<ul style="list-style-type: none"> actual NAS - adopted 	<ul style="list-style-type: none"> National Strategy for Adaptation to Climate Change
National adaptation plan (NAP)	<ul style="list-style-type: none"> being developed 	<ul style="list-style-type: none">
Sectoral adaptation plan (SAP)		
Climate change impact and vulnerability assessment	<ul style="list-style-type: none"> completed 	<ul style="list-style-type: none"> CCISC, The environmental, economic and social impacts of climate change in Greece
Meteorological observations	<ul style="list-style-type: none"> Established Established Established Established 	<ul style="list-style-type: none"> Hellenic National Meteorological Service Ministry of Rural Development and Food Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Forest Products Technology National Observatory of Athens
Climate projections and services	<ul style="list-style-type: none"> Being developed 	<ul style="list-style-type: none"> Climate projection data produced by the LIFE-IP AdaptInGR project
Adaptation portals and platforms	<ul style="list-style-type: none"> Established 	<ul style="list-style-type: none"> LIFE-IP AdaptInGR project website
Monitoring, reporting and evaluation (MRE) indicators and methodologies		
Key reports and publications		<ul style="list-style-type: none"> 7th National Communication and 3rd Biennial report to UNFCCC
National communication to the UNFCCC		<ul style="list-style-type: none"> https://unfccc.int/NC7
Governance regulation adaptation reporting		<ul style="list-style-type: none"> https://reportnet.europa.eu/public/dataflow/110

Εικόνα 64: Ανασκόπηση της πορείας της Ελλάδας σε θέματα που αφορούν την κλιματική αλλαγή (Πηγή: Climate Adapt)⁵³

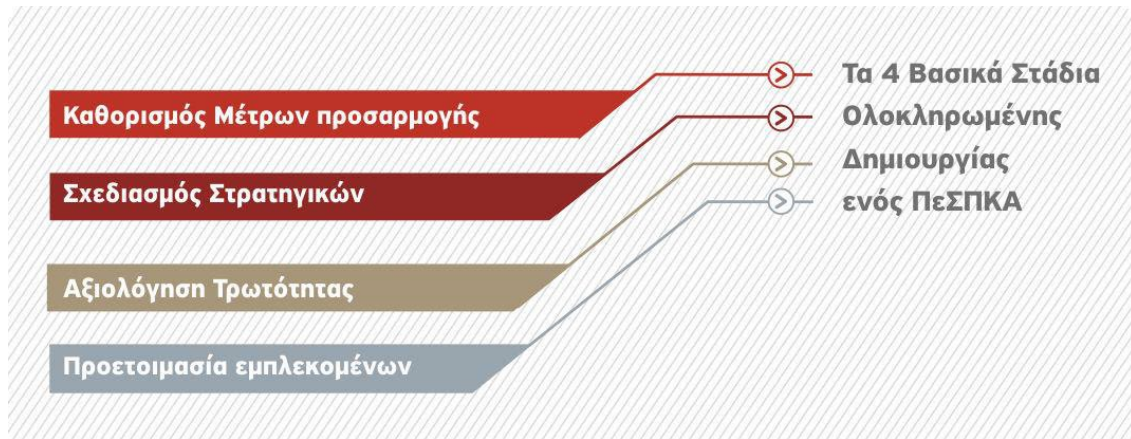
Το εκάστοτε ΠεΣΠΚΑ θα περιλαμβάνει τουλάχιστον τα ακόλουθα κεφάλαια⁵⁴:

- Ανάλυση στόχων Περιφερειακού Σχεδίου Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή
- Περιληπτική αναφορά στα στοιχεία και δεδομένα του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος της Περιφέρειας.
- Εκτίμηση των αναμενόμενων στην Περιφέρεια κλιματικών μεταβολών και ανάλυση της κλιματικής τρωτότητας επιμέρους τομέων και γεωγραφικών περιοχών.
- Εκτίμηση των άμεσων και μακροπρόθεσμων επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών σε διάφορους τομείς του περιβάλλοντος και της οικονομικής και κοινωνικής δραστηριότητας και καθορισμός των τομεακών και χωρικών προτεραιοτήτων.
- Προτεινόμενα μέτρα και δράσεις για τους τομείς και τις περιοχές προτεραιοτήτων. Εξέταση ενσωμάτωσης των προτεινόμενων μέτρων και δράσεων για την προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή σε άλλες υφιστάμενες πολιτικές (όπως πολιτικές διαχείρισης φυσικών καταστροφών).
- Εξέταση συμβατότητας και συμπληρωματικότητας ΠεΣΠΚΑ με άλλα Περιφερειακά Σχέδια.
- Συνεργεία και μεταφορά τεχνογνωσίας ΠεΣΠΚΑ με άλλα ΠεΣΠΚΑ και ειδικότερα με όμορες Περιφέρειες

⁵³ Climate-ADAPT Greece <https://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries/greece>

⁵⁴ Σύμφωνα με τον Νόμο 4426/2016 και την Υ.Α. 11258/2017

- Τρόπος διαβούλευσης, όπως ερωτηματολόγια, στοιχεία διαβούλευσης και ανταλλαγής πληροφοριών με κοινωνικούς εταίρους που δραστηριοποιούνται στην περιοχή κλπ, με στόχο την διερεύνηση της δικής τους εκτίμησης για τις επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στις δραστηριότητές τους και την εκ μέρους τους λήψη μέτρων προσαρμογής.
- Αναφορά των ειδικότερων μέτρων ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης του ενδιαφερόμενου κοινού και των κοινωνικών εταίρων.
- Παρακολούθηση της εφαρμογής και υλοποίησης του ΠεΣΠΚΑ.
- Μη τεχνική περίληψη



Εικόνα 65: Η βασική δομή ενός ΠεΣΠΚΑ (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))

Βασικό στοιχείο για την αξιολόγηση και την ιεράρχηση των προτεινόμενων μέτρων είναι η αποτελεσματικότητά τους ως προς τους στόχους⁵⁵ συγκριτικά με το κόστος υλοποίησής τους. Σύμφωνα με τις κατευθύνσεις που δίνονται στην Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ) για να αποτελέσουν τα μέτρα, μέρος των αποκεντρωμένων, αποτελεσματικών και αποδοτικών πολιτικών, θα πρέπει να επιφέρουν τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, την υψηλότερη δυνατή συναίνεση και την κατά τον δυνατό μεγαλύτερη συσχέτιση με τους υπόλοιπους στόχους της περιφερειακής πολιτικής. Η ποσοτικοποίηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων μετράται με τον δείκτη απόδοσης και λαμβάνει τιμές από 1 έως 3⁵⁶. Πλέον αποδοτικό θεωρείται ένα μέτρο που συμβάλει στην αποφυγή των επιπτώσεων (Στόχος Α – Τιμή δείκτη απόδοσης: 3) σε αντίθεση με ένα μέτρο που συμβάλει μόνο στην αποκατάσταση (Στόχος Γ – Τιμή δείκτη απόδοσης: 1). Ο Λόγος Κόστους / Αποτελεσματικότητα είναι ένας δείκτης με τον οποίο γίνεται μια πρώτη αξιολόγηση και ιεράρχηση των μέτρων. Ο εν λόγω

⁵⁵ Τίθενται στην Υ.Α 11258/2017 «Εξειδίκευση περιεχομένου Περιφερειακών Σχεδίων για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ), σύμφωνα με το άρθρο 43 του Ν. 4414/2016», όπως αναλύθηκαν στην παράγραφο 5.3.2

⁵⁶ Υ.Α 11258/2017

δείκτης προκύπτει διαιρώντας τον εκτιμώμενο προϋπολογισμό κάθε μέτρου με την τιμή του δείκτη απόδοσης σε κλίμακα επί τοις 100.

Μετά την εκπόνηση των **ΠεΣΠΚΑ**, εργασία που οι περισσότερες περιφέρειες έχουν ήδη πραγματοποιήσει, στοιχεία τους και αποτελέσματα της ανάλυσης θα εξειδικεύσουν περαιτέρω την ΕΣΠΚΑ.



Εικόνα 66: Διασύνδεση της ΕΣΠΚΑ με τα ΠεΣΠΚΑ και συμπληρωματικές για την προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή πρωτοβουλίες (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))

Συμπληρωματικά σε αυτή την προσπάθεια λειτουργεί το πρόγραμμα LIFE-IP AdartinGR⁵⁷, το οποίο φιλοδοξεί να ενισχύσει την εφαρμογή της Εθνικής Στρατηγικής και των περιφερειακών σχεδίων για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Οι δράσεις του έργου στοχεύουν:

- Βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων
- Θωράκιση ευάλωτων τομέων
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινωνικού συνόλου
- Ενίσχυση διακρατικών συνεργασιών
- Παρακολούθηση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Το έργο δρα σε εθνικό και τοπικό επίπεδο και στοχεύει στην προετοιμασία για το επόμενο στάδιο που θα περιλαμβάνει την αναθεώρηση του ΕΣΠΚΑ και των ΠεΣΠΚΑ όπως άλλωστε προβλέπεται στην νομοθεσία.

⁵⁷ <https://www.adaptivegreece.gr/el-gr/>

3.2 Οι άνεμοι στην Ελλάδα

3.2.1 Εισαγωγή -Κλιματικό σύστημα και ατμοσφαιρική κυκλοφορία (άνεμοι)

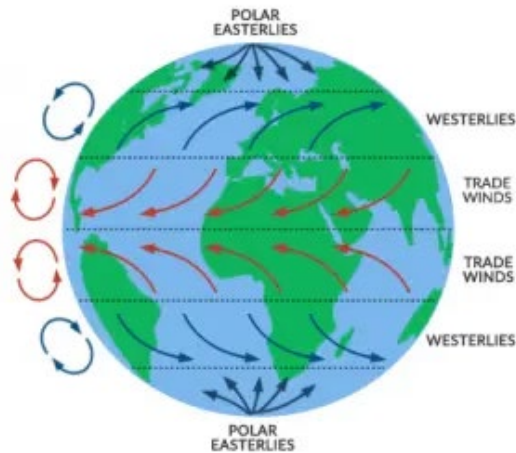
Το κλιματικό σύστημα αποτελείται από την ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς, τη βιόσφαιρα, την κρυόσφαιρα (cryosphere), που περιλαμβάνει πάγους και χιόνια, και τη λιθόσφαιρα (φλοιός της Γης). Κάθε ένα από αυτά τα συστατικά επηρεάζει και επηρεάζεται από τα υπόλοιπα συνθέτοντας το κλιματικό σύστημα (IPCC, 2001). Οι παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα είναι: το γεωγραφικό πλάτος, Το γεωγραφικό ύψος, η τοπογραφία, η εγγύτητα σε μεγάλες ποσότητες νερού (θάλασσα, λίμνη, κτλ) και η ατμοσφαιρική κυκλοφορία⁵⁸. Οι τέσσερις πρώτοι παράγοντες είναι σταθεροί με γνωστή επίδραση στο κλίμα κάθε περιοχής. Το γεωγραφικό πλάτος επηρεάζει το κλίμα καθώς μεταβάλλεται η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην περιοχή και η διάρκεια της ακτινοβολίας (διάρκεια της μέρας), επιδρώντας με αυτό τον τρόπο στη θερμοκρασία. Το γεωγραφικό ύψος επίσης επιδρά στη διαμόρφωση του κλίματος μιας περιοχής καθώς είναι σημαντική η συνεισφορά του στον καθορισμό της θερμοκρασίας, της συχνότητας και του είδους των κατακρημνίσεων (χιόνι ή βροχή). Επιπλέον η τοπογραφία της περιοχής συμμετέχει στη δημιουργία του κλίματος, αφού καθορίζει, όπως και το ύψος, την διασπορά των σύννεφων και τη μορφή των κατακρημνίσεων. Η εγγύτητα της περιοχής σε μεγάλες ποσότητες υδατικών όγκων καθορίζει την υγρασία της τοποθεσίας, η οποία αποτελεί σημαντική παράμετρο διαμόρφωσης του κλίματος. Απεναντίας, η κυκλοφορία του αέρα, η οποία επηρεάζεται και από τους υπόλοιπους παράγοντες, είναι η λιγότερο προβλέψιμη παράμετρος από τις υπόλοιπες .

Σε παγκόσμιο επίπεδο η κυκλοφορία του αέρα επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία και από την περιστροφή της γης. Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στον ισημερινό και τους πόλους, ο αέρας θερμαίνεται περισσότερο στον Ισημερινό (όπου οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν συνέχεια κατά τη διάρκεια του έτους) από τους πόλους (όπου η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει υπό γωνία και επιπλέον διασπείρεται σε πολύ μεγαλύτερη επιφάνεια), προκαλεί την κίνηση των αέριων μαζών οι οποίες στην συνέχεια επηρεάζονται από την περιστροφή της γης. Η Γη περιστρεφόμενη γύρω από τον άξονα της προκαλεί εμπόδια στην κίνηση των ρευμάτων του αέρα. Οι δυνάμεις στην ατμόσφαιρα που δημιουργούνται λόγω της περιστροφής επιβάλλουν την κίνηση των αέριων μαζών προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο νότιο ημισφαίριο, το οποίο ονομάζεται “φαινόμενο Coriolis”. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία έξι μεγάλων ζωνών κινούμενων αερίων μαζών, τρεις στο βόρειο και τρεις στο νότιο ημισφαίριο.

Η παγκόσμια κυκλοφορία του αέρα, συνεπώς και το κλίμα, επηρεάζεται επίσης από τις ιδιότητες του νερού. Όταν θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία, το νερό από τους ωκεανούς εξατμίζεται με αποτέλεσμα να μεταφέρεται θερμότητα από τους ωκεανούς προς την ατμόσφαιρα, ειδικά κοντά στον Ισημερινό, όπου οι θερμοκρασίες είναι ιδιαίτερα υψηλές. Ο υγρός, θερμός αέρας γίνεται ελαφρύτερος και ανυψώνεται προς τα πάνω, δημιουργώντας μια περιοχή χαμηλής πίεσης στην επιφάνεια της Γης. Καθώς αυτό το στρώμα αέρα ανεβαίνει, ψύχεται και απελευθερώνει συμπυκνωμένους υδρατμούς. Η θερμότητα που απελευθερώνεται όταν οι υδρατμοί συμπυκνώνονται μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα. Ο προκύπτων ψυχρότερος, ξηρότερος αέρας γίνεται στη συνέχεια πυκνότερος, μετακινείται προς τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και δημιουργεί περιοχή υψηλότερης πίεσης. Καθώς αυτή η αέρινη μάζα κινείται στην επιφάνεια της Γης, απορροφά θερμότητα και υγρασία και αρχίζει να ανυψώνεται ξανά, έχοντας αποκτήσει μια κυκλική κίνηση. Λόγω αυτής της κίνησης των αερίων μαζών μεταφέρεται θερμότητα και υγρασία

⁵⁸ atmospheric circulation

κατακόρυφα. (Μαντζαβά, 2003)



Εικόνα 67: Η τροχιά της κυκλοφορίας του αέρα εξαιτίας της κίνησης της Γης (Φαινόμενο Coriolis) και η δημιουργία των αερίων μαζών

Σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) το δίκτυο των μετεωρολογικών σταθμών απαρτίζεται από 192 σταθμούς σε ολόκληρη την Ελλάδα. Όμως ο αριθμός αυτός δεν είναι αρκετός για την εκπόνηση μελετών που αφορούν την κλιματική αλλαγή είτε γιατί οι σταθμοί αυτοί δεν είναι πλήρως εξοπλισμένοι για να καταγράφουν τις κλιματικές παραμέτρους που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή είτε δεν υπάρχουν στοιχεία με περίοδο αναφοράς μεγαλύτερη των 50 ετών. Από τον πίνακα που παρατίθεται στο παράρτημα IV από το σύνολο των 192 σταθμών, πολλοί είναι που έχουν σταματήσει να λειτουργούν.

3.2.2 Προβλέψεις για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στους ανέμους στην Ελλάδα

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες παραγράφους, η πρόβλεψη για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στους τοπικούς ανέμους δεν είναι εύκολη. Στην περίπτωση της Ελλάδας, δεδομένου ότι στον στρατηγικό σχεδιασμό για την κλιματική αλλαγή δεν παρέχονται δεδομένα, η οποιαδήποτε προσπάθεια εκτίμησης των επιπτώσεων της είναι ακόμα πιο δύσκολη.

Σύμφωνα με την έρευνα που πραγματοποιήθηκε και δημοσιεύτηκε με τίτλο «Εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα χαρακτηριστικά του ανέμου στην Ελλάδα μέσω περιφερειακής κλιματικής μοντελοποίησης υψηλής ανάλυσης» εκπονήθηκε ενδελεχέ μελέτη εκτίμησης του μελλοντικού ανέμου. Η υψηλή ανάλυση επιτεύχθηκε με 5x5 km² μοντελοποίηση κλίματος και περιλαμβάνει εξέλιξη βασικών χαρακτηριστικών κλίματος και ακραία καιρικά φαινόμενα

Το μοντέλο χρησιμοποίησε τα επίσημα μετεωρολογικά στοιχεία 20 σταθμών της ΕΜΥ σε υψόμετρο 10μ από το έδαφος και για περίοδο 1980-2004. Δεδομένου της πολυπλοκότητας της ελληνικής

τοπογραφίας και η ισχυρή επιφάνεια παραλλαγή τραχύτητας, θεωρούμε τα προσομοιωμένα αποτελέσματα, σε σχέση με τις θέσεις των παρατηρήσεων:

1) πολύ καλής ποιότητας για τις περιοχές με ομοιογενές έδαφος και ροές μεσοκλίμακας που διοχετεύουν τον αέρα (π.χ. τοποθεσίες Καλαμάτα, Θεσσαλονίκη, βορειοανατολικό Αιγαίο και νοτιοανατολικό Αιγαίο),

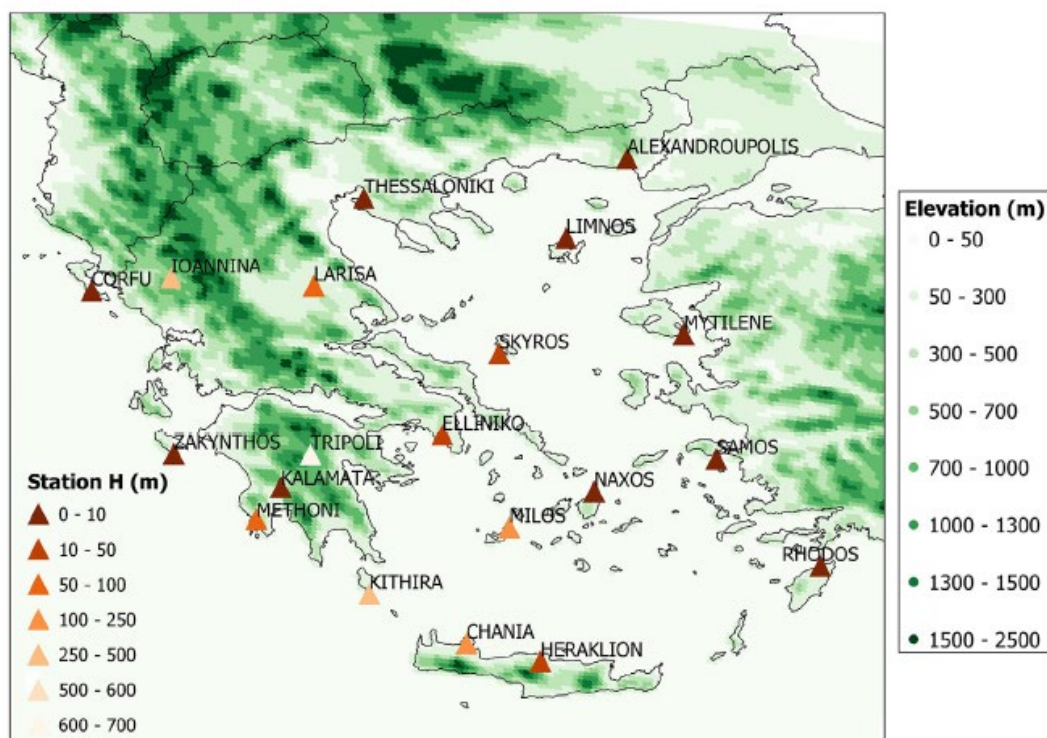
2) καλής ποιότητας για τις περιοχές όπως νησιά και παράκτιες περιοχές,

3) ικανοποιητικής ποιότητας για τις ορεινές, κεντρικές ηπειρωτικές περιοχές που περιβάλλονται από απότομες πλαγιές (π.χ. Τρίπολη, Ιωάννινα).

Ως εκ τούτου, η εμπιστοσύνη για τις μελλοντικές ταχύτητες ανέμου σε υπεράκτιες περιοχές, ομοιογενή εδάφη και περιοχές όπου επικρατούν αιολικές μεσοκλίμακας ροές είναι ψηλά. Από την άλλη, η εμπιστοσύνη για το μέλλον του μοντέλου προβλέψεις για παραθαλάσσιες τοποθεσίες με διάφορες ροές αποστράγγισης που προκύπτει από τη γύρω περίπλοκη τοπογραφία είναι "μέτρια". Τέλος, η εμπιστοσύνη είναι χαμηλότερη για τα ορεινά με μεγάλο υψόμετρο περιοχές της κεντρικής ηπειρωτικής χώρας που περιβάλλονται από απότομες πλαγιές, όπου τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά δεν επιλύονται ιδιαίτερα από το μοντέλο, με αποτέλεσμα μεγαλύτερες τιμές ανέμου-διάτμησης και υπερεκτίμησης των ταχυτήτων του ανέμου.

Για τον υπολογισμό των μελλοντικών προβλέψεων έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Χρησιμοποιήθηκε το σενάριο RCP8.5 και
- Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από 20 επιλεγμένους μετεωρολογικούς σταθμούς σε ολόκληρη την Ελλάδα



Εικόνα 68: Χάρτης με τους μετεωρολογικούς σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη (Πηγή: (Theodoros Katopodis*, 2021))

Αναλυτικά τα στοιχεία των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

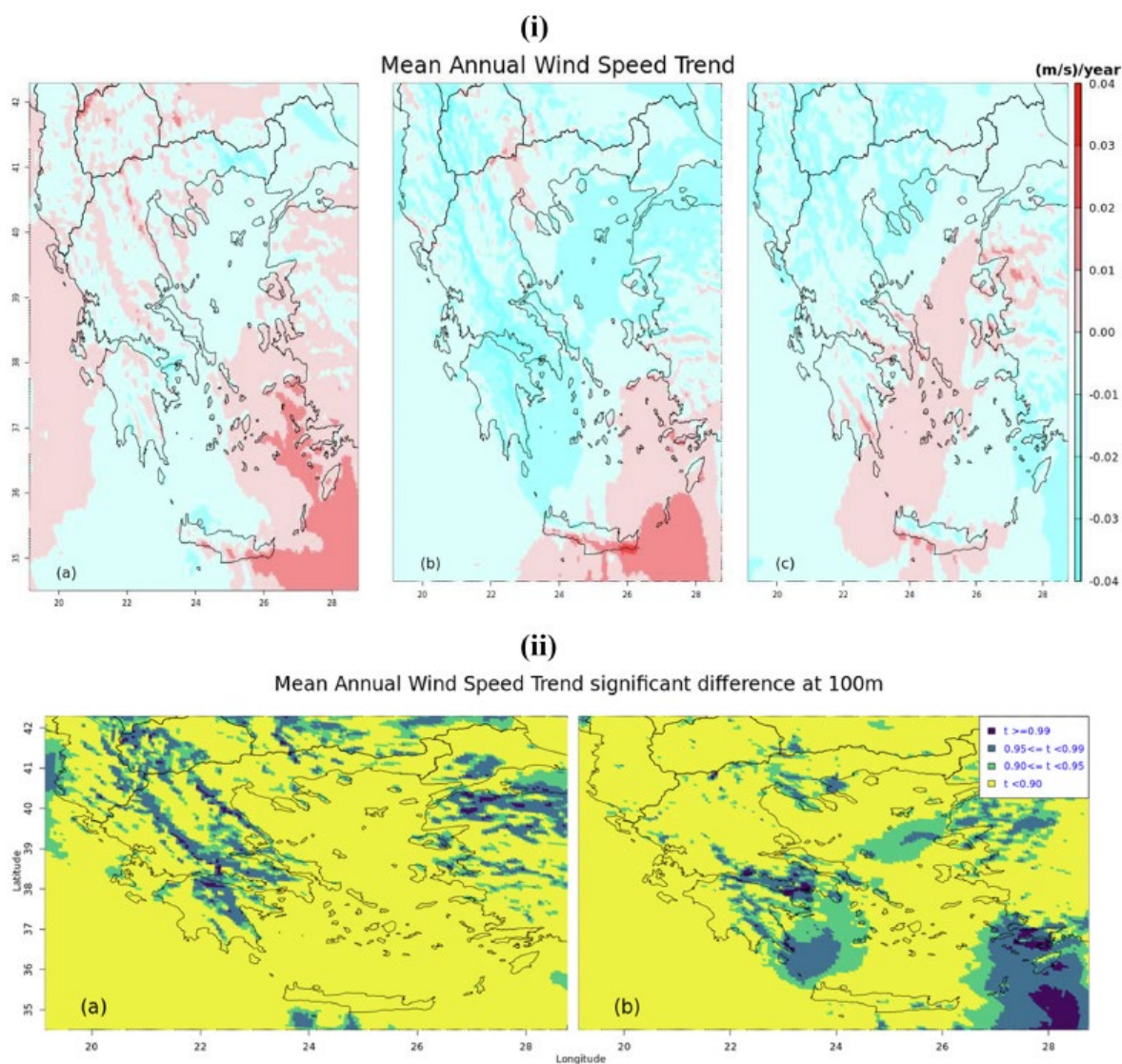
Πίνακας 17: Πίνακας με τα γεωγραφικά στοιχεία των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη (Πηγή: : (Theodoros Katopodis*, 2021)).

NAME	LON [°]	LAT [°]	HNMS height [m]	WRF height [m]
ELLINIKO	23.73	37.90	43.0	57.97
CORFU	19.92	39.62	1.0	6.97
THESSALONIKI	22.97	40.52	2.0	49.24
ALEXANDROUPOLIS	25.92	40.85	4.0	10.12
LARISA	22.42	39.63	73.0	79.47
SKYROS	24.48	38.97	22.0	28.23
KITHIRA	23.02	36.28	314.0	164.76
METHONI	21.70	36.83	52.0	35.81
CHANIA	24.12	35.48	148.0	122.32
HERAKLION	25.18	35.33	39.0	20.94
RHODOS	28.08	36.40	7.0	17.50
MILOS	24.45	36.72	183.0	67.28
NAXOS	25.38	37.10	9.0	107.59
MYTILENE	26.60	39.07	4.0	56.86
LIMNOS	25.23	39.92	5.0	24.38
SAMOS	26.92	37.70	6.0	157.30
IOANNINA	20.82	39.70	483.0	666.21
KALAMATA	22.02	37.07	6.0	55.55
TRIPOLI	22.40	37.53	651.0	824.04
ZAKYNTHOS	20.88	37.75	4.0	33.31

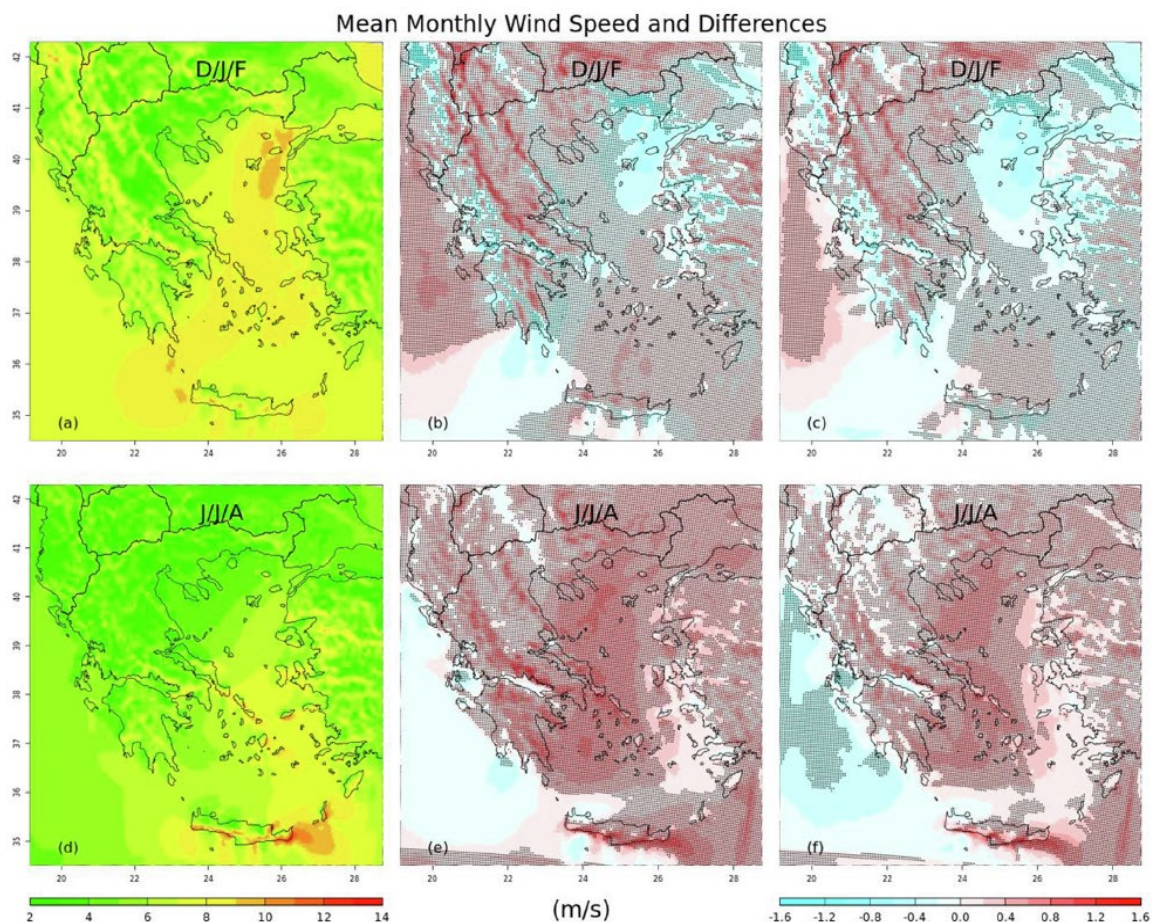
Οι μελλοντικές προβλέψεις έδειξαν ισχυρές και σημαντικές αλλαγές στη μέση ετήσια ταχύτητα για τα εξετασθέντα κλιματικά σενάρια. Σε σύγκριση με τη μέση ιστορική κλιματολογία στα 100 μ. βρίσκονται σε το εύρος από 0,5 έως 1,25 m/s που μεταφράζεται σε ένα ποσοστό από 5% έως 20%. Παρατηρούνται ισχυρές και σημαντικές αυξήσεις πάνω από την ηπειρωτική Ελλάδα και το νησί της Κρήτης, κυρίως σε τοποθεσίες με μεγάλο υψόμετρο και ήδη γνωστή υψηλή αιολική ενέργεια, και στα δύο για μελλοντικά σενάρια. Συνολικά, διαπιστώνονται ισχυρές και σημαντικές αυξήσεις κυρίως στο βόρειο και κεντρικό δυτικό Αιγαίο πάνω από το Ιόνιο Πέλαγος. Ωστόσο, η ανάλυση έδειξε ότι μειώνεται η ταχύτητα του ανέμου σε συγκεκριμένες περιοχές του Βορειοανατολικού Αιγαίου και τοπικά πάνω από το Ιόνια Νησιά. Σύμφωνα με το σενάριο κλιματικής αλλαγής RCP 4,5 προβλέπονται η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου να αυξηθεί κατά 20% στο ανατολικό τμήμα της ηπειρωτικής χώρας Ελλάδας και να μειωθεί έως και 5% στις θέσεις των βορειοανατολικών Αιγαίο Πέλαγος, των νότιων τμημάτων της Πελοποννήσου και πάνω από τον Πατραϊκό Κόλπο. Το ίδιο επίπεδο μειώσεων εκτιμάται για το RCP 8.5 αλλά καλύπτει ευρύτερες περιοχές του βορειοανατολικού Αιγαίο και δυτικές και νοτιοδυτικές παραθαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας.

Όσον αφορά την εποχική ανάλυση (Εικόνα 70) οι πιο έντονοι άνεμοι βρίσκονται στο βορειοανατολικό και νοτιοανατολικό Αιγαίο, όπως καθώς και σε παραθαλάσσιες περιοχές της Κρήτης, όπου οι τιμές έφτασαν τα 14,0 m/s, ιδιαίτερα κατά την περίοδο του καλοκαιριού (JJJ).

Φαίνονται πιο απαλά πεδία ανέμου την ηπειρωτική χώρα την καλοκαιρινή περίοδο. Πάνω από την ελληνική ηπειρωτική χώρα η μέση εποχιακή ανάλυση των χειμερινών μηνών (DJF) έδειξε ανέμους έως 10 m/s, ενώ τοπικά πάνω από ψηλά βουνά, επικρατούν οι άνεμοι έφτασαν την ταχύτητα των 12 m/s. Τέλος, τα τρέχοντα ευρήματα δείχνουν ότι μελλοντικές αλλαγές που σχετίζονται με ακραία καιρικά φαινόμενα και ακραίες ταχύτητες ανέμου θα επηρεάσουν το τοπικό κλίμα στον ελλαδικό χώρο.



Εικόνα 69: (i) Τάσεις της μέσης ετήσιας ταχύτητας του ανέμου για a) ιστορικά δεδομένα b) σενάριο RCP4.5 c) σενάριο RCP 8.5 (ii) Διαφορά των τάσεις της μέσης ετήσιας ταχύτητας του ανέμου στα 100μ (Πηγή: : (Theodoros Katopodis*, 2021))



Εικόνα 70: Τάσεις της μέσης ετήσιας ταχύτητας του ανέμου για a) ιστορικά δεδομένα b) σενάριο RCP4.5 c) σενάριο RCP 8.5 το χειμώνα και d) ιστορικά δεδομένα e) σενάριο RCP4.5 f) σενάριο RCP 8.5 το καλοκαίρι (Πηγή: : (Theodoros Katorpodis*, 2021))

3.3 Πινακίδες σήμανσης

3.3.1 Πληροφοριακές πινακίδες σήμανσης

Οι πινακίδες σήμανσης αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της οδού και για την τοποθέτησή τους εκπονείται εξειδικευμένη μελέτη σήμανσης-ασφάλισης. Η μελέτη σήμανσης περιλαμβάνει την κατακόρυφη και την οριζόντια σήμανση και με την σειρά της η κατακόρυφη σήμανση περιλαμβάνει τις πληροφορικές πινακίδες, οι οποίες χωρίζονται σε πλευρικές και γέφυρες σήμανσης. Οι πληροφορικές πινακίδες αποτελούν ένα δίκτυο συστηματικής οργάνωσης γεωγραφικών πληροφοριών στο δρόμο, με κύρια αποστολή να βοηθούν στην αναγνώριση ενός συγκεκριμένου τόπου, στην ανεύρεση της συντομότερης πορείας προς ένα συγκεκριμένο τόπο, σε κάποια επιθυμητή κατανομή κυκλοφορίας στο χώρο της οδού. Η πληροφοριακή σήμανση θα πρέπει:

1. Να καθοδηγεί σωστά τόσο τους Έλληνες, όσο και τους Αλλοδαπούς οδηγούς και να τους κατανέμει στο οδικό δίκτυο.
 2. Να γίνεται αντιληπτή και αναγνώσιμη από τον οδηγό όταν κινείται στις δεδομένες συνθήκες ταχύτητας.
 3. Να περιορίζεται αυστηρά στην απαραίτητη πληροφόρηση
- Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι κατηγορίες των πληροφοριακών πινακίδων.

Πίνακας 18: Κατηγορίες, μορφές και τύποι πληροφοριακών πινακίδων (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))

#	Κατηγορία πινακίδων	Μορφή πινακίδων	Τύπος πινακίδων
1	Αναγγελίας προσέγγισης	Πινακοποιημένη	Ενιαίας επιφάνειας
2	Αναγγελίας κατευθύνσεων		
2.1	Αναγγελίας δυνατών κατευθύνσεων	Σχηματοποιημένη απλή	Ενιαίας επιφάνειας
		Σχηματοποιημένη διαρθρωτική	Ενιαίας επιφάνειας
		Πινακοποιημένη	Ενιαίας επιφάνειας Μερικώς διαχωρισμένης επιφάνειας ⁽¹⁾
2.2	Αναγγελίας υποχρεωτικών κατευθύνσεων	Πινακοποιημένη	Ενιαίας επιφάνειας
3	Κατευθύνσεων	Κατεύθυνσης εξόδου	Ενιαίας επιφάνειας
		Πινακοποιημένη	Ενιαίας επιφάνειας
			Μερικώς διαχωρισμένης επιφάνειας ⁽¹⁾
		Βελοειδής	Πλήρως διαχωρισμένης επιφάνειας ⁽²⁾
4	Επιβεβαιωτικές	Πινακοποιημένη	Ενιαίας επιφάνειας
5	Τοπωνυμίων	Πινακοποιημένη	Ενιαίας επιφάνειας

⁽¹⁾ Ο διαχωρισμός σε επιμέρους τεμάχια γίνεται ανά κατεύθυνση με τις προϋποθέσεις της §4.5.1

⁽²⁾ Ο διαχωρισμός σε επιμέρους τεμάχια γίνεται ανά προσορισμό με τις προϋποθέσεις της §4.5.1

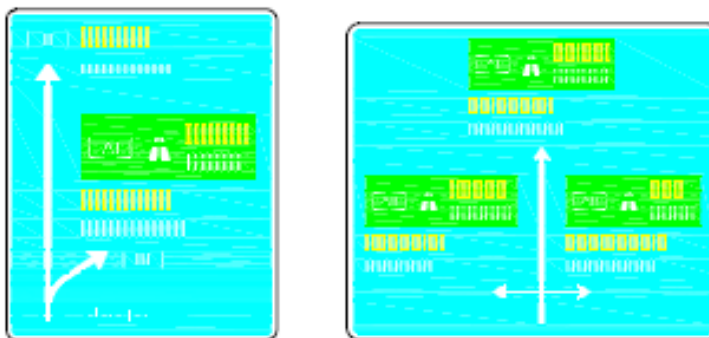
Η χρήση γεφυρών σήμανσης συνιστάται στις παρακάτω περιπτώσεις και ως εκ τούτου Οι γέφυρες σήμανσης απαντώνται σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας (αυτοκινητόδρομοι):

- Όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος της οδού εγγίζει τα όρια της κυκλοφοριακής ικανότητας
- Όταν υπάρχουν δύο ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση
- Όταν υπάρχει μεγάλο ποσοστό βαρέων οχημάτων
- Όταν δεν υπάρχει διαθέσιμος πλευρικός χώρος για τοποθέτηση πλευρικών πινακίδων

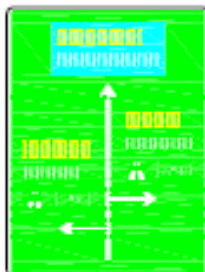
(4) Πινακοποιημένες πινακίδες κατευθύνσεων, ενιαίας επιφάνειας



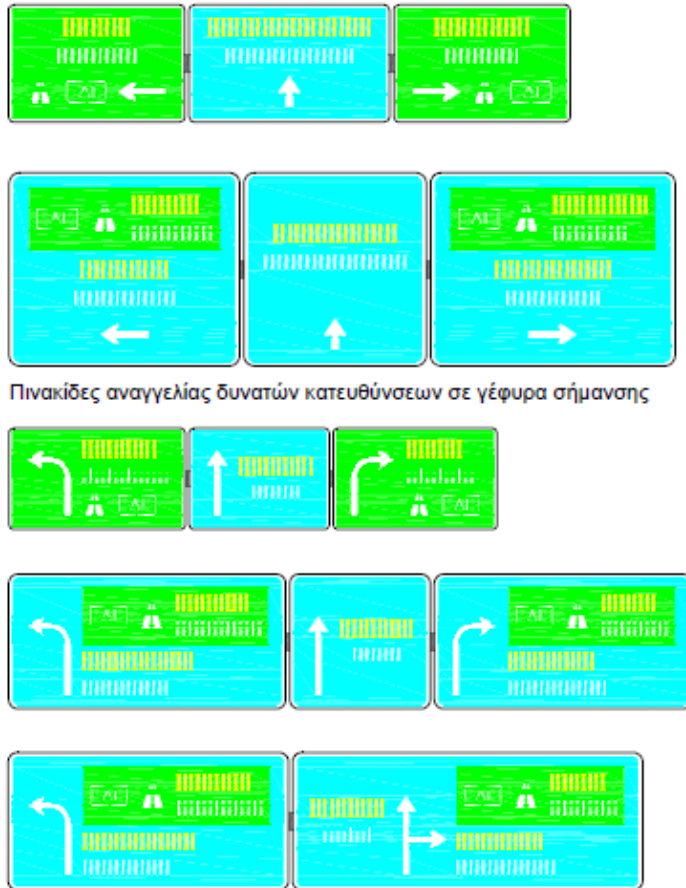
(5) Σχηματοποιημένες πινακίδες αναγγελίας δυνατών κατευθύνσεων



(6) Σχηματοποιημένες πινακίδες αναγγελίας δυνατών εισόδων σε αυτοκινητόδρομο



Εικόνα 71: Διαφορετικές μορφές πινακίδων αναγγελίας κατευθύνσεων σε μεγάλες πλαϊνές πινακίδες (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))

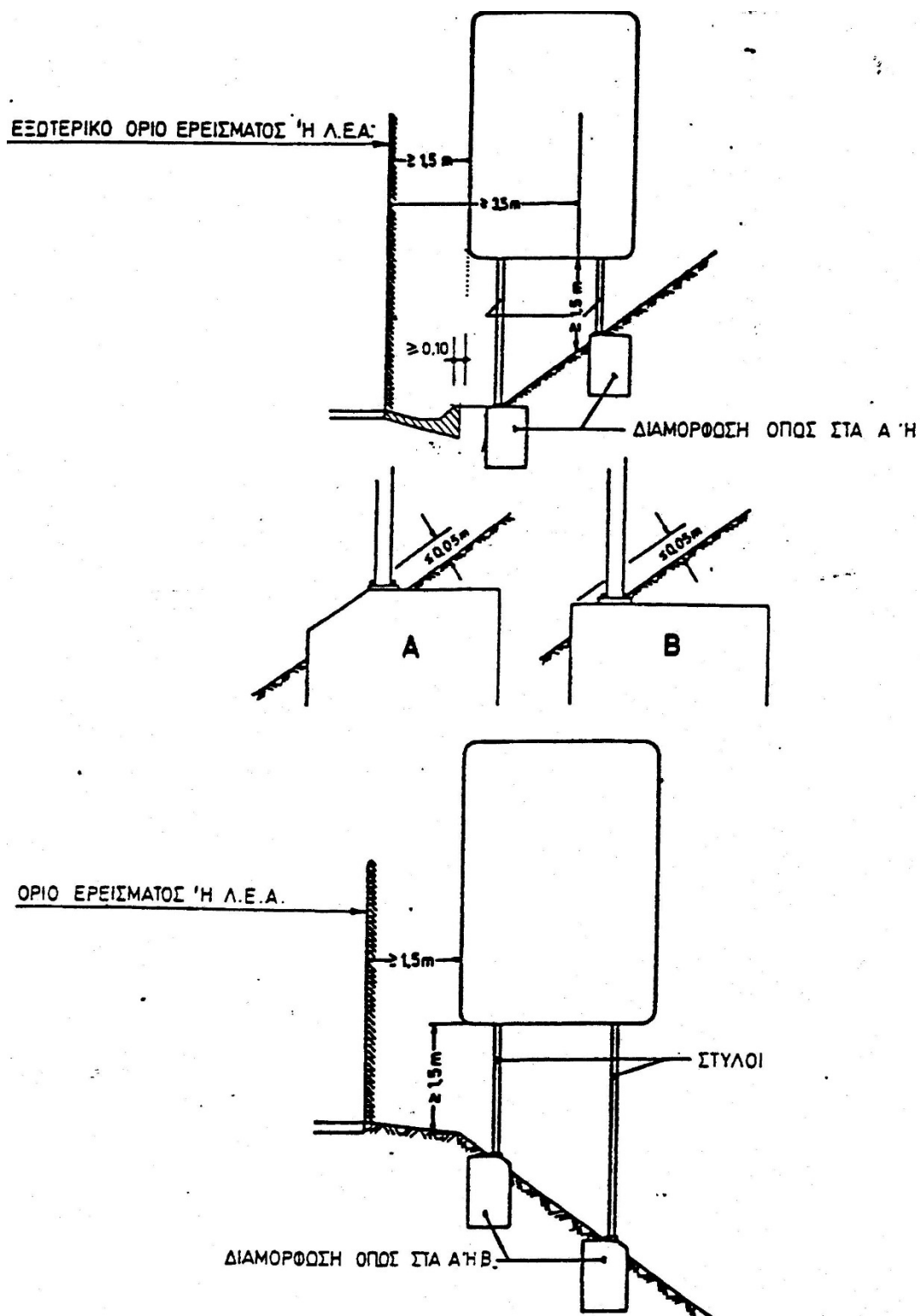


(8) Πινακίδες αναγγελίας δυνατών κατευθύνσεων σε γέφυρα σήμανσης

Εικόνα 72: Διαφορετικές μορφές πινακίδων αναγγελίας κατευθύνσεων σε γέφυρες σήμανσης (Πηγή: ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002)

3.3.2 Τοποθέτηση Πληροφοριακών Πινακίδων

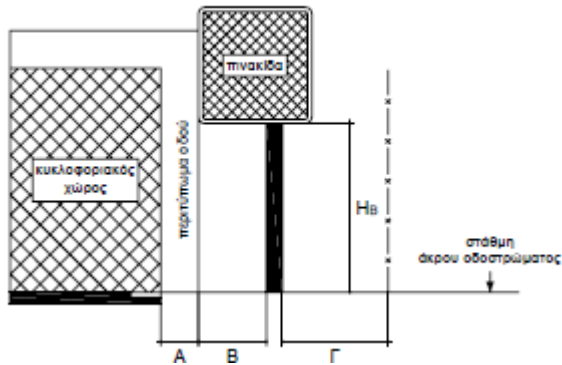
Οι πλευρικές πινακίδες σήμανσης τοποθετούνται στο δεξιό άκρο της οδού κατά την κατεύθυνση της κυκλοφορίας με συγκεκριμένες ελάχιστες αποστάσεις από το περιτύπωμα της οδού. Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ, το αριστερό όριο της πινακίδας πρέπει να απέχει από το δεξιό όριο του ερείσματος ή της λωρίδας έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ) απόσταση ≥ 1.50 μ. Σε συνθήκες περιορισμένου χώρου μπορεί να απέχει 1.00 μ.. Συμπληρωματικά για την περίπτωση κατασκευής επενδεδυμένης τάφρου πρέπει να απέχει απόσταση ≥ 0.50 μ. από τη βαθιά γραμμή της τάφρου. Καθώς επίσης και απόσταση μεγαλύτερη από 0.50 μ. Από την όψη του στηθαίου ασφαλείας.



ΠΑΚΤΩΣΗ ΙΚΡΙΩΜΑΤΟΣ ΟΓΚΩΔΟΥΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΠΙΝΑΚΙΔΑΣ

ΤΑ ΣΩΜΑΤΑ ΠΑΚΤΩΣΗΣ (Α 'Η Β) ΔΕΝ ΕΠΙΤΡΕΠΕΤΑΙ ΝΑ ΕΞΕΧΟΥΝ ΠΛΗΘ ΑΠΟ 5CM ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ. (Λ.Ε.Α. = ΛΟΡΙΔΑ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ)

Εικόνα 73: Πάκτωση πλευρικής πινακίδας (Πηγή: ΟΣΜΕΟ,2011)



Εικόνα 74: Τοποθέτηση πλευρικών πινακίδων κατά πλάτος της οδού (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))

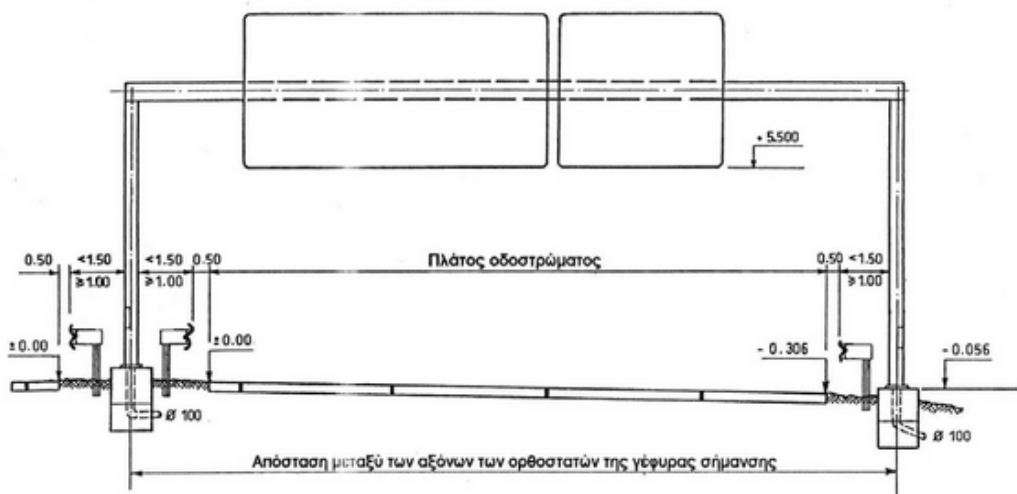
Το κάτω όριο της πινακίδας πρέπει να απέχει από την επιφάνεια του εδάφους ελάχιστη απόσταση, η οποία είναι 1.00 μ. για οριζόντιο έδαφος, 1.50 μ. σε επίχωμα και 0.50 μ. σε όρυγμα. Σε περίπτωση έντονης κλίσης του πρανούς, η απόσταση αυτή επιτρέπεται να

μειωθεί σε 0.25 μ.. Πάντως η κατακόρυφη απόσταση εδάφους –κάτω ορίου πινακίδας, μετρούμενη σε οριζόντια απόσταση από το δεξιό όριο του ερείσματος δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 1.50 μ.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη στήριξη ογκωδών πλευρικών πινακίδων (μεγαλύτερες από 2 μ²). Θα χρησιμοποιούνται στύλοι και κριώματα από χάλυβα οι ακριβείς διαστάσεις των οποίων θα προκύψουν από στατικό υπολογισμό. Η τοποθέτηση των πινακίδων και η πάκτωση τους πρέπει να ανταποκρίνονται στις ελάχιστες διαστάσεις που περιγράφονται στο σχέδια που ακολουθούν.

Στην περίπτωση των γεφυρών σήμανσης οι βασικές αρχές σχεδιασμού διαφέρουν. Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ, με τον όρο γέφυρα σήμανσης νοείται φέρουσα κατασκευή πάνω από το χώρο κυκλοφορίας από την οποία αναρτώνται πινακίδες οπισθοανακλαστικές ή μεταβλητής ένδειξης, καθώς και σηματοδότες σε περιοχές κυρίως εντός σχεδίου πόλεων κ.λ.π.. Οι βασικές μορφές γεφυρών είναι Π, Γ, Τ και συνδυασμοί αυτών.

Κατά την τοποθέτηση των γεφυρών σήμανσης η απόσταση μεταξύ των εμπρόσθιων επιφανειών του ορθοστάτη και του παρακειμένου χαλύβδινου στηθαίου πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,0 m. Το ελεύθερο ελάχιστο ύψος μεταξύ της κάτω παρειάς της πινακίδας / σηματοδότη και της επιφάνειας του σταθεροποιημένου οδοστρώματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 5,50 m.



Εικόνα 75: Γέφυρα πινακίδας σήμανσης και στηθαία ασφαλείας (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))

3.3.3 Βασικές αρχές σχεδιασμού

Κατά την εκπόνηση της μελέτης πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, έτσι ώστε η όλη κατασκευή να είναι απλή στον έλεγχο και εύκολη στη συντήρηση. Για τη διαμόρφωση των γεφυρών δεν επιτρέπεται η χρήση δικτυωμάτων, θα χρησιμοποιούνται μόνο κοίλες διατομές ή σύνθετα δομικά στοιχεία κοίλης διατομής. Οι αιχμηρές ακμές θα στρογγυλεύονται με $r = 50 \text{ mm}$.

Ο σχεδιασμός της γέφυρας θα πρέπει να εξυπηρετεί την δυνατότητα αντικατάστασης φερόντων στοιχείων της και κατά τον καθορισμό της μορφής του φορέα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατασκευαστικά οι έντονα εναλλασσόμενες τάσεις λόγω ανέμου. Ο σχεδιασμός θα πρέπει να είναι τέτοιος που να διατηρεί σε χαμηλά επίπεδα την ανάπτυξη τοπικών μεγίστων τάσεων.

Επιπλέον, στα ζυγώματα των πλαισίων Π καθώς και στους προβόλους των γεφυρών Γ και Τ θα εφαρμόζεται αρνητικό βέλος, γωνίες ανοιγμάτων σε ελάσματα γεφυρών θα στρογγυλεύονται με ακτίνα τουλάχιστον 30 mm, το ελάχιστο πάχος ελασμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται για κατασκευή γεφυρών σήμανσης είτε από χάλυβα είτε από αλουμίνιο, ανέρχεται σε 6 mm. Για ελάσματα από χάλυβα θα ισχύει η αναλογία $b/t \leq 70$ και τέλος τα στοιχεία ακαμψίας και ενίσχυσης πρέπει κατά το δυνατόν να τοποθετούνται εσωτερικά. Τμηματικές αλλαγές πάχους δομικού στοιχείου θα γίνονται εσωτερικά.

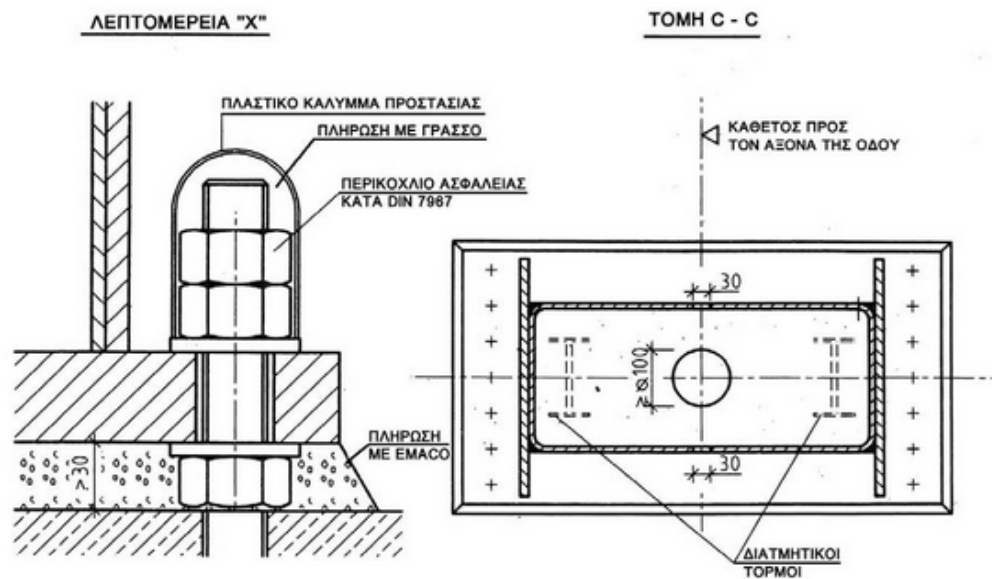
Πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για την αποστράγγιση με ειδικές κατασκευές όπως φαίνονται στα παρακάτω σχήματα. Οπές 30 mm στα χαμηλότερα σημεία και στον πόδα των ορθοστατών, καθώς και στο μέσον και στα άκρα του ζυγώματος γέφυρας μορφής Π, τεμάχια σωλήνων που προεξέχουν της επιφανείας του δομικού στοιχείου κατά 15 mm και τέλος ελάσματα αποστράγγισης πάνω από τις θυρίδες συντήρησης.

Δεν επιτρέπονται εργοταξιακές ή διακεκομμένες ραφές συγκόλλησης, για τη συναρμολόγηση ορθοστατών και ζυγώματος στο εργοτάξιο πρέπει να χρησιμοποιούνται κοχλίες ως στοιχεία σύνδεσης. Οι ραφές μπορούν να είναι περιμετρικά και αριθμός αυτών εγκάρσια στη ροή πρέπει να είναι περιορισμένος.

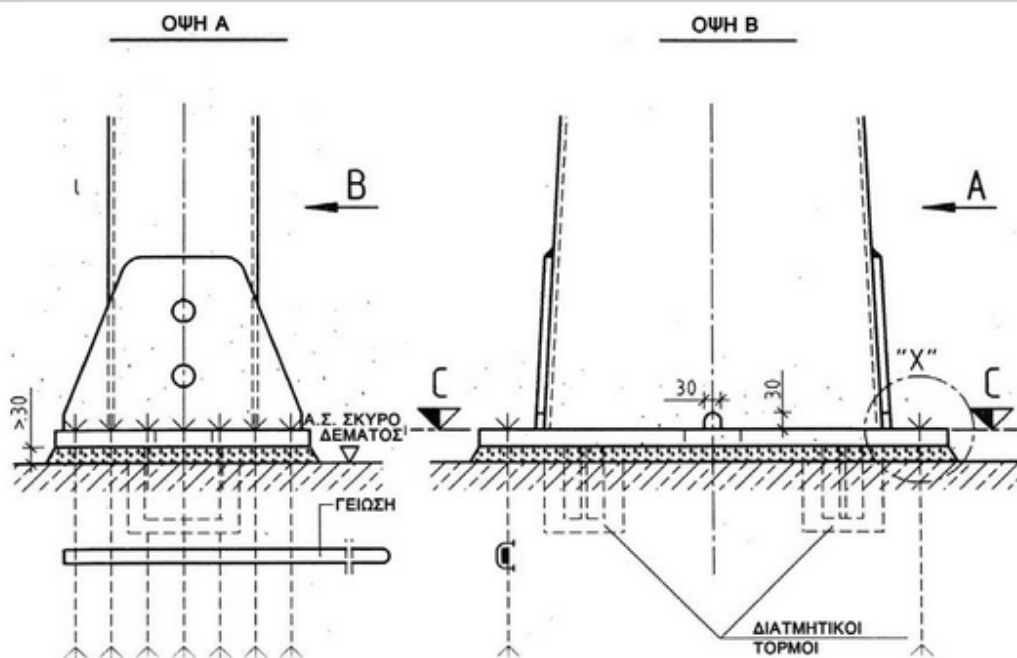
Για την έδραση/ αγκύρωση της γέφυρας ισχύουν τα εξής:

- Το επίπεδο έδρασης / αγκύρωσης του ορθοστάτη της γέφυρας θα βρίσκεται τουλάχιστον 25 cm πάνω από το έδαφος
- Οι διατάξεις αγκύρωσης οι οποίες θα είναι προπαρασκευασμένες και θα ενσωματώνονται κατά τη σκυροδέτηση του βάρου. Για την προστασία από την χαλάρωση θα υπάρχουν περικόχλια της αγκύρωσης και περικόχλια ασφαλείας. Το σημείο σύνδεσης θα καλύπτεται με γράσο και ειδικό πλαστικό κάλυμμα.
- Ο αρμός μεταξύ πλάκας έδρασης και του θεμέλιου θα πληρώνεται με αδιάβροχο μη συρρικνούμενο συνθετικό κονίαμα.
- Όταν το περιθώριο των οπών των αγκυρίων έδρασης είναι μεγαλύτερο από 2 mm, πρέπει να τοποθετούνται πρόσθετοι διατμητικοί σύνδεσμοι με τη μορφή πρότυπων διατομών συγκολλημένων στην κάτω παρειά της πλάκας έδρασης του στύλου
- Για την πλάκα έδρασης των ορθοστατών γεφυρών από κράματα αλουμινίου θα

χρησιμοποιείται αποκλειστικά ποιότητα Al Mg 4,5 Mn -F27.



Εικόνα 76: Λεπτομέρεια αγκύρωσης σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))



Εικόνα 77: Λεπτομέρειες έδρασης γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))

Κατά στην στήριξη των πινακίδων στην φέρουσα κατασκευή δεν πρέπει να γίνεται μόνιμη κοχλίωση ή συγκόλληση, ώστε να είναι δυνατή η αλλαγή αυτών και θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα στο πλαίσιο για μικρές παραμορφώσεις, πχ. μεταξύ ζυγώματος και διάταξης στερέωσης πινακίδων ελαστομερή παρεμβλήματα. Με αυτό τον τρόπο θα είναι δυνατό να γίνονται μικρομετακινήσεις χωρίς να καταπονείται η κατασκευή και να καταστρέφεται η αντιδιαβρωτική προστασία. Τέλος, όλοι οι κοχλίες θα εξασφαλίζονται έναντι χαλάρωσης και ειδικότερα Οι κοχλίες στη σύνδεση ζυγώματος και ορθοστάτη πρέπει να είναι τοποθετημένοι σε προσιτό σημείο για μπορούν να ελέγχονται κατά την διάρκεια της κατασκευής. Τέλος θα χρησιμοποιούνται επιψευδαργυρωμένοι κοχλίες ή κοχλίες

από ανοξείδωτο χάλυβα A4-70 κατά **DINISO 3506** Για τους κοχλίες αγκύρωσης στη βάση της γέφυρας, θα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά επιψευδαργυρωμένοι κοχλίες ποιότητας 5.6 κατά **DIN 267 - Μέρος 3**

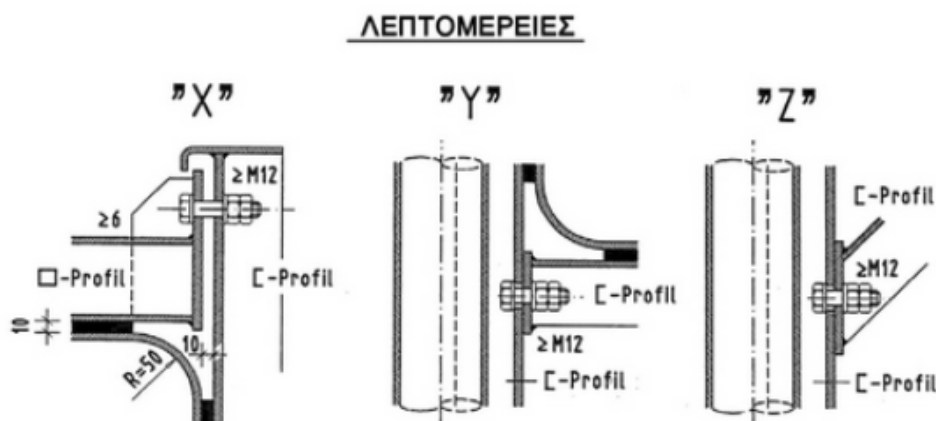
Πιο αναλυτικά στην περίπτωση των γεφυρών σήμανσης τα μεταλλικά τμήματα θα κατασκευάζονται είναι τα εξής:

- Για τον χάλυβα θα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά οι παρακάτω αναγραφόμενες ποιότητες σύμφωνα με το **DIN EN 10025**:

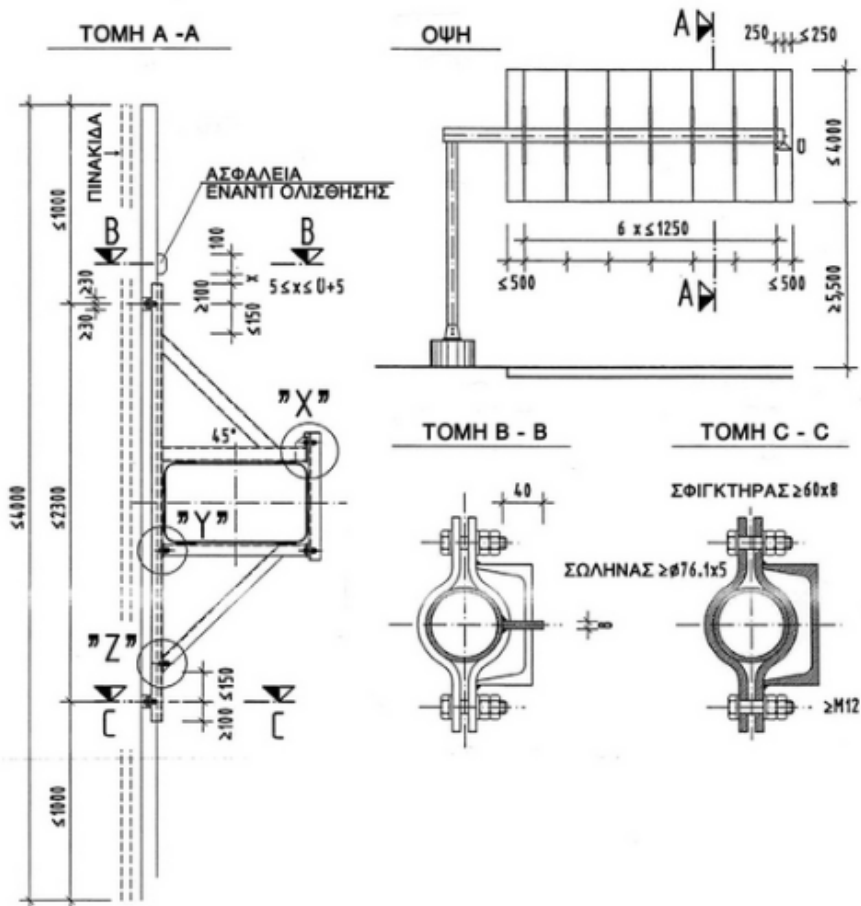
Πίνακας 19: Πίνακας με τις ποιότητες του χάλυβα σύμφωνα με την DIN EN 10025 (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002)).

Όνομασία κατά DIN EN 10025	Παλαιότερη ονομασία
S 235 JR	St 37-2
S 235 JR G1	U St 37-2
S 235 JR G2	R St 37-2
S235 JO	St 37-3U
S 235 J2 G3	St 37-3N
S 355 JO	St 52-3U
S 355 J2 G3	St 52-3N

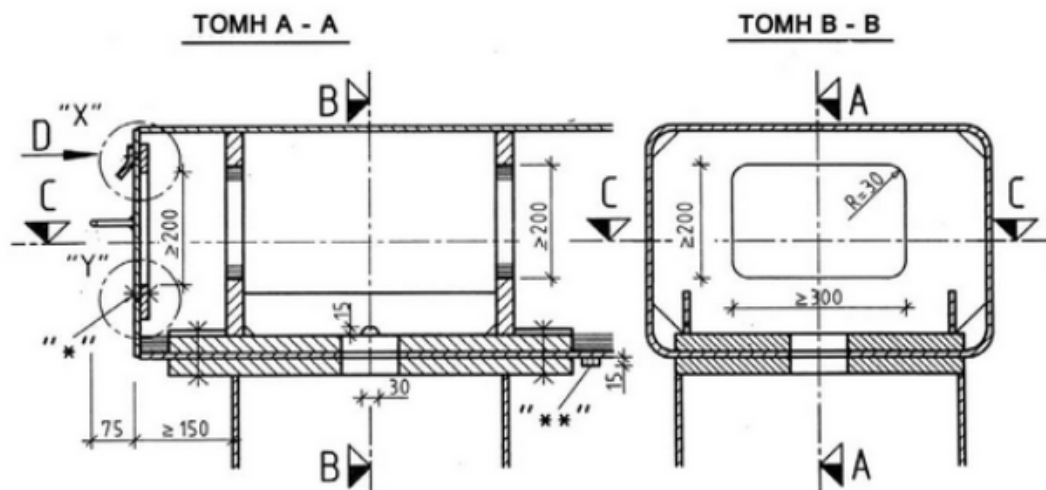
Για το αλουμίνιο θα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά Al Mg Si₁-F30, Al Mg Si₁-F31 και Al Mg 4,5 Mn - F27 σύμφωνα με το DIN 1725



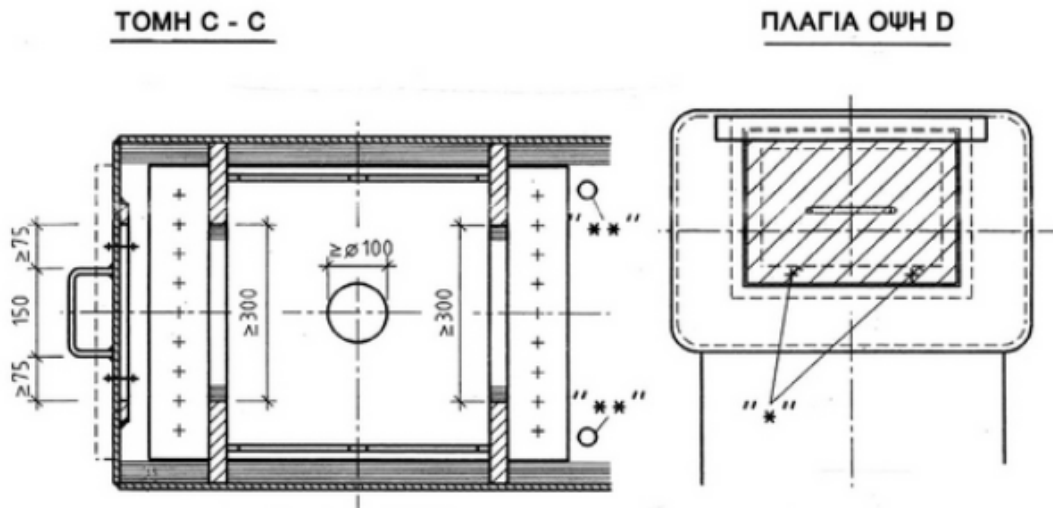
Εικόνα 78: Λεπτομέρεια διάταξης στερέωσης γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))



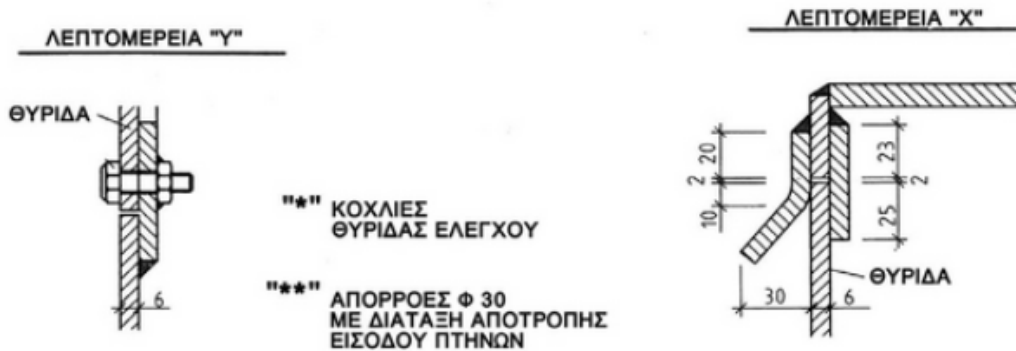
Εικόνα 79: Παράδειγμα διάταξης στερέωσης γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))



Εικόνα 80: Διάταξη κοχλίων γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))



Εικόνα 81: Διάταξη κοχλίων γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))



Εικόνα 82: Διάταξη κοχλίων γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))

Η αντιδιαβρωτική προστασία των χαλύβδινων στοιχείων πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις ZTV-KOR. Οι επιφάνειες των στοιχείων και τα ανοίγματα για την επιψευδαργύρωση πρέπει να διαμορφώνονται κατά τρόπο ώστε να μην εμποδίζεται η απορροή των νερών. Σε γενικές γραμμές για την αντιδιαβρωτική προστασία της κατασκευής όλα τα χαλύβδινα στοιχεία, τα διαφράγματα και τα ελάσματα ακαμψίας πρέπει να επιψευδαργυρώνονται εν θερμώ. Οι φορείς από αλουμίνιο πρέπει να επιστρώνονται στο κατώτερο τμήμα των ορθοστατών, 2,0 m πάνω από το παρακείμενο κυκλοφορούμενο οδόστρωμα σύμφωνα με τους κανονισμούς ZTV-KOR. Τα ελαττωματικά σημεία της επιψευδαργύρωσης, ειδικά στις περιοχές των ραφών συγκόλλησης, πρέπει να επιδιορθώνονται με ψεκασμό ψευδαργύρου εν θερμώ, σύμφωνα με το DIN 8565 και οι φθορές των επιστρώσεων πρέπει να διορθώνονται με το ίδιο υλικό

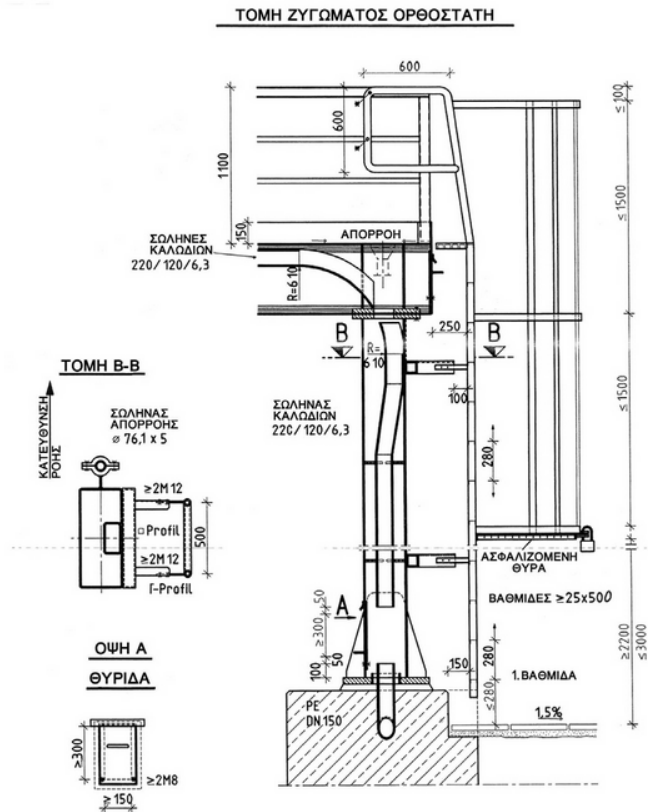
Σε περίπτωση που υπάρχει πιθανότητα όδευσης καλωδίων για ηλεκτροδότηση μελλοντικού εξοπλισμού, θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη κενών σωλήνων από την κατασκευή της γέφυρας, καθώς και ανοίγματα επιθεώρησης. Η διέλευση των καλωδίων πρέπει να είναι απρόσκοπτη και χωρίς τοπικές κάμψεις. Οι κενοί σωλήνες στο θεμέλιο ή στο βάθρο θα περατώνονται τουλάχιστον 50 mm πάνω από την πλάκα έδρασης και η πλευρική είσοδος στο θεμέλιο ή στο βάθρο πρέπει να είναι στεγανή.

Στην περίπτωση που προβλέπονται κατακόρυφες κλίμακες ισχύουν οι ακόλουθοι κανόνες:

- Οι κλίμακες πρέπει να στερεώνονται στους ορθοστάτες των γεφυρών σήμανσης.
Κατά κανόνα οι κλίμακες πρέπει να τοποθετούνται στην παρειά του ορθοστάτη προς την
- εξωτερική πλευρά του οδοστρώματος.
Οι χειρολισθήρες της κλίμακας θα είναι σωλήνες, κλειστοί επάνω και ανοιχτοί κάτω. Η μεταξύ
- τους αξονική απόσταση πρέπει να είναι ίση τουλάχιστον με 500 mm.
Για την αποτροπή ανόδου στη γέφυρα σήμανσης αναρμόδιων ατόμων, θα υπάρχει, σε ύψος 3,0
- m από το περιβάλλον έδαφος, κατάλληλα διαμορφωμένη θυρίδα η οποία θα ασφαρίζεται.
Στην περιοχή εξόδου προς το διάδρομο επιθεώρησης, για την ασφαλή άνοδο και κάθοδο του
- προσωπικού, οι χειρολισθήρες θα φθάνουν μέχρι το ύψος των κιγκλιδωμάτων του διαδρόμου,
- διαμορφούμενοι κατάλληλα και συνδεδεμένοι με αυτά.
Η ελαχίστη ελεύθερη απόσταση μεταξύ του ορθοστάτη και των βαθμίδων πρέπει να είναι
- τουλάχιστον 150 mm στη στενότερη θέση.
Οι κατακόρυφες αποστάσεις μεταξύ των βαθμίδων δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν τα 280 mm.
Η απόσταση μεταξύ της υψηλότερης βαθμίδας και του επιπέδου εξόδου δεν πρέπει να είναι
- μεγαλύτερη από 150 mm.
- Οι βαθμίδες θα έχουν πλάτος τουλάχιστον 25 mm

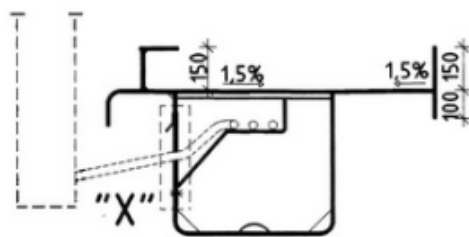
Για την πραγματοποίηση των εργασιών επιθεώρησης και συντήρησης, ειδικότερα σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας φέρουν διαδρόμους επίσκεψης. Αυτό γίνεται για την αποφυγή αποκλεισμού της κυκλοφορίας και ατυχημάτων κατά την διάρκεια της συντήρησης. Κατά κανόνα, δεν προβλέπονται διάδρομοι επίσκεψης σε γέφυρες σήμανσης με λεπτά ζυγώματα ή σε γέφυρες με προβόλους.

Το ελεύθερο πλάτος του διαδρόμου δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 800 mm, για να μπορεί να είναι επισκέψιμο. Επιπλέον, για την αποφυγή πτώσης εργαλείων και αντικειμένων το δάπεδο των διαδρόμων πρέπει να φέρει ειδική κατασκευή με κατάλληλο πλέγμα (DIN 24537), με μικρούς βρόγχους (διαστάσεις βρόχων 10 x 10 mm) και περιμετρικό παραπέτο ύψους 15 cm β). Οι διάδρομοι επίσκεψης για να εκπληρώνουν τον σκοπό τους θα πρέπει να παρέχουν πρόσβαση στα στοιχεία στερέωσης και την κατασκευή της γέφυρας σήμανσης, χωρίς να απαιτούνται αλλά βοηθητικά μέσα. Συνεπώς, ο διάδρομος μπορεί να κατασκευαστεί είτε κάτω από το ζύγωμα, είτε να χρησιμοποιηθεί το ίδιο το ζύγωμα. Στην δεύτερη περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει κιγκλίδωμα ύψους 1,10 m πάνω από τη βαθτή επιφάνεια και θα υποδιαιρείται καθ' ύψος με δύο ενδιάμεσες οριζόντιες δοκούς.

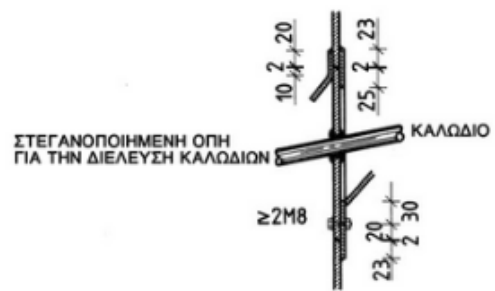


Εικόνα 83: Τομή ζυγώματος ορθοστάτη γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))

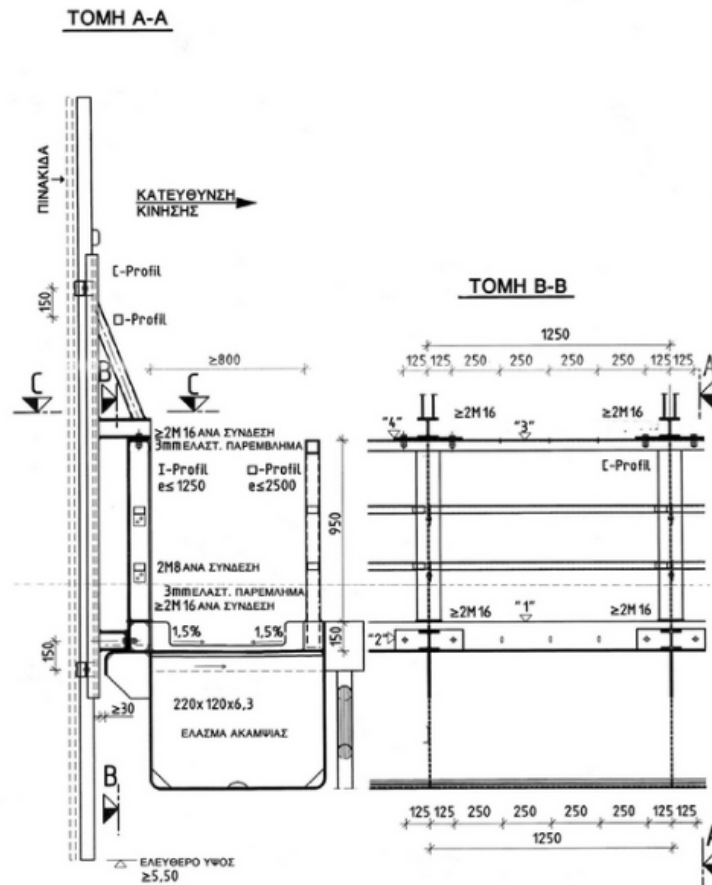
ΤΟΜΗ C-C



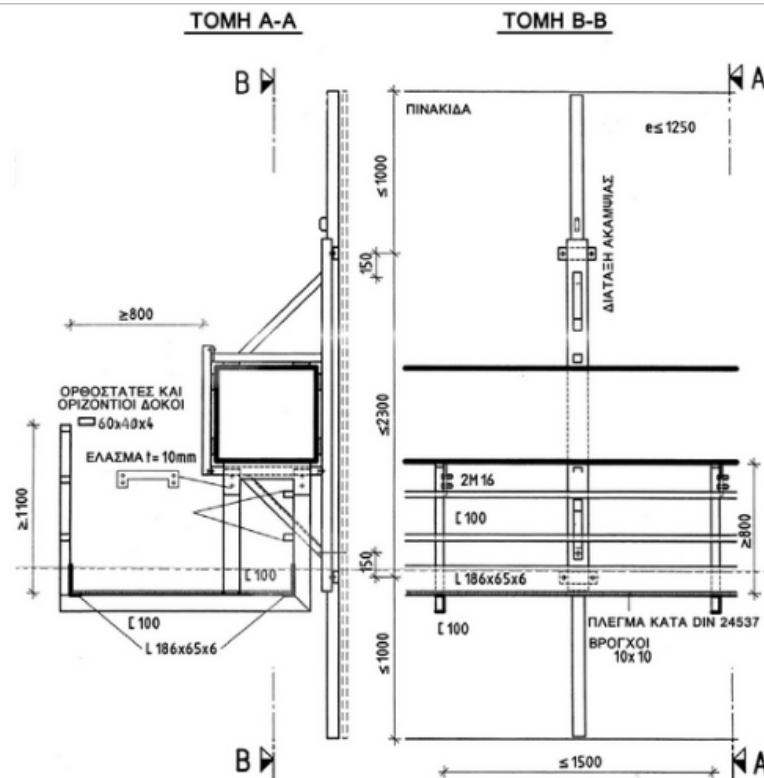
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ "X"



Εικόνα 84: Λεπτομέρειες γέφυρας σήμανσης για απομάκρυνση των ομβρίων και προστασία των καλωδίων (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))



Εικόνα 85: Τομή γέφυρας σήμανσης με διάδρομο επίσκεψης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))



Εικόνα 86: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες γέφυρας σήμανσης (Πηγή: (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002))

3.4 Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

3.4.1 Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης σύμφωνα με τους κανονισμούς AASHTO

Οι πινακίδες σήμανσης υπόκεινται σε καταπόνηση από την επίδραση του ανέμου και ειδικότερα οι μεγάλες πινακίδες σήμανσης που είναι τοποθετημένες στους αυτοκινητόδρομους (πλευρικές πληροφοριακές πινακίδες και γέφυρες σήμανσης). Προσπάθειες για την αντιμετώπιση του ανέμου ήδη είχε ξεκινήσει στην Αμερική από το 1963 και ενσωματώθηκαν στους κανονισμούς AASHTO 1985.⁵⁹ Για την έκδοση των κανονισμών πραγματοποιήθηκαν τα παρακάτω στάδια:

- Βιβλιογραφική έρευνα, συλλογή στοιχείων για την ταχύτητα των ανέμων και σχεδιασμός
- Αναθεώρηση των χαρακτηριστικών των ανέμων και εκπόνηση εργαστηριακών μετρήσεων
- Μελέτες πεδίου, περιλαμβάνει εκπόνηση μετρήσεων σε υφιστάμενες πινακίδες
- Ανάλυση όλων των δεδομένων και εξαγωγή συμπερασμάτων

Το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία χαρτών με ισοανεμικές καμπύλες και μεθοδολογία για τον υπολογισμό της επίδρασης του ανέμου σε πινακίδες σήμανσης.

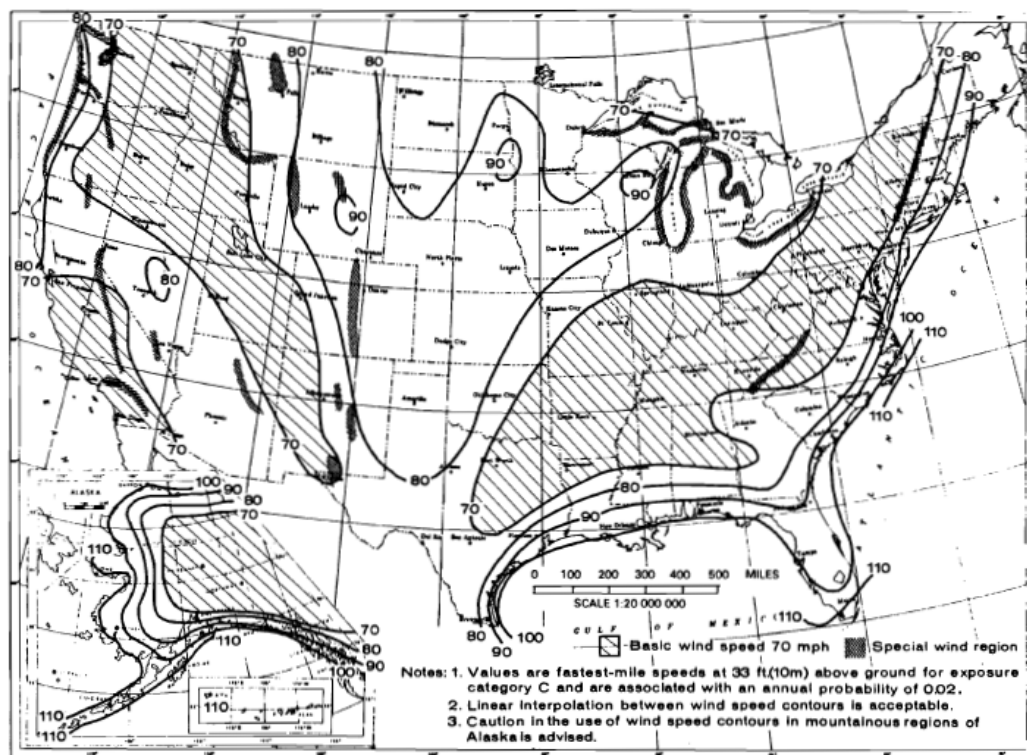


FIGURE 2.1. BASIC WIND SPEED MAP FROM ASCE 7-88 (ASCE, 1990)

Εικόνα 87: Χάρτης με ισοανεμικές καμπύλες των Η.Π.Α. (Πηγή: (Texas DoT, 1995))

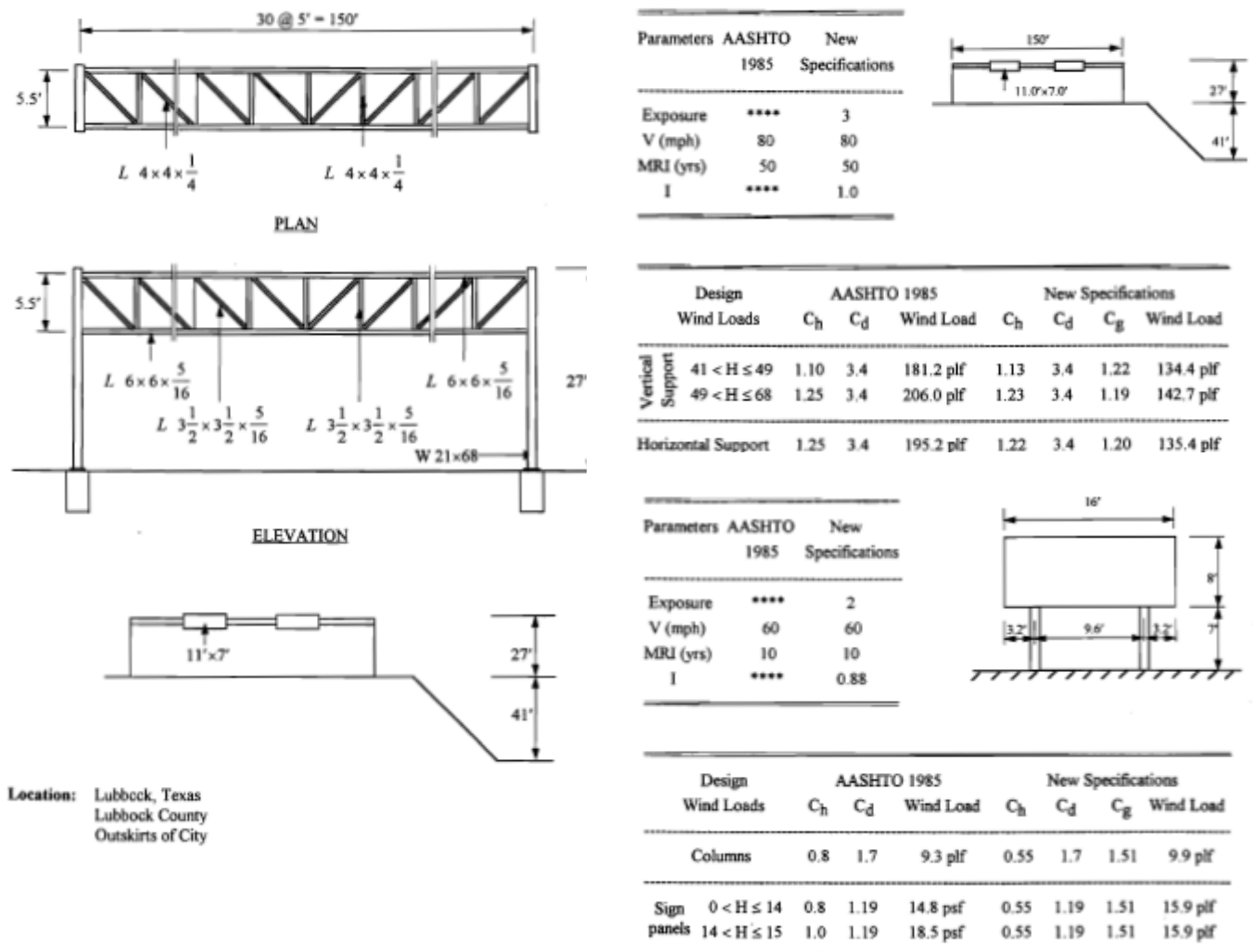
⁵⁹ WIND LOAD EFFECTS ON SIGNS, LUMINAIRES AND TRAFFIC SIGNAL STRUCTURES (1303-f)

Από το 1985 και μετά οι κανονισμοί υπόκεινται σε διαρκείς αναθεωρήσεις οι οποίες περιλαμβάνουν δύο βασικά σημεία

- τις μεταβολές στην ταχύτητα του ανέμου και
- συμμόρφωση στο πρότυπο συναίνεσης (consensus standard) ASCE-78.8

σύμφωνα με το τελευταίο, οι αναθεωρημένες διατάξεις για το φορτίο ανέμου βασίζονται στην έννοια του συντελεστή απόκρισης ριπών αέρα. Οι παράγοντες απόκρισης ριπής, που δίνονται σε μορφή πίνακα, αντικατοπτρίζουν την απόκριση του κατασκευές που δεν διεγείρονται δυναμικά από τον άνεμο. Η προσέγγιση του παράγοντα απόκρισης ριπής είναι μεγαλύτερη ρεαλιστική από την τρέχουσα προσέγγιση παράγοντα ριπής στο πρότυπο AASHTO. Είναι επίσης λιγότερο συντηρητικό και οδηγεί σε πιο οικονομικούς σχεδιασμούς από τις διατάξεις του προτύπου AASHTO.

Εικόνα 88: Παράδειγμα α) δικτυώματος γέφυρας σήμανσης και β) σχεδιασμός φορτίων ανέμου σε γέφυρα σήμανσης και πλευρική πινακίδα (Πηγή: (Texas DoT, 1995))



3.4.2 Οι κανονισμοί DIN

Πριν την έκδοση των ευρωκωδίκων, οι μελέτες για τον υπολογισμό των γεφυρών σήμανσης εκπονούνταν σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς οι οποίοι ήταν σε συνάρτηση με την Εγκύκλιο Α144/1975 και τους γερμανικούς κανονισμούς (DIN)⁶⁰. Οι σημαντικότεροι κανονισμοί που χρησιμοποιούνται σε Ελλάδα και Γερμανία.

Αναλυτικά οι προδιαγραφές και κανονισμοί που χρησιμοποιούνται φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (ΟΜΟΕ- Τεύχος 10, 2002):

- DIN 488: Χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος
- ΚΤΧ - 2000: Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων οπλισμένου σκυροδέματος
- DIN 4099: Συγκόλληση οπλισμών σκυροδέματος
- DIN 1045: Κατασκευές από άοπλο και οπλισμένο σκυρόδεμα Διαστασιολόγηση - Κατασκευή
- ΚΤΣ - 1997: Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος
- DIN 18800: Σιδηρές κατασκευές Μέρη 1 - 4, Μέρος 7
- DIN 1052: Ξύλινες κατασκευές, Υπολογισμός - Κατασκευή, Μέρη 1 - 3
- DIN 1054: Επιτρεπόμενη φόρτιση του εδάφους θεμελίωσης με επεξηγήσεις
- DIN 1055: Παραδοχές φορτίων κατασκευών, Μέρη 1 - 6
- DIN 1072: Παραδοχές φορτίων οδογεφυρών και πεζογεφυρών
- DIN 1072: Συμπλήρωμα
- DIN 1075: Γέφυρες από σκυρόδεμα. Διαστασιολόγηση και κατασκευή
- DIN 1076: Τεχνικά Έργα Οδών - Επίβλεψη - Έλεγχος
- ΕΑΚ-2000: [Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000](#)
- Εγκύκλιος [Γ] 39/1999: Οδηγίες για την αντισεισμική μελέτη γεφυρών
- DIN 4014: Έγχυτοι πάσσαλοι: Κατασκευή, υπολογισμός και επιτρεπόμενη φόρτιση
- DIN 4017: Έδαφος θεμελίωσης: Υπολογισμός φέρουσας ικανότητας Θεμελίωσης Μέρη 1 - 2
- DIN 4018: Έδαφος θεμελίωσης: Κατανομή των τάσεων εδάφους κάτω από επιφανειακές θεμελιώσεις.
- DIN 4018: Συμπλήρωμα
- DIN 4019: Έδαφος θεμελίωσης: Μέρος 1: Υπολογισμός καθιζήσεων στην περίπτωση κατακόρυφης κεντρικής φόρτισης, Μέρος 2: Υπολογισμός καθιζήσεων την περίπτωση λοξής και έκκεντρης φόρτισης, Μέρος 1 - Συμπλήρωμα: Επεξηγήσεις και παραδείγματα
- DIN 4022: Έδαφος και υπόγειο νερό Μέρη 1 - 3
- DIN 4026: Προκατασκευασμένοι πάσσαλοι: Κατασκευή, υπολογισμός και επιτρεπόμενη φόρτιση
- DIN 4026: Συμπλήρωμα
- DIN 4030: Εκτιμήσεις για νερά, εδάφη, αέρια που είναι επιβλαβή στο σκυρόδεμα
- DIN 4080: Έδαφος: Υπολογισμός θραύσης πρανών, Συμπλήρωμα 1, Συμπλήρωμα 2
- DIN 4085: Έδαφος: Υπολογισμός της ώθησης γαιών, Συμπλήρωμα 1, Συμπλήρωμα 2
- DIN 4093: Ενέσεις σε έδαφος: Σχεδιασμός, κατασκευή, έλεγχος
- DIN 4107: Υπέδαφος - Παρακολούθηση υποχωρήσεων κατά και μετά την κατασκευή τεχνικών έργων.
- DIN 4123: Προστασία κτιρίων στην περιοχή εκσκαφών, θεμελιώσεων και υποστυλώσεων

⁶⁰ <https://www.din.de/en>

DIN 4124: Εκσκαφές και τάφροι: Πρανή, πλάτη χώρων εργασίας, αντιστήριξη (σανιδώματα και αντηρίδες)

DIN 4125: Προσωρινά και μόνιμα αγκύρια εδάφους και βράχου. Υπολογισμός, κατασκευή, έλεγχος.

DIN 4126: Διαφραγματικοί τοίχοι

DIN 4127: Μπετονίτης

DIN 4128: Ενέσιμοι πάσσαλοι μικρής διαμέτρου

DIN 4150: Δονήσεις στις κατασκευές

DIN 4225: Προκατασκευασμένα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα

DIN 4227: Προεντεταμένο σκυρόδεμα με περιορισμένη και πλήρη προένταση, Μέρος 1: Περιορισμένη και πλήρης προένταση, Μέρος 1/A1, Μέρος 5: Εισαγωγή ενέματος στους τένοντες προέντασης, Μέρος 6: Προένταση χωρίς συνάφεια

DIN 4141: Εφέδρανα (Structural Bearings)

DIN 4421: Φέροντα ικριώματα

DIN 18218: Πλευρικές πιέσεις νωπού σκυροδέματος σε κατακόρυφους ξυλότυπους

3.4.3 Οι Ευρωκώδικες⁶¹

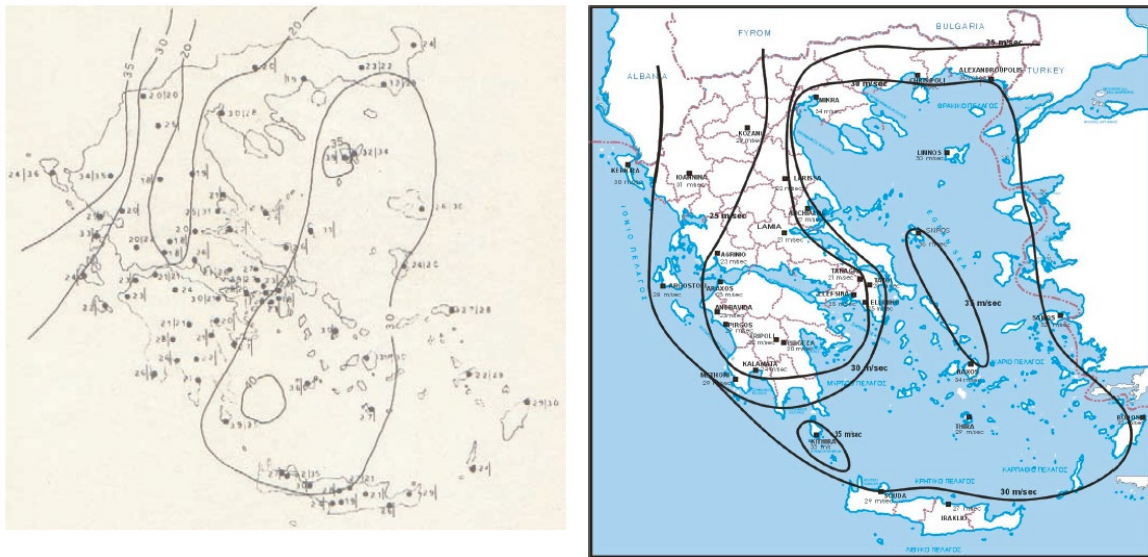
Οι Ευρωκώδικες (EN 1991-1-4, 2005) δημιουργήθηκαν για να παρέχουν όπως αναφέρεται και στον τίτλο «Βάσεις σχεδιασμού και δράσεων στις κατασκευές». Στην συνέχεια τα μέλη κράτη της ΕΕ

Πίνακας 20: Πίνακας με τους ευρωκώδικες όπως μεταφέρθηκαν στην ελληνική νομοθεσία (Πηγή: ΕΛΟΤ62).

Μέρος 1-1 (ΕΛΟΤ EN 1991-1-1:2002):	Γενικές δράσεις - Πυκνότητες, ίδια βάρη και επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια
Μέρος 1-2 (ΕΛΟΤ EN 1991-1-2:2002):	Γενικές δράσεις - Δράσεις στις κατασκευές λόγω πυρκαγιάς
Μέρος 1-3 (ΕΛΟΤ EN 1991-1-3:2003):	Γενικές δράσεις – Φορτία χιονιού
Μέρος 1-4 (ΕΛΟΤ EN 1991-1-4:2005 /A1:2010):	Γενικές δράσεις - Δράσεις ανέμου
Μέρος 1-5 (ΕΛΟΤ EN 1991-1-5:2004):	Γενικές δράσεις - Θερμικές δράσεις
Μέρος 1-6 (ΕΛΟΤ EN 1991-1-6:2005):	Γενικέςδράσεις - Δράσεις κατά την διάρκεια της κατασκευής
Part 1-7 (ΕΛΟΤ EN 1991-1-7:2006/A1:2014):	Δράσεις σε δομήματα - Γενικές δράσεις - Τυχηματικές δράσεις
Μέρος 2 (ΕΛΟΤ EN 1991-2:2003):	Φορτία κυκλοφορίας σε γέφυρες
Μέρος 3 (ΕΛΟΤ EN 1991-3:2007):	Δράσεις οφειλόμενες σε γερανούς και μηχανήματα
Μέρος 4 (ΕΛΟΤ EN 1991-4:2006):	Σιλό και δεξαμενές

⁶² <https://elot.gr/elot>

Όσον αφορά τη δράση του ανέμου στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται οι ευρωκώδικες με εθνικό προσάρτημα, το οποίο εκπονήθηκε από τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης (ΕΛΟΤ). Για τις ανάγκες του εθνικού προσαρτήματος έχει εκπονηθεί μελέτη (Κ. ΤΡΕΖΟΣ, 2001), στην οποία είχαν υπολογισθεί οι χαρακτηριστικές τιμές της ταχύτητας του ανέμου και είχαν συνταχθεί χάρτες «ίσων ταχυτήτων ανέμου». Τα δεδομένα, που είχαν χρησιμοποιηθεί ήταν τα ποσοτικά δεδομένα (μετρήσεις σε m/s ή σε μίλια ανά ώρα) και τα ποιοτικά δεδομένα (μετρήσεις σε Beaufort1). Επειδή τα ποσοτικά δεδομένα ήταν περιορισμένα, είχαν εμπλουτιστεί με ποιοτικά δεδομένα. Τα ποσοτικά δεδομένα αφορούσαν τις μέγιστες ετήσιες ταχύτητες του ανέμου (σε μίλια ανά ώρα) από 24 σταθμούς με μέση διάρκεια παρατηρήσεων 13 έτη ανά σταθμό, ενώ τα ποιοτικά δεδομένα αφορούσαν παρατηρήσεις από άλλους 82 σταθμούς με μέση διάρκεια παρατηρήσεων 23 έτη ανά σταθμό. Η μεθοδολογία που είχε ακολουθηθεί ήταν να χρησιμοποιηθούν τα ποιοτικά δεδομένα στην επιλογή της μορφής των καμπυλών «ίσων ταχυτήτων ανέμου», επειδή ήταν πιο πολλά σε αριθμό και στην συνέχεια τα λιγότερα ποσοτικά δεδομένα, αλλά ακριβέστερα, να χρησιμοποιηθούν στην βαθμονόμηση. Το συμπέρασμα είναι ότι η χαρακτηριστική ταχύτητα του ανέμου με περίοδο επαναφοράς 50 έτη θα μπορούσε να ληφθεί ως εξής: 1. Νησιά και παράλια μέχρι 10km από τη θάλασσα): 36m/s και 2. Υπόλοιπη χώρα: 30m/s. Οι χάρτες με τις καμπύλες ίσων ταχυτήτων και διάφορες περιόδους επαναφοράς φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

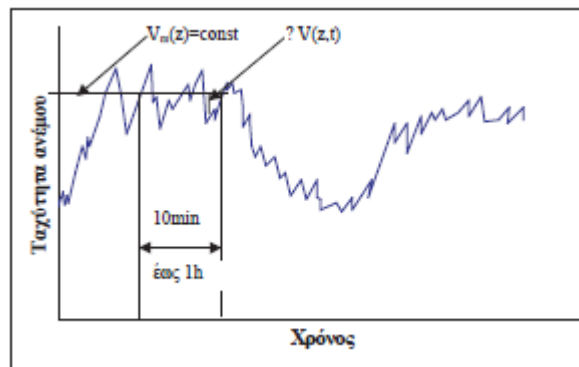


Εικόνα 89: Ισοανεμικές καμπύλες α) σύμφωνα με ΕΛΟΤ και β) σύμφωνα με νεότερη μελέτη (Πηγή: (Κ. ΤΡΕΖΟΣ, 2001))

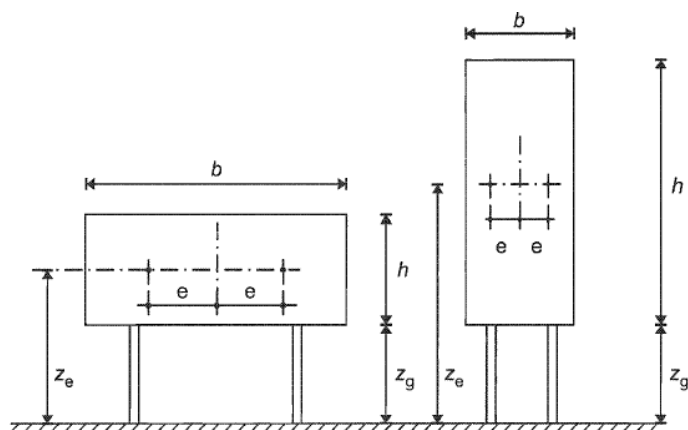
Η δράση του ανέμου σύμφωνα με τους ευρωκώδικες στις κατασκευές έργων πολιτικού μηχανικού κατατάσσεται στις ελεύθερες μεταβλητές δράσεις και εξαρτάται κυρίως από την ταχύτητα v του ανέμου σε ελεύθερο και ανεμπόδιο πεδίο. Η ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζει διακυμάνσεις συναρτησει του χρόνου. Για τις συνήθεις περιπτώσεις και για μικρά χρονικά διαστήματα (π.χ. για διαστήματα από 10min έως 1h) η μέση ταχύτητα του ανέμου μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν αλλάζει διεύθυνση και παραμένει σταθερή για ένα δεδομένο ύψος z από την επιφάνεια του εδάφους. Η στιγμιαία ταχύτητα v εκφράζεται ως άθροισμα της σταθερής μέσης ταχύτητας v_m και της ανεμορριπής Δv , η οποία εκφράζει τη διακύμανση γύρω από τη μέση τιμή:

$$v(z,t) = v_m(z) + \Delta v(z,t)$$

Η μέση ταχύτητα μεταβάλλεται καθ' ύψος και η μεταβολή αυτή εξαρτάται από την τραχύτητα του περιβάλλοντος εδάφους. Για τη μεταβολή αυτή έχουν προταθεί δύο νόμοι: ο εκθετικός νόμος από τον Davenport και ο λογαριθμικός νόμος από τον Ευρωκώδικα. Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα, ο λογαριθμικός νόμος μεταβολής καθ' ύψος και η κατανομή Gumbel είναι αυτός που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ταχύτητας. Η επίδραση των μεθόδων εκτιμήσεων των παραμέτρων, η μέθοδος των ροπών είναι η λιγότερο ευαίσθητη σε ακραίες τιμές δείγματος και δίνει πιο σταθερά αποτελέσματα.



Εικόνα 90: Διακύμανση της ταχύτητας του ανέμου συναρτήσει του χρόνου (Πηγή: (Κ. ΤΡΕΖΟΣ, 2001))



NOTE 1 reference height: $z_e = z_g + h/2$

NOTE 2 reference area: $A_{ref} = b \cdot h$

Εικόνα 91: Βοηθητικό σκαρίφημα για τον υπολογισμό της επίδρασης του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης (Πηγή: (EN 1991-1-4, 2005))

Για τον υπολογισμό της επίδρασης του ανέμου στις πινακίδες και τις γέφυρες σήμανσης λαμβάνονται υπόψη τα εξής⁶³:

Συντελεστής $C_f = 1,80$

Συντελεστής οριζόντιας εκκεντρότητας⁶⁴ $e = 0.25b$

⁶³ Ισχύει για πινακίδες που το κατώτερο σημείο της πινακίδας δεν είναι πακτωμένο στο έδαφος (απόσταση Z_g και απέχει απόσταση μεγαλύτερη από το $h/4$)

⁶⁴ Η δύναμη λαμβάνεται υπόψη ότι δρα σε ύψος που ισοδυναμεί με άθροισμα της απόστασης του κέντρου της πινακίδας και τον συντελεστή οριζόντιας εκκεντρότητας

Η κατηγορία τραχύτητας του εδάφους και οι Συντελεστές μεταβολής της μέσης ταχύτητας συναρτήσει της τραχύτητας του εδάφους, η οποία δίνεται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 21: Πίνακες α) ορισμός κατηγορίας τραχύτητας β) Συντελεστές μεταβολής της μέσης τραχύτητας καθ' ύψος, συναρτήσει της κατηγορίας τραχύτητας του εδάφους (Πηγή: (Κ. ΤΡΕΖΟΣ, 2001)).

*Πίνακας 1α: Ορισμός της κατηγορίας τραχύτητας.
Table 1a: Definition of roughness categories.*

Κατηγορία τραχύτητας	Περιγραφή
I	Θάλασσα, λίμνες με μήκος ανάντη τουλάχιστον 5km.
II	Έδαφος επίπεδο με μεμονωμένα εμπόδια, περιοχές αεροδρομίων.
III	Αγροτικές περιοχές με μεμονωμένα εμπόδια, σειρές δένδρων, φάρμες κ.λπ.
IV	Αγροτικές ή βιομηχανικές περιοχές, δάση.
V	Κέντρα μεγάλων πόλεων.

Πίνακας 1β: Συντελεστές μεταβολής της μέσης ταχύτητας καθ' ύψος (σχέσεις (3.2) και (3.3)), συναρτήσει της κατηγορίας τραχύτητας του εδάφους.

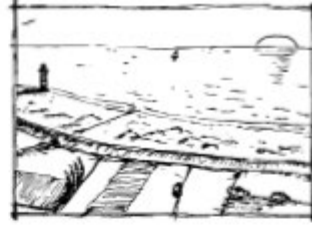
Table 1b: Terrain parameters (eq. (3.2) and (3.3)).

Κατηγορία τραχύτητας	Συντελεστές εκθετικού νόμου, σχέση (3.2)		Συντελεστές λογαριθμικού νόμου, σχέση (3.3)		
	α	β	z_0 (m)	k_t	z_{min} (m)
I	0.10	1.30	0.005	0.161	0.2
II	0.15	1.00	0.05	0.189	0.9
III	0.20	0.85	0.20	0.208	2.2
IV	0.25	0.67	0.5	0.222	4.6
V	0.35	0.47	1	0.233	7.7

Στο παράρτημα των ευρωκωδίκων, για την διευκόλυνση εκτίμησης της κατηγορίας υπάρχει αναλυτική περιγραφή με οπτικό βοήθημα.

Terrain category 0

Sea, coastal area exposed to the open sea



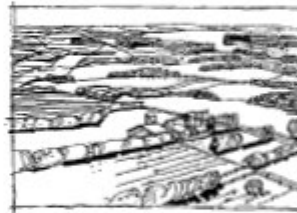
Terrain category I

Lakes or area with negligible vegetation and without obstacles



Terrain category II

Area with low vegetation such as grass and isolated obstacles (trees, buildings) with separations of at least 20 obstacle heights



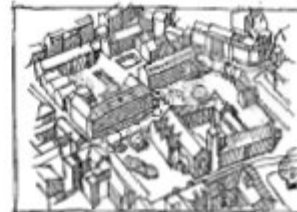
Terrain category III

Area with regular cover of vegetation or buildings or with isolated obstacles with separations of maximum 20 obstacle heights (such as villages, suburban terrain, permanent forest)



Terrain category IV

Area in which at least 15 % of the surface is covered with buildings and their average height exceeds 15 m

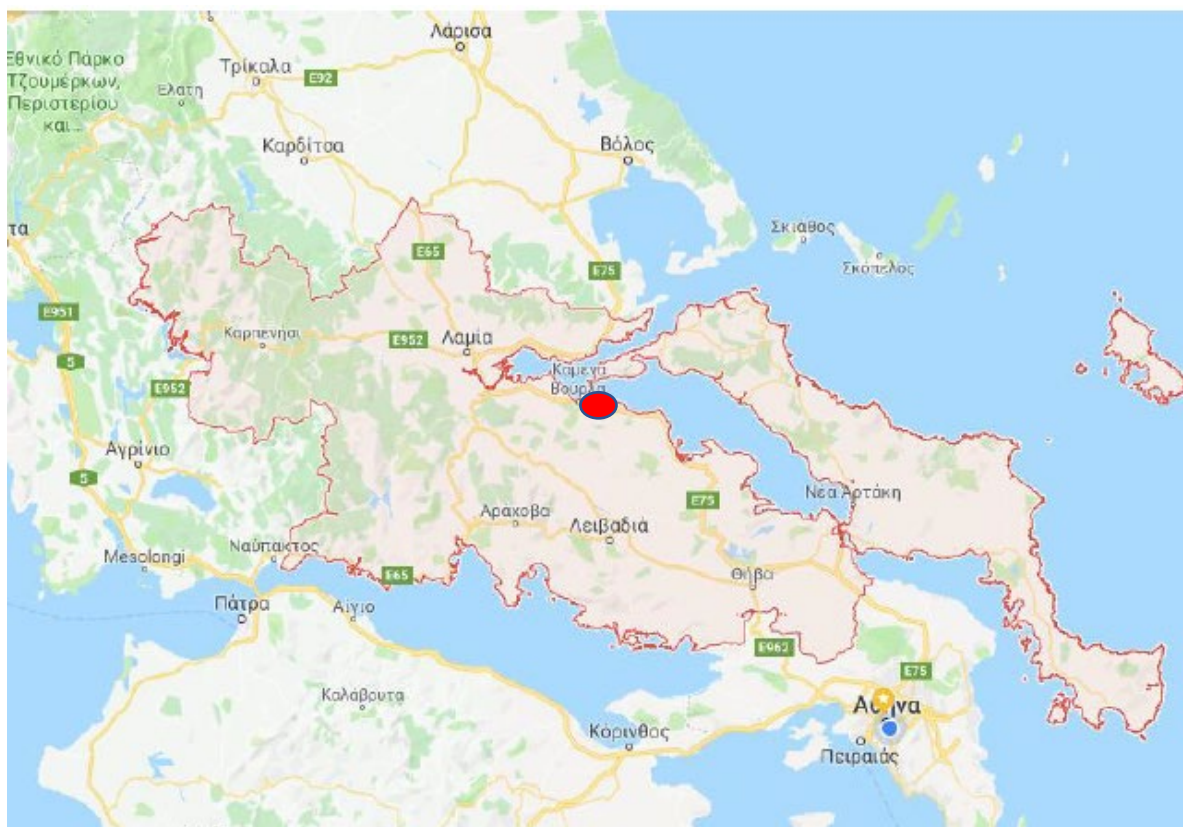


Εικόνα 92: Αναλυτική περιγραφή της τραχύτητας του εδάφους με εικόνες ως βοήθημα (Πηγή: (EN 1991-1-4, 2005))

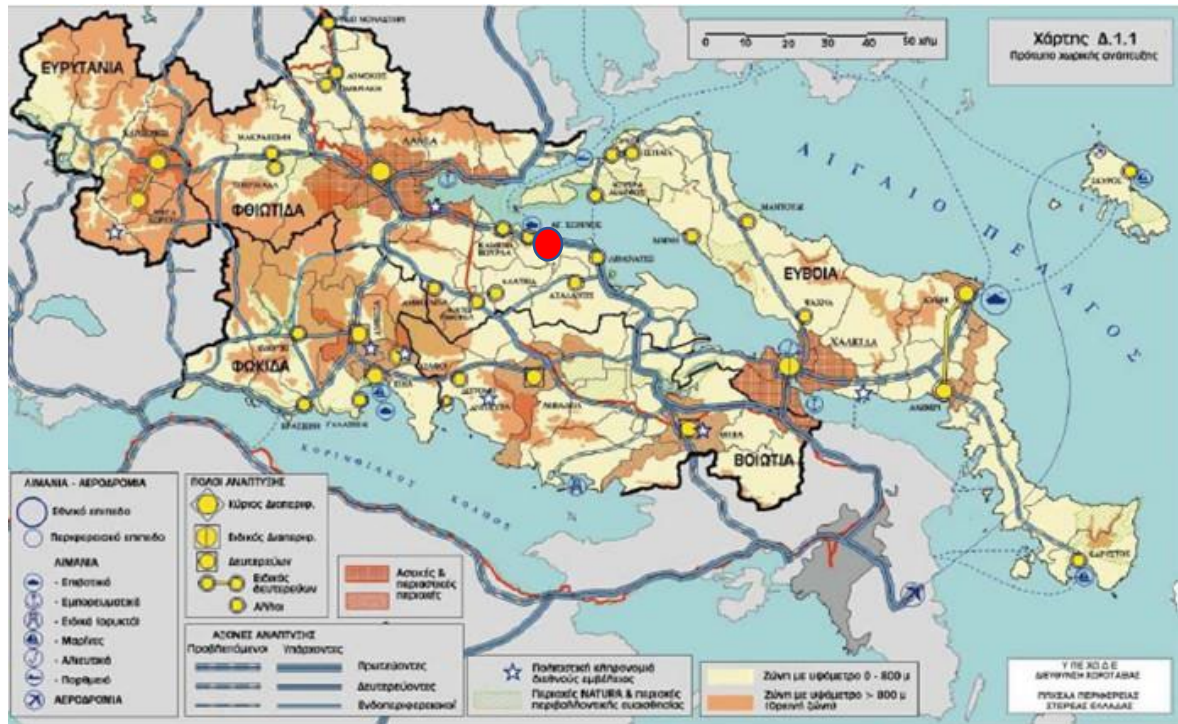
4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1 Γενικά

Ως περιοχή μελέτης ορίζεται το τμήμα του Αυτ/μου ΠΑΘΕ «Άγιος Κωνσταντινος- Καμμένα Βούρλα». Οι βασικότεροι λόγοι που οδήγησαν σε αυτή την επιλογή είναι η ύπαρξη κλιματικών δεδομένων και αναλύσεων που αφορούν τα ιστορικά δεδομένα της περιοχής και την στατιστική διερεύνηση τάσεων μεταβολής των δεδομένων αυτών σε σχέση με την κλιματική αλλαγή.



Εικόνα 93: Χάρτης Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας και θέσης των υπό εξέταση πινακίδων σήμανσης

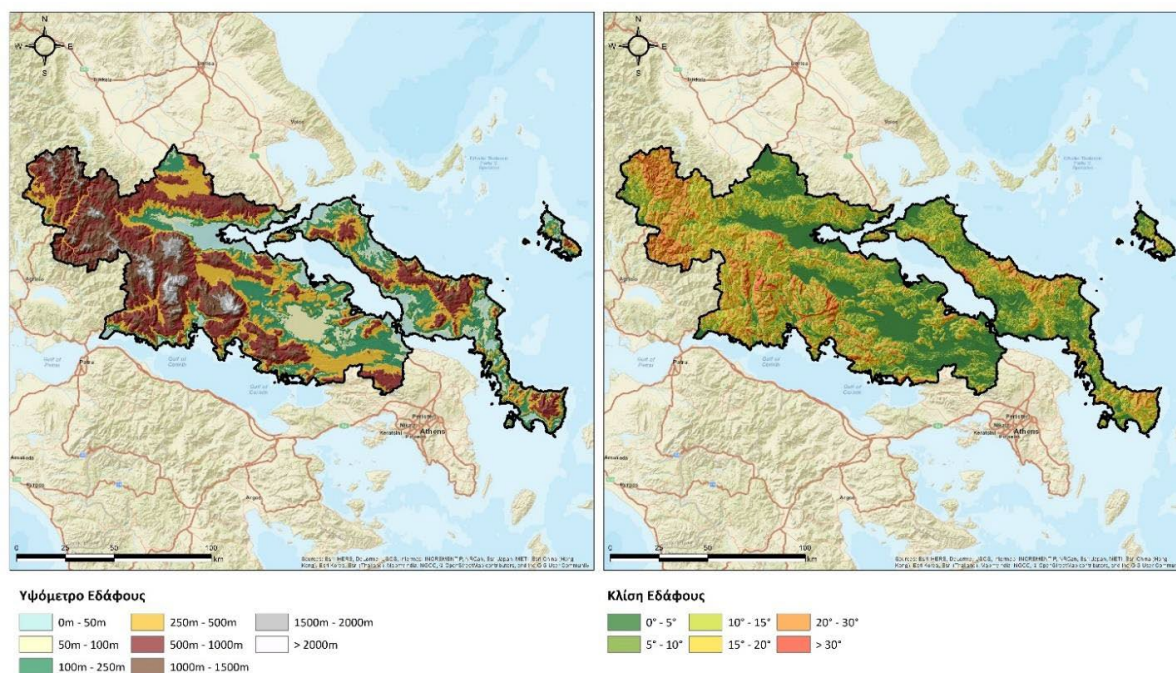


Εικόνα 94: Χάρτης Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας με τους σημαντικότερους οδικούς άξονες (Πηγή: Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018)

4.2 Μορφολογία της Περιοχής μελέτης

Η περιφέρεια συνορεύει προς τα δυτικά με την Δυτική Ελλάδα και προς τα νότια με την Αττική. Προς τα ανατολικά βρέχεται από τον Ευβοϊκό Κόλπο και το Αιγαίο Πέλαγος και νότια από τον Κορινθιακό Κόλπο.

Από μορφολογικής απόψεως, λόγω της μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνει, αποτελείται από ένα σύνθετο μορφολογικό χαρακτήρα, ο οποίος διαχωρίζεται σε ηπειρωτικά (Ευρυτανία, Φωκίδα, Φθιώτιδα, Βοιωτία) και νησιωτικά τμήματα (Εύβοια, Σκύρος). Προσφέρει επίσης μια μεγάλη ποικιλία τοπιών συνδυάζοντας πεδιάδες, οροπέδια με υψηλές βουνοκορφές, ορεινές γεωργικές καλλιέργειες και βοσκότοπους, εσωτερικά και παραθαλάσσια ύδατα και ακτές. Γενικότερα, παρουσιάζει έναν έντονο ορεινό χαρακτήρα παρά το μεγάλο μήκος ακτογραμμής (1.682km) και αποτελεί μία από τις πιο ορεινές περιοχές της Ελλάδας. Χαρακτηριστικό είναι ότι μόνο το 20,8% της συνολικής έκτασης χαρακτηρίζεται ως πεδινό, ενώ το 31,8% χαρακτηρίζεται ως ημιορεινό και το 47,4% ως ορεινό.



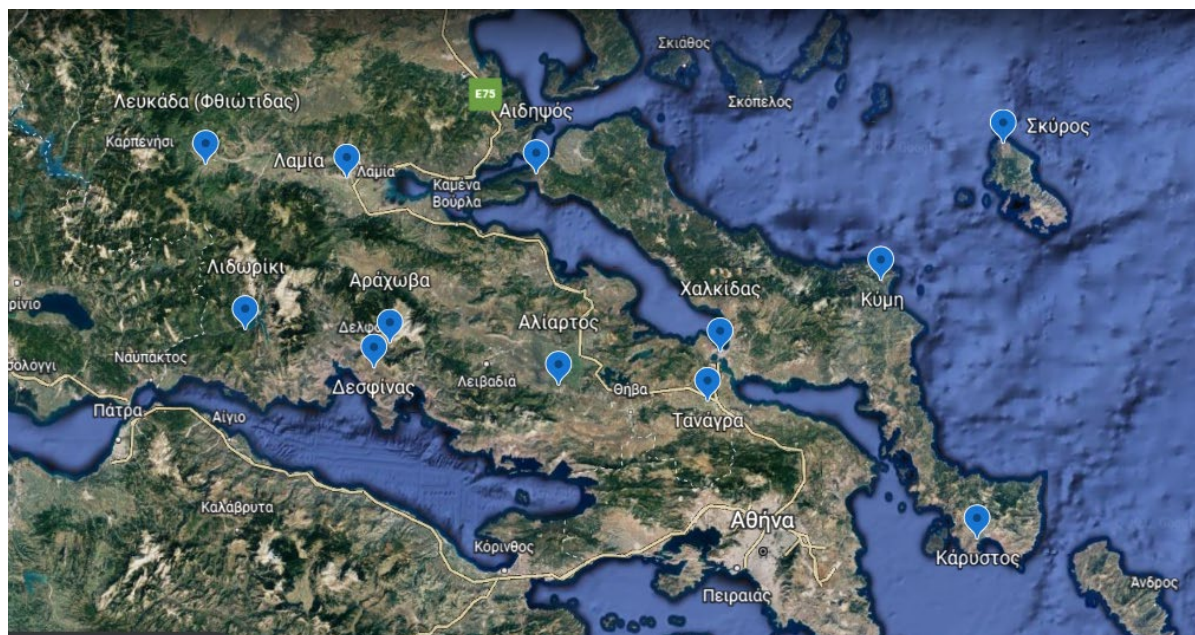
Εικόνα 95: Γεωφυσικός Χάρτης Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))

4.3 Κλιματικά δεδομένα της περιοχής μελέτης

Η ανάλυση των ιστορικών δεδομένων πραγματοποιείται βασιζόμενη στα μετεωρολογικά δεδομένα που υπάρχουν από αξιόπιστους σταθμούς της περιοχής που ανήκουν στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας:

Πίνακας 22: Πίνακας Μετεωρολογικών σταθμών και έτη λειτουργίας (Πηγή: ΕΜΥ).

Θέση	Έτη λειτουργίας
Αράχωβα	1976-2020
Αλιάρτος	1967-2001
Λαμία	1970- σήμερα
Λευκάδα (Φθ/δας)	1974-90
Λιδωρίκι	1975-95
Αιδηψός	1974-2001
Κύμη	1956-90
Σκύρος	1955- σήμερα
Δεσφίνα	1961- σήμερα
Χαλκίδα	1974-94
Τανάγρα	1957-σήμερα
Κάρυστος	1988-σήμερα



Εικόνα 96: Χάρτης με τη θέση των μετεωρολογικών σταθμών (Πηγή: Google Earth)

Οι κλιματικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Μέση μηνιαία θερμοκρασία της ατμόσφαιρας (°C)
- Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία της ατμόσφαιρας (°C)
- Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία της ατμόσφαιρας (°C)
- Μέση σχετική υγρασία (%)
- Ολικό ύψος υετού (mm), και
- Μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου (m/sec)

Στο σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε την έλλειψη συνέχειας των μετεωρολογικών δεδομένων. Αρχικά οι σταθμοί δεν έχουν ιδρυθεί το ίδιο έτος και πολλοί από αυτούς έχουν ήδη καταργηθεί. Επίσης, όλοι οι σταθμοί δεν καταγράφουν όλες τις κλιματικές παραμέτρους π.χ. για την ταχύτητα ανέμου υπάρχουν στοιχεία από τους σταθμούς Λαμία, Σκύρος, Αλιάρτος. Στην ανάλυση των κλιματικών δεδομένων στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής ανακαλύφθηκαν οι κλιματικές τάσεις και ακραία κλιματικά γεγονότα κατά το παρελθόν και έγιναν προβλέψεις για την αλλαγή του κλίματος στο μέλλον.

4.4 Μεθοδολογία εκτίμησης κλιματικών μεταβολών⁶⁵

Για την ανάλυση των κλιματικών και τις κλιματικές προβλέψεις πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο του προγράμματος **EURO-CORDEX**⁶⁶. Η βάση δεδομένων του προγράμματος EURO-CORDEX περιλαμβάνει τα αποτελέσματα μεγάλου αριθμού προσομοιώσεων με τις πλέον πρόσφατες εκδόσεις Περιφερειακών Κλιματικών Μοντέλων που χρησιμοποιούνται για τα Σενάρια της κλιματικής αλλαγής (RCPs). Τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμα για την περιοχή της Ευρώπης σε χρονικά βήματα 1ώρας, 3ωρών, 6ωρών, 1ημέρας, μηνιαία και εποχικά καλύπτουν την περίοδο 2006–2100(μελλοντικές εκτιμήσεις) και την περίοδο 1951–2005(ιστορικά δεδομένα).

Στην παρόν εργασία χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα του ΠεΣΠΚΑ Στερεάς Ελλάδας το οποίο χρησιμοποίησε τα αποτελέσματα 11^{ου} Περιφερειακού Κλιματικού Μοντέλου RACMO2.2 του Βασιλικού Μετεωρολογικού Ινστιτούτου της Ολλανδίας, στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου τα αποτελέσματα της ομάδας μοντέλων παγκόσμιας κυκλοφορίας EC-EARTH.⁶⁷

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν καλύπτουν μια χρονική περίοδο 30 ετών για το **ιστορικό κλίμα (1961–1990)** και δύο περιόδους 30ετών για το μελλοντικό κλίμα (**μεσοπρόθεσμη περίοδος 2021–2050** και **μακροπρόθεσμη περίοδος 2071–2100**). Τα χρησιμοποιούμενα δεδομένα προκύπτουν από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για δύο Σενάρια Κλιματικής αλλαγής, το Σενάριο RCP4.5 (Σενάριο σταθεροποίησης) και το Σενάριο RCP8.5(Σενάριο αύξησης). Η επιλογή των δύο Σεναρίων αυτών βασίστηκε στην άτοπο επαγωγή, δηλαδή στην απόρριψη των άλλων δύο διαθέσιμων σεναρίων με το Σενάριο RCP2.6 να εμφανίζεται αρκετά φιλόδοξο καθώς προβλέπει σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τα επόμενα χρόνια, ενώ με το Σενάριο σταθεροποίησης RCP6.0 δεν καλύπτεται πλήρως το εύρος των πιθανών κλιματικών μεταβολών και των αντίστοιχων επιπτώσεων.

Για τις κλιματικές παραμέτρους υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές των περιόδων 2021–2050 και 2071–2100 για το μελλοντικό κλίμα και δημιουργήθηκαν θεματικοί χάρτες με την μεταβολή των παραμέτρων στις δύο μελλοντικές περιόδους σε σχέση με τα ιστορικά δεδομένα του κλίματος. Επειδή οι επιπτώσεις των κλιματικών μεταβολών δεν συνδέονται μόνο με τη μακροχρόνια μεταβολή στο «μέσο» κλίμα αλλά και με τη συχνότητα και την ένταση εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων (ΕΜΕΚΑ, 2011), όπως για παράδειγμα καύσωνες, περίοδοι ξηρασιές και καταιγίδες με ισχυρές βροχοπτώσεις και δυνατούς ανέμους, με την χρήση του μοντέλου RACMO2.2 υπολογίστηκαν οι αντίστοιχοι δείκτες της κλιματικής αλλαγής, π.χ. ημέρες με ισχυρούς ανέμους κλπ. Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα της ανάλυσης που αφορούν την ταχύτητα του ανέμου και τις μέγιστες ταχύτητες ανέμου κατά την διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων.

⁶⁵ Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Περιφερειακού Σχέδιου Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ) της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας

⁶⁶ <https://euro-cordex.net/>

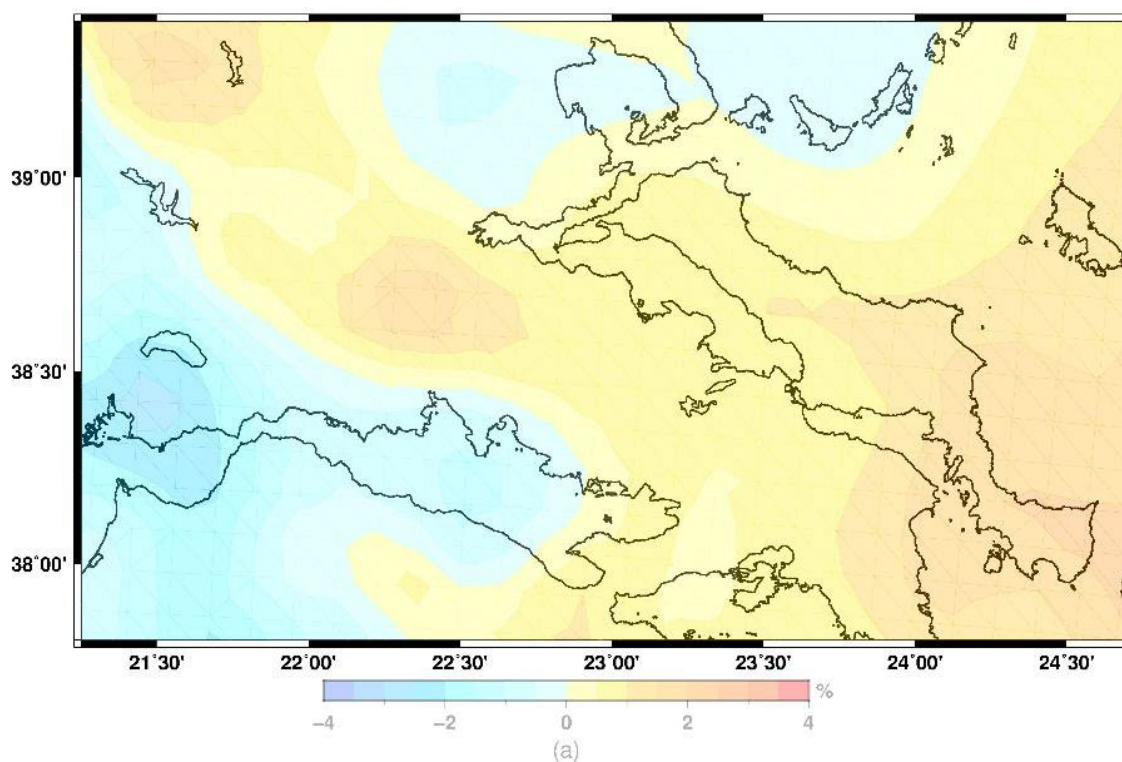
⁶⁷ Η επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου είχαν χρησιμοποιηθεί και στην έκθεση «Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα» της Επιτροπής Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (ΕΜΕΚΑ) της Τράπεζας της Ελλάδος (ΕΜΕΚΑ, 2011).

4.4.1 Ταχύτητα ανέμου

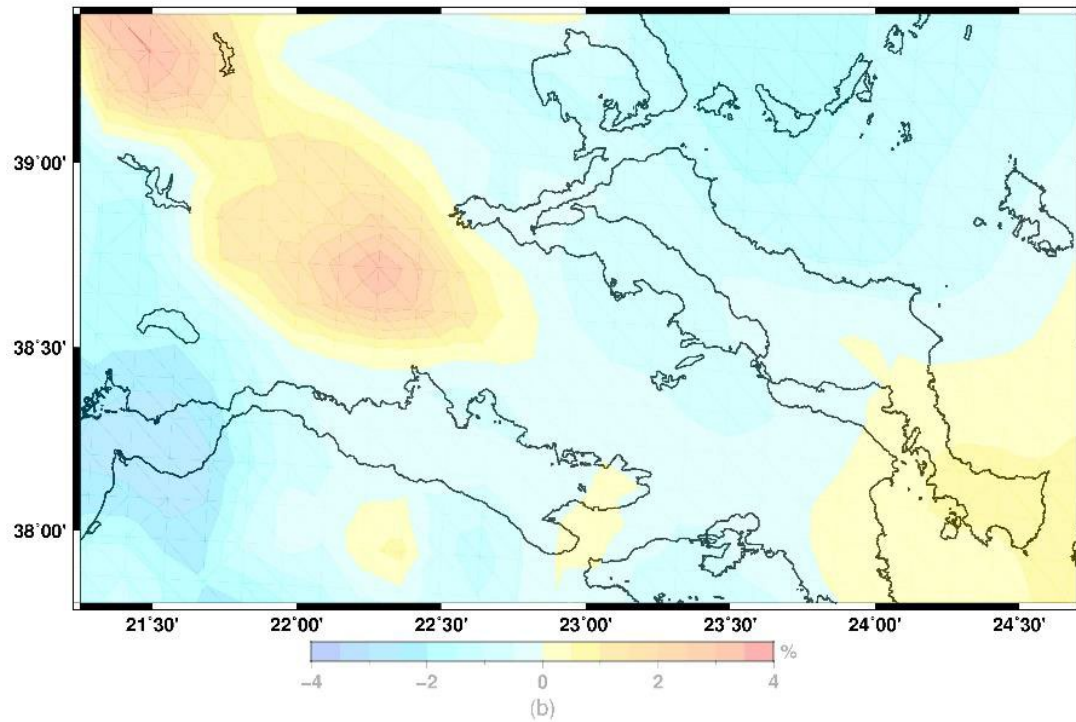
Η μέση ταχύτητα ανέμου σε επίπεδο Περιφέρειας δεν αναμένεται να μεταβληθεί σημαντικά και στα δύο Σενάρια κλιματικής αλλαγής. Στο Σενάριο RCP4.5 στο μεγαλύτερο τμήμα της Περιφέρειας αναμένεται μια μικρή αύξηση της μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου έως 2% την περίοδο 2021 – 2050 και μείωση έως και 4% την περίοδο 2071 – 2100. Στο Σενάριο RCP8.5 αναμένεται αύξηση ως 4% την περίοδο 2021 – 2050 στο μεγαλύτερο τμήμα της Περιφέρειας, ενώ την Περίοδο 2071 – 2100 αναμένεται αύξηση ως 4% στις κεντρικές ορεινές περιοχές της Περιφέρειας και τη Νότια Εύβοια και μείωση ως και 4% στις υπόλοιπες περιοχές.

Πίνακας 23: Πίνακας με τη μέση ταχύτητα του ανέμου σύμφωνα με τα τέσσερα σενάρια κλιματικής αλλαγής ανά νομό. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018)).

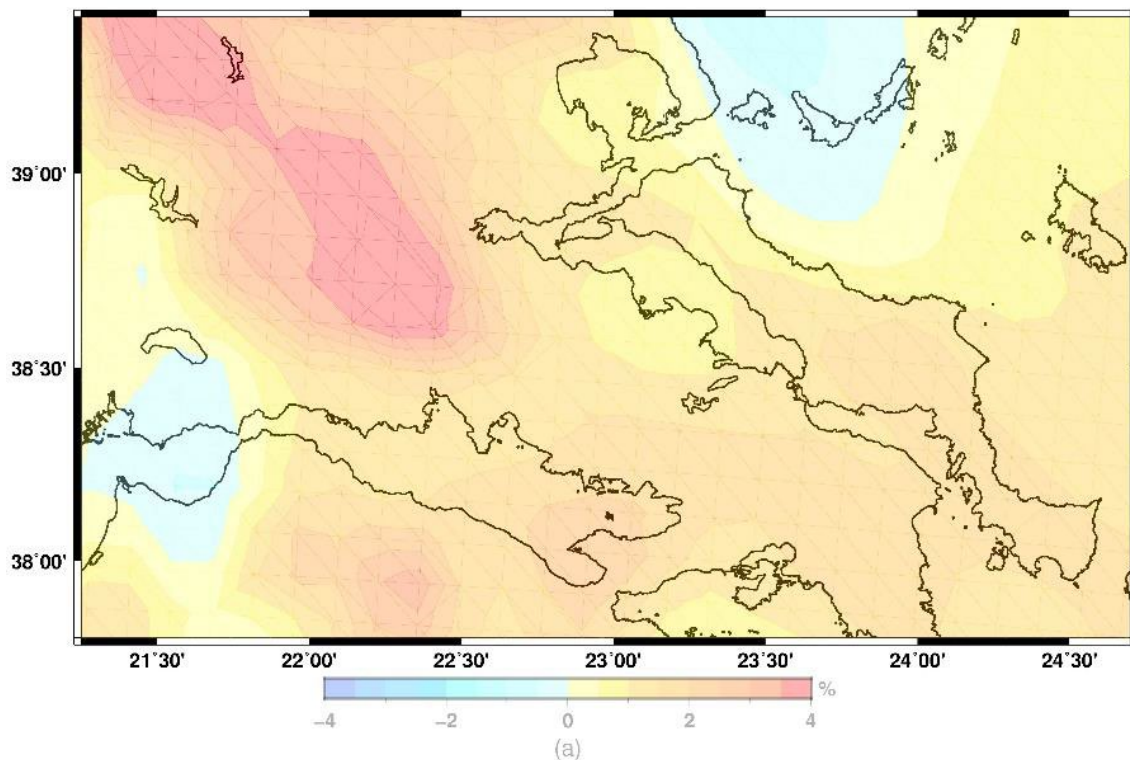
Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου στα 10 m. (m/s)										
Βοιωτία	3.22	±0.33	3.24	±0.33	3.27	±0.34	3.21	±0.33	3.24	±0.34
Εύβοια	4.17	±1.28	4.22	±1.31	4.22	±1.30	4.16	±1.29	4.19	±1.32
Ευρυτανία	2.20	±0.12	2.21	±0.11	2.26	±0.10	2.22	±0.10	2.25	±0.08
Φθιώτιδα	2.23	±0.50	2.24	±0.50	2.27	±0.49	2.23	±0.49	2.24	±0.46
Φωκίδα	2.14	±0.52	2.14	±.51	2.19	±0.51	2.15	±0.50	2.17	±0.48



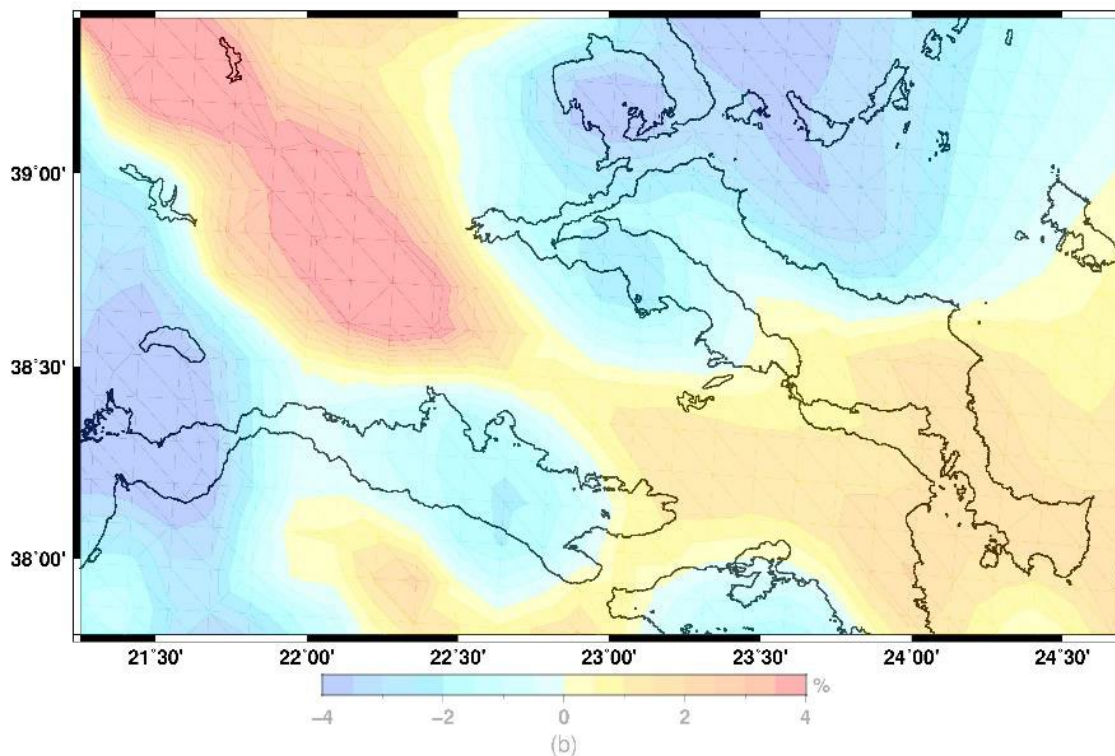
Εικόνα 97: Εκατοστιαίες μεταβολές της μέσης ταχύτητας ανέμου την περίοδο 2021-2050 (μελλοντικό) και 1961-1990 (ιστορικό), για το Σενάριο RCP4.5 (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))



Εικόνα 98: Εκατοστιαίες μεταβολές της μέσης ταχύτητας ανέμου την περίοδο 2071-2100 (μελλοντικό) και 1961-1990(ιστορικό), για το Σενάριο RCP4.5 (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))



Εικόνα 99: Εκατοστιαίες μεταβολές της μέσης ταχύτητας ανέμου την περίοδο 2021-2050 (μελλοντικό) και 1961-1990(ιστορικό), για το Σενάριο RCP8.5 (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))

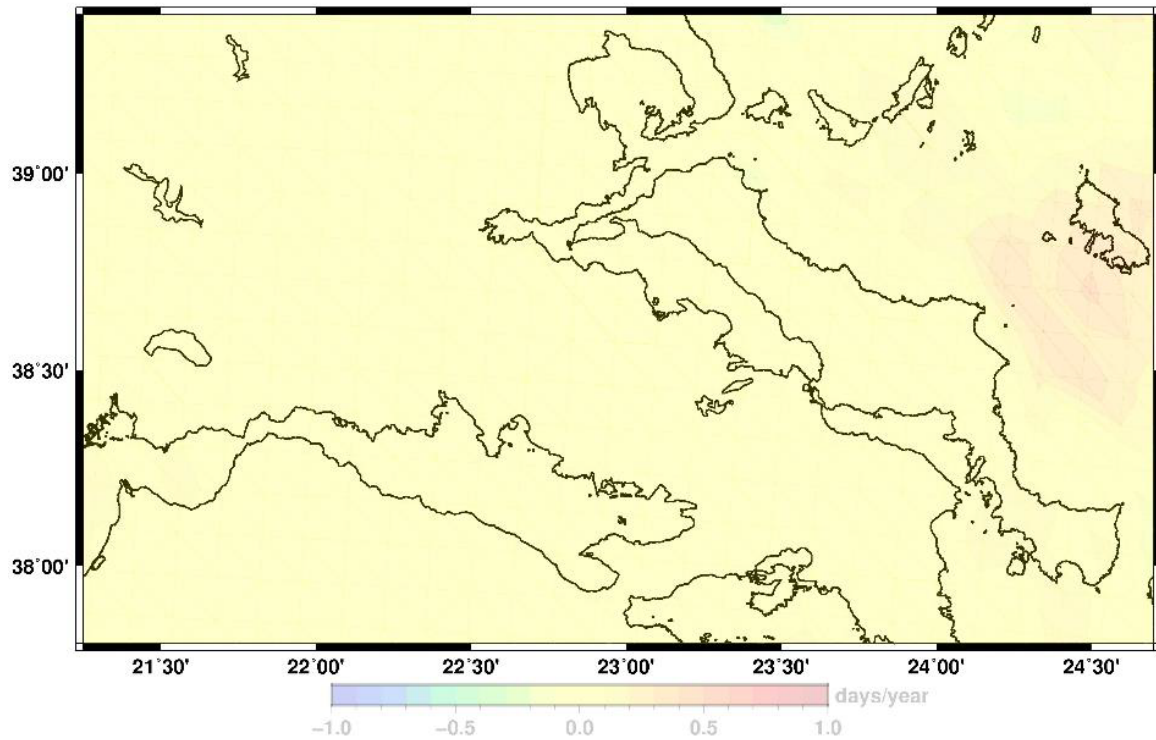


Εικόνα 100: Εκατοστιαίες μεταβολές της μέσης ταχύτητας ανέμου την περίοδο 2071-2100 (μελλοντικό) και 1961-1990(ιστορικό), για το Σενάριο RCP8.5(Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))

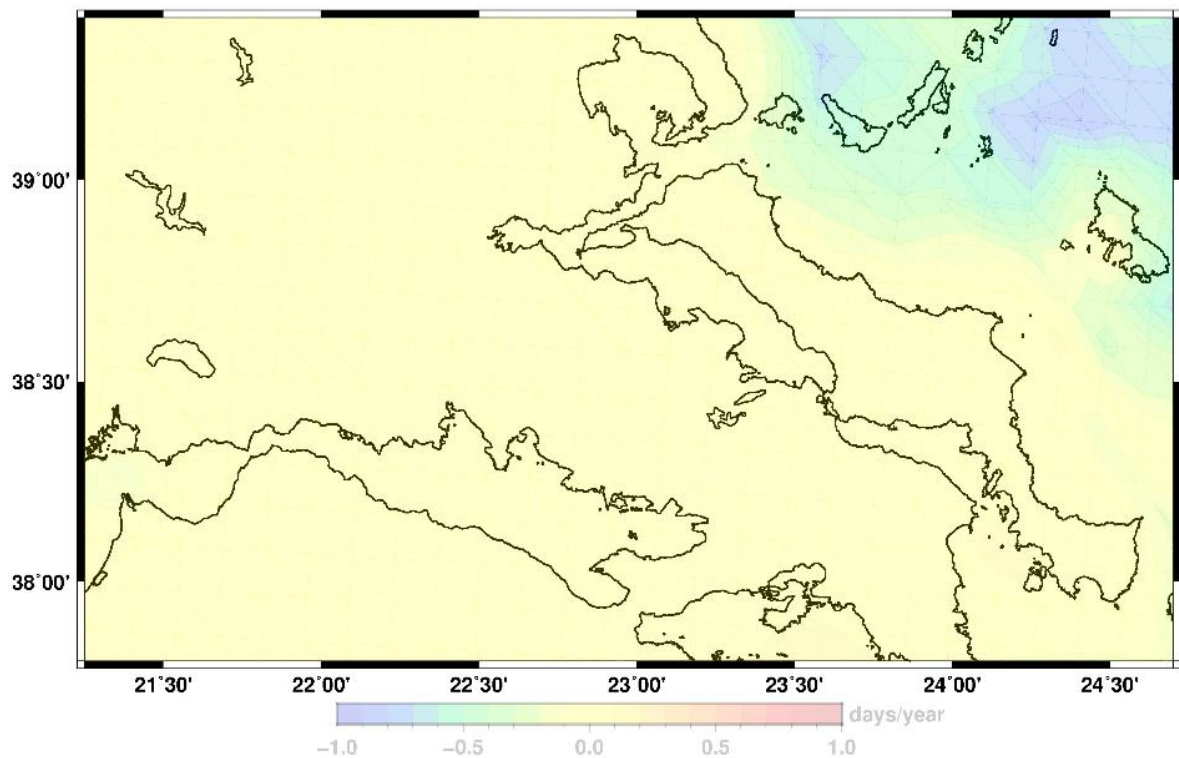
4.4.2 Ακραία καιρικά φαινόμενα -Ημέρες με ισχυρούς ανέμους και μέγιστες ταχύτητες ανέμου

Σύμφωνα με την ανάλυση παρέχονται οι θεματικοί χάρτες στους οποίους παρουσιάζονται οι μεταβολές στον αριθμό των ημερών ανά έτος με πολύ θυελλώδης ανέμους. Η μέτρηση γίνεται στα 10μ από την επιφάνεια του εδάφους και θεωρείται κατώτερο όριο τα 20m/sec. Σε αυτούς φαίνεται ότι δεν αναμένονται σημαντικές μεταβολές ακόμη και στις περιοχές της Νότιας Εύβοιας και της Σκύρου όπου ιστορικά παρατηρούνται υψηλές ταχύτητες ανέμου. Οφείλουμε βέβαια εδώ να υπογραμμίσουμε ότι θα έπρεπε να προστεθεί ένας ακόμα δείκτης που αφορά τις μέγιστες ταχύτητες ανέμου.

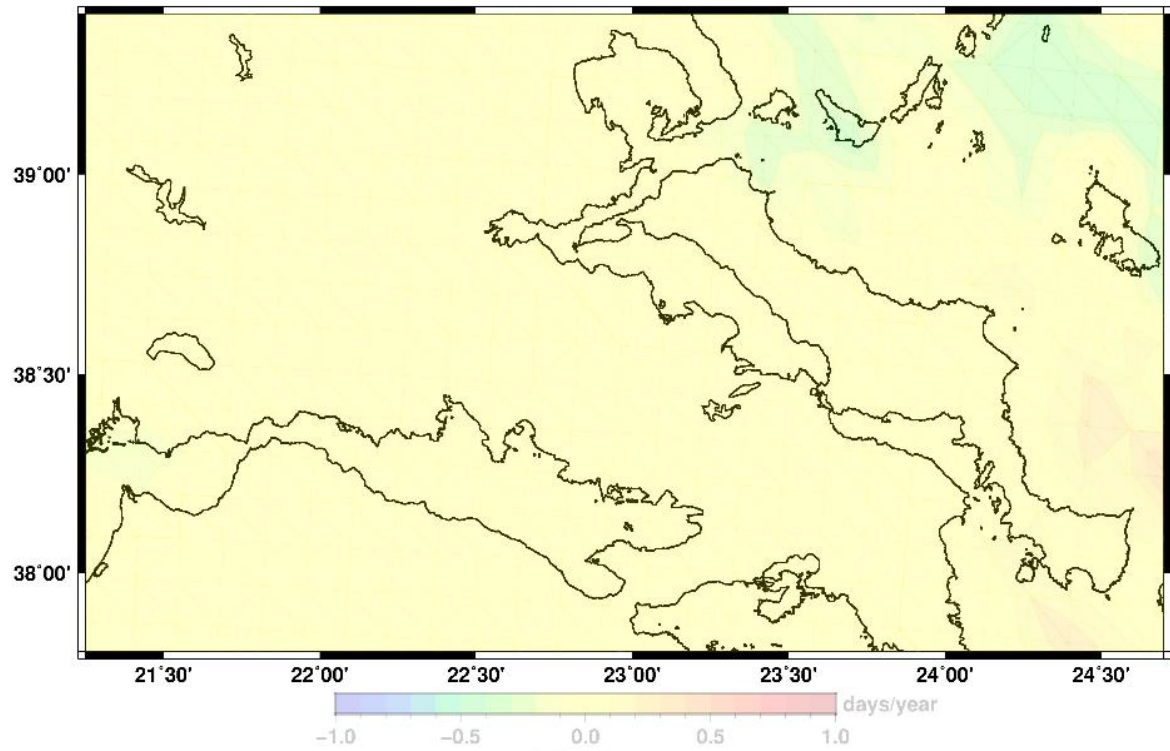
Στους παρακάτω θεματικούς χάρτες παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου μεταξύ των περιόδων 2021 – 2050 και 2071 – 2100 και της περιόδου αναφοράς 1961 – 1990. Στην περίπτωση της παραμέτρου αυτής αναμένεται αύξηση στο μεγαλύτερο τμήμα της Περιφέρειας της έως και 10% την περίοδο 2021 – 2050 σε σχέση με το ιστορικό κλίμα και για τα δύο Σενάρια , ενώ οι αυξήσεις είναι μικρότερες του 5% την περίοδο 2071 – 2100.



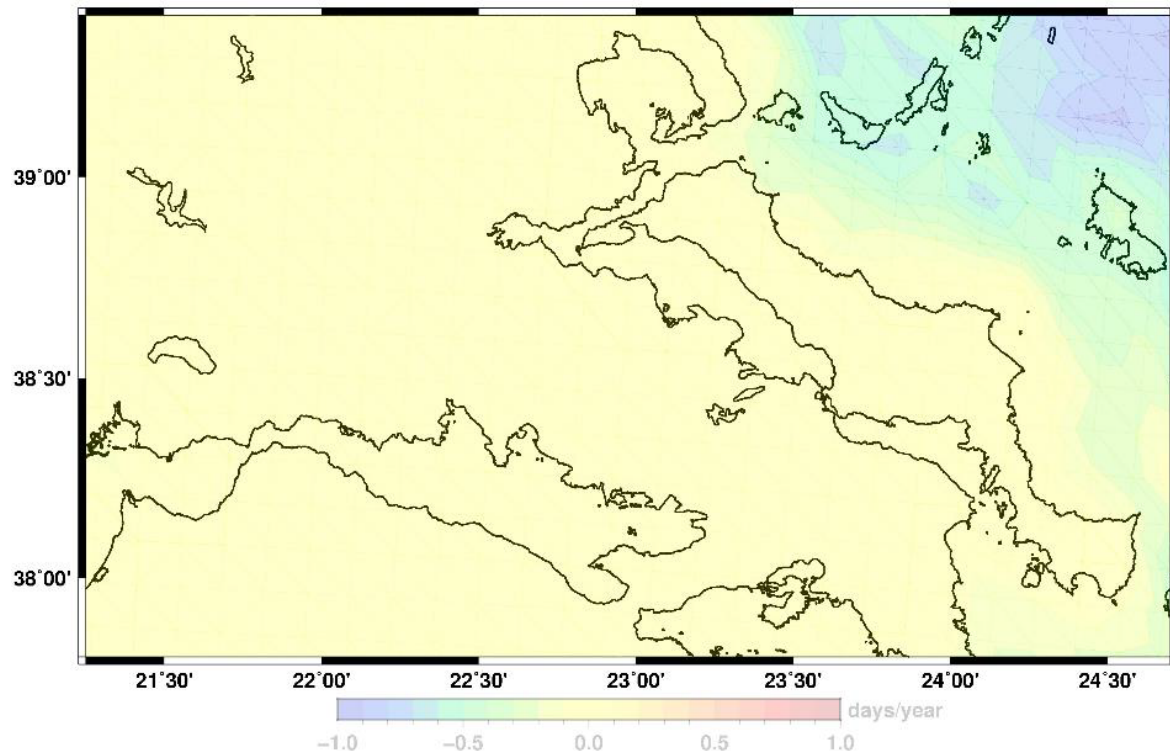
Εικόνα 101: Μεταβολές του αριθμού ημερών ανά έτος με μέγιστες ταχύτητες ανέμου στα 10 m. από το έδαφος μεγαλύτερες από 20 m/s μεταξύ της περιόδου 2021-2050 (μελλοντική) και 1961-1990(ιστορική)για το Σενάριο RCP4.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))



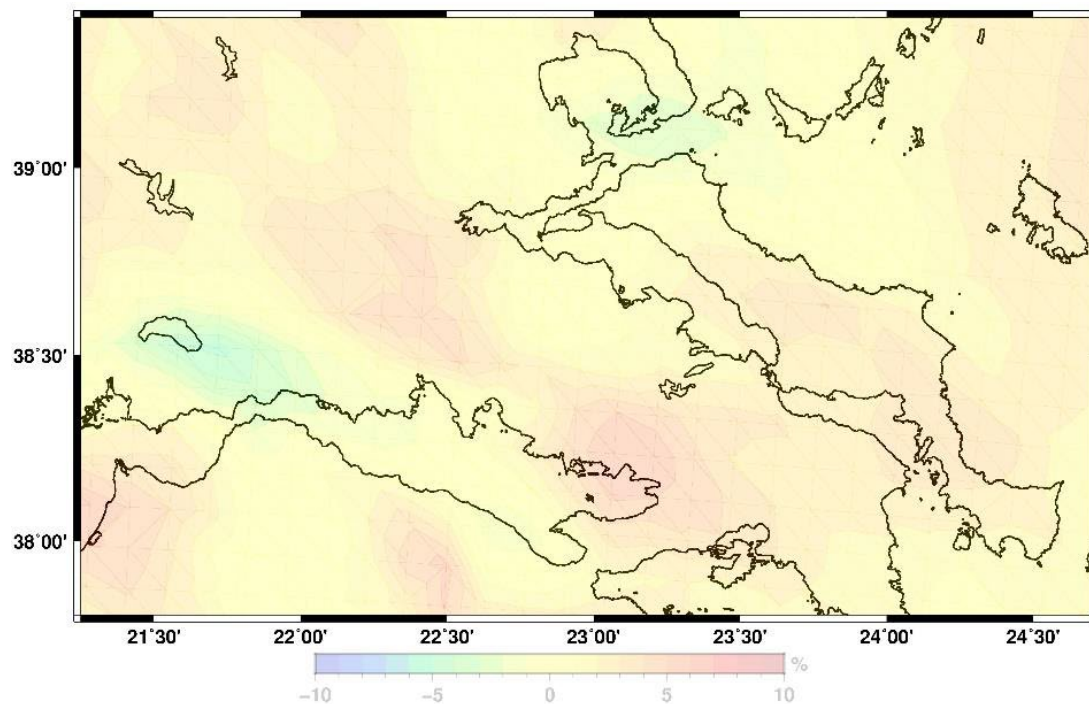
Εικόνα 102: Μεταβολές του αριθμού ημερών ανά έτος με μέγιστες ταχύτητες ανέμου στα 10 m. από το έδαφος μεγαλύτερες από 20 m/s μεταξύ της περιόδου 2071-2100 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική)για το Σενάριο RCP4.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))



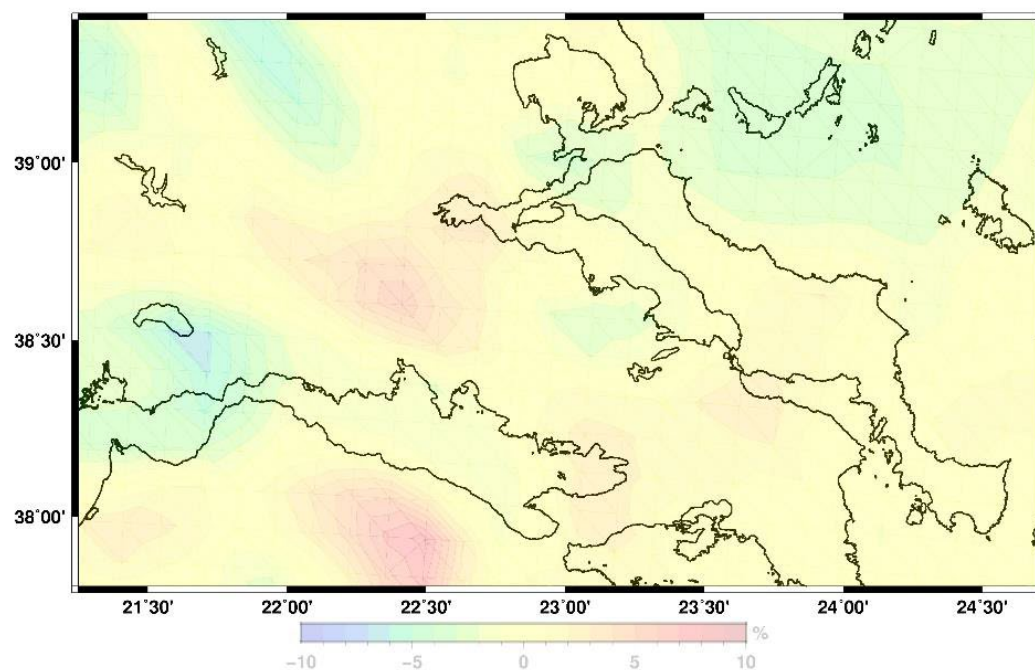
Εικόνα 103: Μεταβολές του αριθμού ημερών ανά έτος με μέγιστες ταχύτητες ανέμου στα 10 m. από το έδαφος μεγαλύτερες από 20 m/s μεταξύ της περιόδου 2021-2050 (μελλοντική) και 1961-1990(ιστορική)για το Σενάριο RCP8.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))



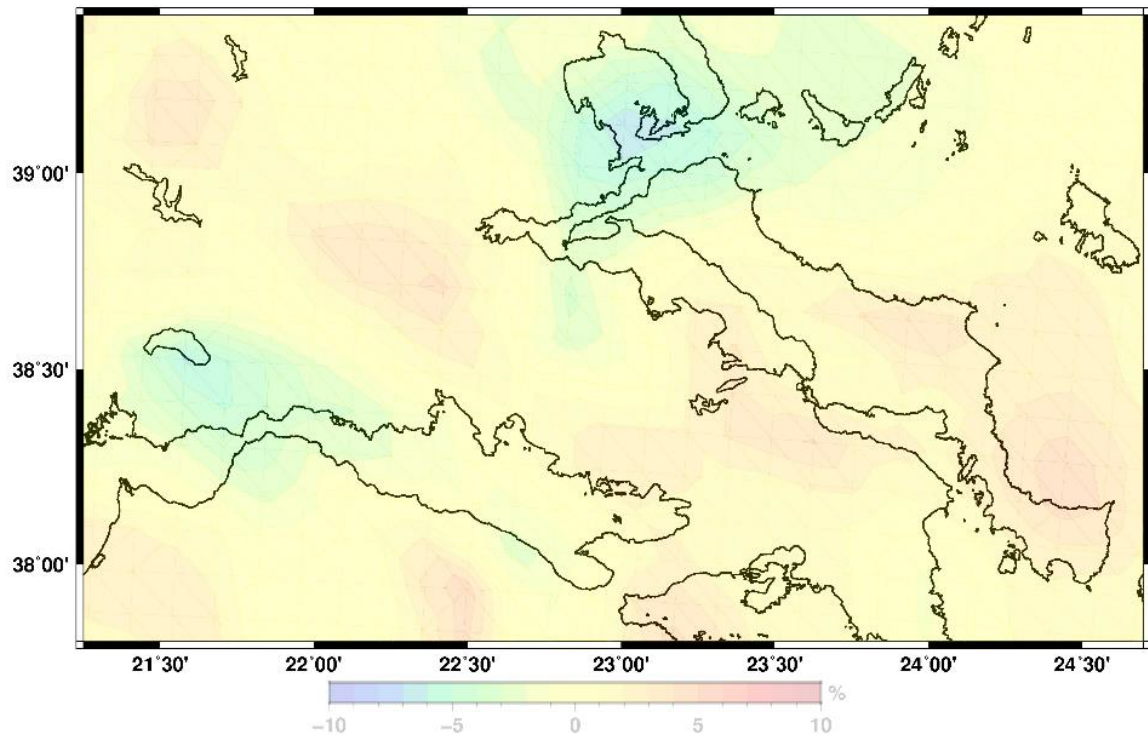
Εικόνα 104: Μεταβολές του αριθμού ημερών ανά έτος με μέγιστες ταχύτητες ανέμου στα 10 m. από το έδαφος μεγαλύτερες από 20 m/s μεταξύ της περιόδου 2071-2100 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική) για το Σενάριο RCP8.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας , 2018))



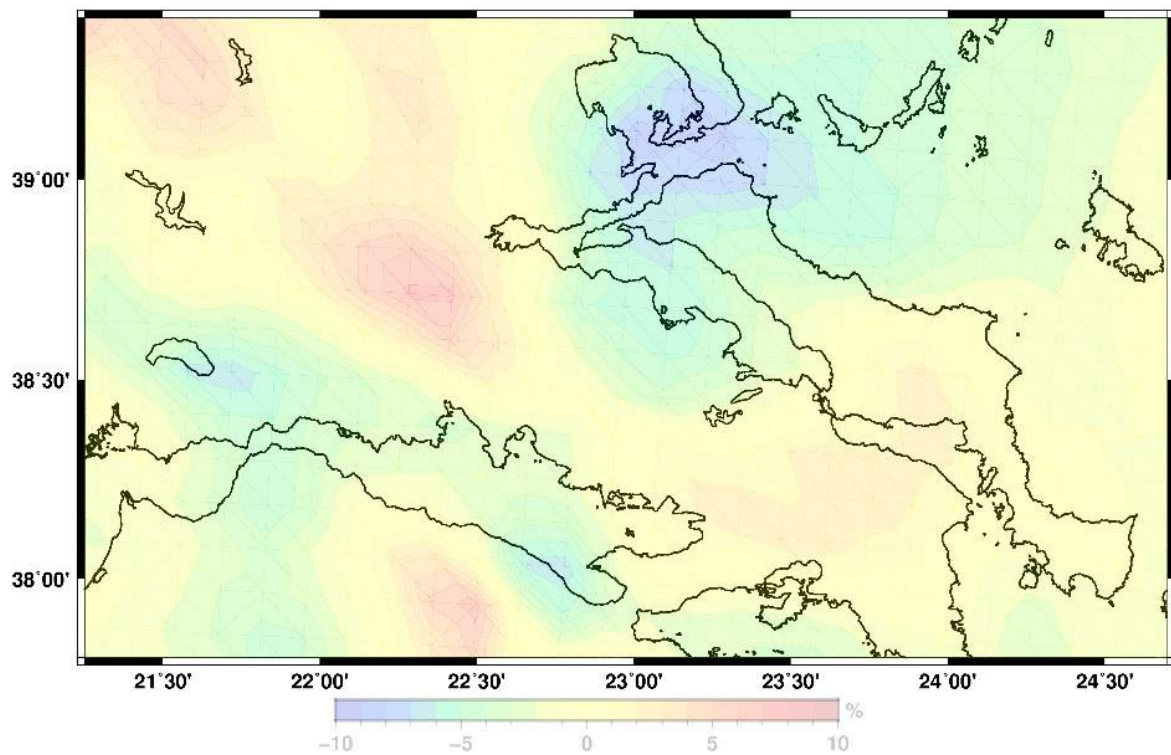
Εικόνα 105: Ποσοστιαίες μεταβολές της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου μεταξύ της περιόδου 2021-2050 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική) για το Σενάριο RCP4.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))



Εικόνα 106: Ποσοστιαίες μεταβολές της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου μεταξύ της περιόδου 2071-2100 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική) για το Σενάριο RCP4.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))



Εικόνα 107: Ποσοστιαίες μεταβολές της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου μεταξύ της περιόδου 2021-2050 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική) για το Σενάριο RCP8.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))



Εικόνα 108: Ποσοστιαίες μεταβολές της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου μεταξύ της περιόδου 2071-2100 (μελλοντική) και 1961-1990 (ιστορική) για το Σενάριο RCP8.5. (Πηγή: (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 2018))

4.5 Αβεβαιότητες στην εκτίμηση κλιματικών μεταβολών

Η προσομοίωση του μελλοντικού κλίματος σε χρονικές κλίμακες δεκαετιών υπόκειται σε αβεβαιότητες οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες⁶⁸ :

- Αβεβαιότητες κλιματικών σεναρίων
- Αβεβαιότητες σχετιζόμενες με τη μεταβλητότητα του κλίματος
- Αβεβαιότητα κλιματικών μοντέλων

Τα 4 Σενάρια RCP προβλέπουν την μεταβολή στο ενεργειακό ισοζύγιο της γης (radiative forcing) που προκαλεί η μεταβολή των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, που βασίζονται σε αλγόριθμους και σε προβλέψεις των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Με τη σειρά τους αυτές οι προβλέψεις ενσωματώνουν διάφορες εκτιμήσεις σχετικά με την εξέλιξη της παγκόσμιας οικονομίας, την μεταβολή του πληθυσμού της γης, την ζήτηση ενέργειας, τις τεχνολογικές εξελίξεις, τις αλλαγές στις χρήσεις γης κλπ. Συνεπώς, τα σενάρια περιέχουν αβεβαιότητες σε πάρα πολλές παραμέτρους που αφορούν ανθρωπογενείς παράγοντες. Το κλίμα, ανεξάρτητα από την επίδραση ανθρωπογενών παραγόντων, εμφανίζει μεταβλητότητα που οφείλεται στις μη γραμμικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστατικών του (όπως η ατμόσφαιρα και η υδρόσφαιρα), σε επιδράσεις από φυσικούς παράγοντες (ηλιακή μεταβλητότητα, ηφαιστειακές εκρήξεις κλπ), παράγοντες οι οποίοι δεν είναι δυνατόν να προσομοιωθούν στα κλιματικά μοντέλα. Τέλος, τα κλιματικά μοντέλα επιπλέον αποτελούν απλουστευμένες αναπαραστάσεις του κλιματικού συστήματος της γης μέσω μαθηματικών εξισώσεων που εν γένει βασίζονται στις αρχές διατήρησης μάζας, ενέργειας και ορμής, που χρησιμοποιούν διαφορετικούς παραμέτρους και διαφορετικούς μαθηματικούς αλγόριθμους. Αυτές οι προσεγγίσεις αφενός οδηγούν σε αποτελέσματα με μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας και αφετέρου παρουσιάζουν αποκλίσεις όταν συγκριθούν μεταξύ τους. Οι παραπάνω αβεβαιότητες μετριάζονται είτε μέσω της αξιοποίησης των αποτελεσμάτων περισσότερων των ενός μοντέλων (multi-model-ensemble) για το ίδιο Σενάριο είτε μέσω της αξιοποίησης των αποτελεσμάτων περισσότερων του ενός Σεναρίου από το ίδιο μοντέλο (multi-scenario-ensemble) (EURO-CORDEX, 2017). Τα 4 σενάρια RCP καλύπτουν ένα σημαντικό εύρος μελλοντικών συνθηκών, που κυμαίνεται από το πιο αισιόδοξο σενάριο με μείωση των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου (Σενάριο RCP2.6) ως το πιο δυσοίωνο που συνεπάγεται σημαντική αύξηση αυτών (Σενάριο RCP8.5). Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί ότι στόχος των κλιματικών προσομοιώσεων δεν είναι η πρόγνωση του ακριβούς μελλοντικού κλίματος, δεδομένου ότι αυτό δεν είναι εφικτό. Πραγματοποιείται εκτίμηση της τάσης και του εύρους των αναμενόμενων κλιματικών μεταβολών σε σχέση με το ιστορικό κλίμα.

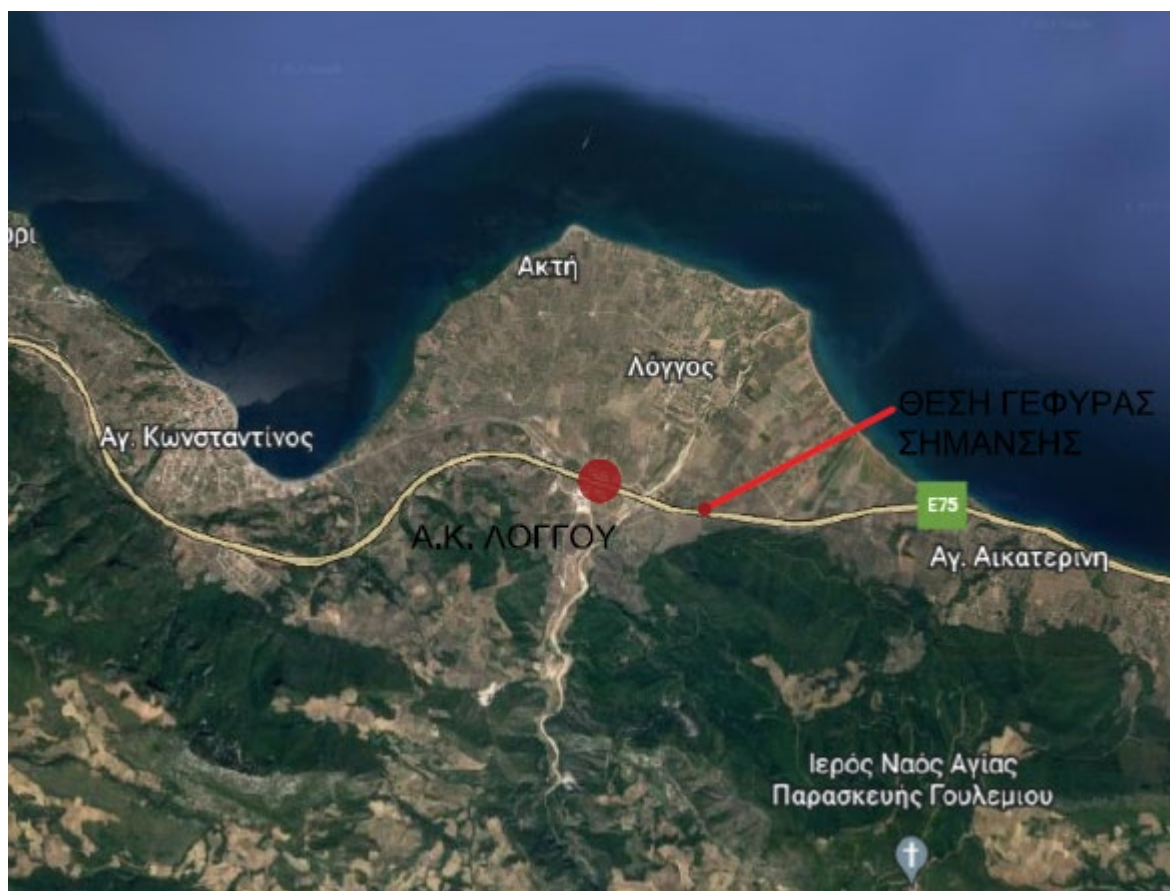
⁶⁸ Hawkins and Sutton, 2009, 2011

4.6 Περιπτωσιολογική μελέτη – Γέφυρα σήμανσης

4.6.1 Γενικά

Η στατική επίλυση της γέφυρας και της πινακίδας σήμανσης πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό πρόγραμμα Sofistik.com⁶⁹ και λήφθηκαν υπόψη οι ευρωκώδικες. Όσον αφορά τις μελλοντικές προβλέψεις επιλέχθηκαν τα αποτελέσματα του δυσμενέστερου σεναρίου R4.6 στην περίπτωση του ανέμου σύμφωνα με την μελέτη ΠεΣΠΚΑ για την περιοχή. Πιο συγκεκριμένα μέση αύξηση ταχύτητας ανέμου 4% και αύξηση της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας 5-7%. Η μέγιστη ημερήσια ταχύτητα μεταφράστηκε στην επίλυση ως ριπές ανέμου.

Η γέφυρα σήμανσης βρίσκεται στο τμήμα του Π.Α.Θ.Ε. (Πάτρα-Αθήνα- Θεσσαλονίκη – Εύζωνοι)⁷⁰ Άγιος Κωνσταντίνος – Καμένα Βούρλα, στην κατεύθυνση προς Θεσσαλονίκη στον ανισόπεδο κόμβο Λογγού.



Εικόνα 109: Χάρτης με τη θέση της γέφυρας σήμανσης (Πηγή: Google Earth)

⁶⁹ <https://www.sofistik.com/>)

⁷⁰ <https://el.wikivoyage.org/wiki/%CE%A0%CE%91%CE%98%CE%95>

Πινακίδα : Π-84(1)

Θέση : ΑΡΤΗΡΙΑ Χ.Θ. 0+422,56

Ύψος Γραμμάτων : 420 mm

Τύπος Γραφής : Συνήθης Κανονική (Κεφαλαία)

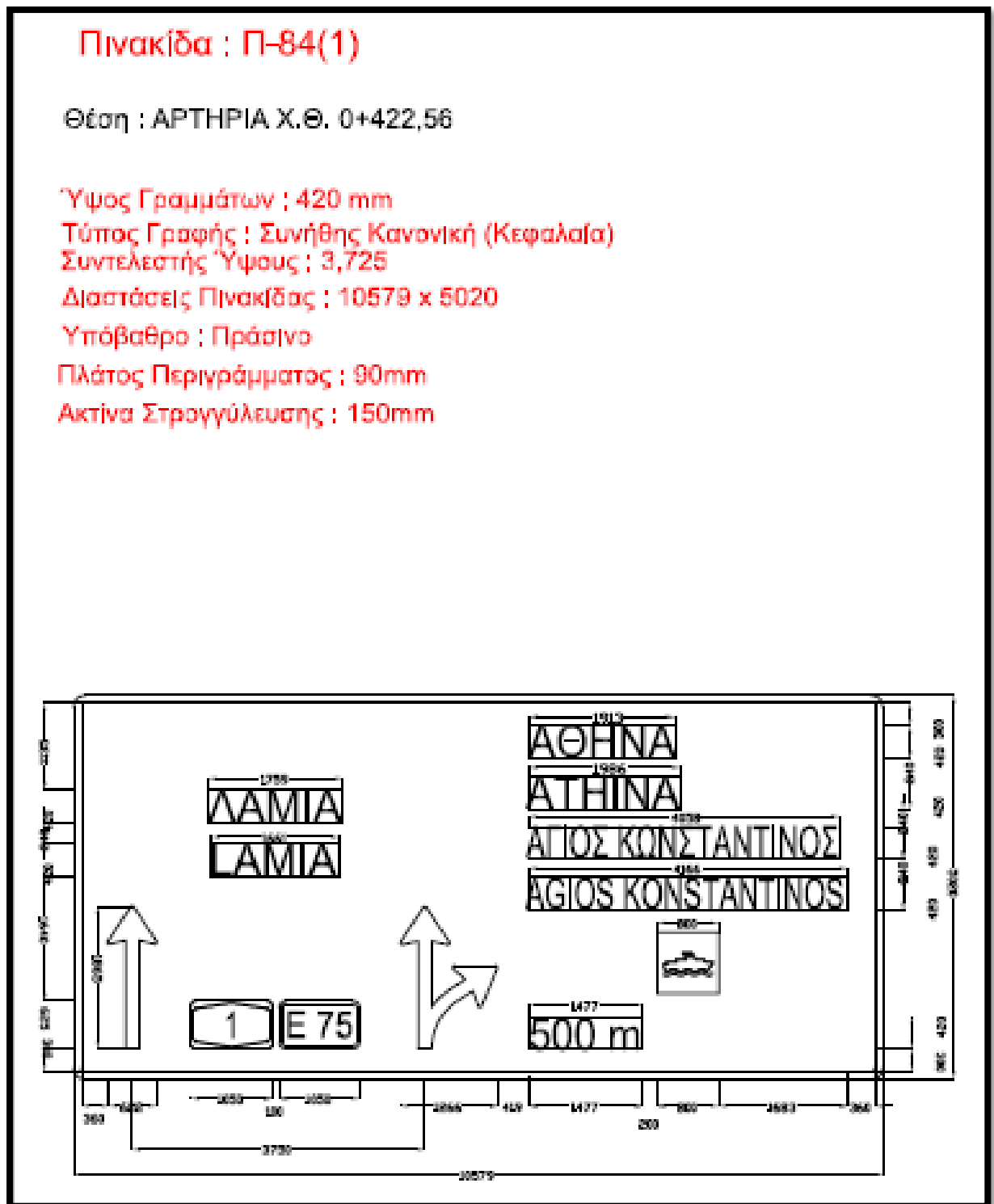
Συντελεστής Ύψους : 3,725

Διαστάσεις Πινακίδας : 10579 x 5020

Υπόβαθρο : Πράσινο

Πλάτος Περιγράμματος : 90mm

Ακτίνα Στρογγύλευσης : 150mm

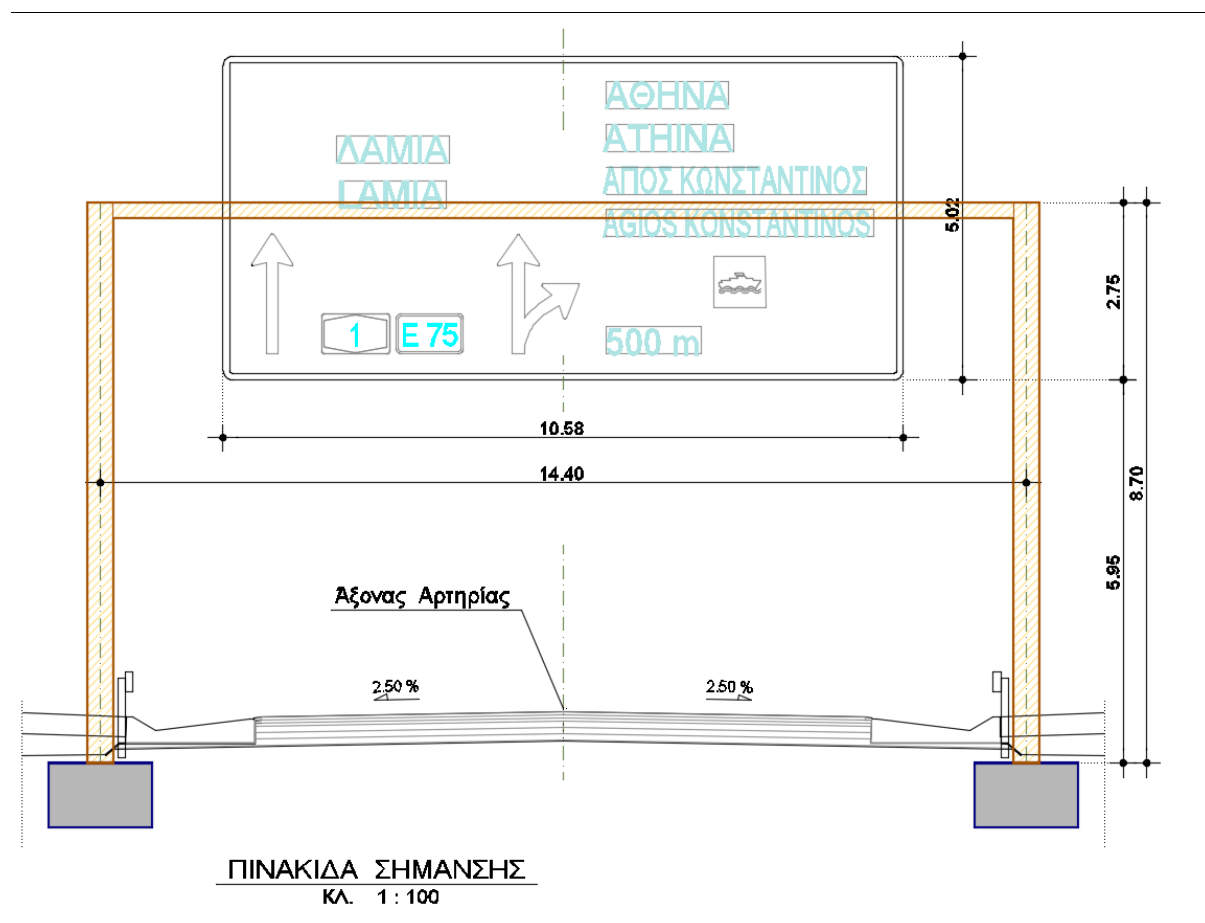


Εικόνα 110: Κατασκευαστικό σχέδιο πινακίδας (Πηγή: Μελέτη σήμανσης ασφάλισης τμήματος Άγιος Κωνσταντίνος- Καμ. Βούρλα)

4.6.2 Υπολογισμοί

4.6.2.1 Φορέας και διατομές

Η κατασκευή του μεταλλικού δικτύωματος στήριξης της πινακίδας αποτελείται από δύο υποστυλώματα και μία οριζόντια. Τα υποστυλώματα θεμελιώνονται σε βάσεις σπλισμένου σκυροδέματος.

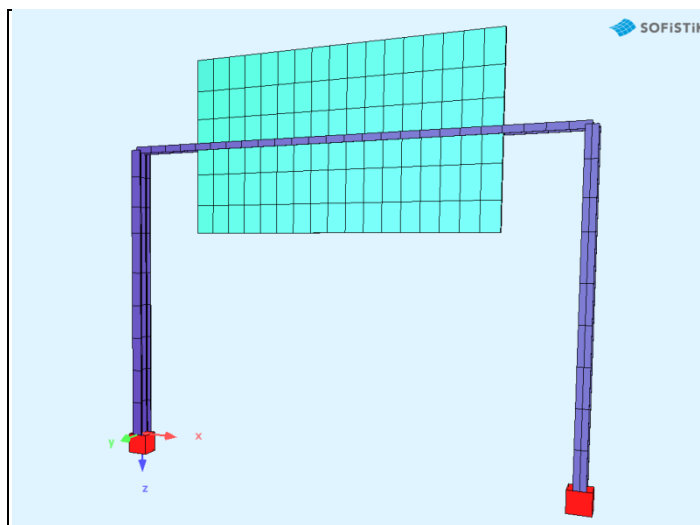


Εικόνα 111:: Πινακίδα σήμανσης μαζί με το μεταλλικό δικτύωμα όπως χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς

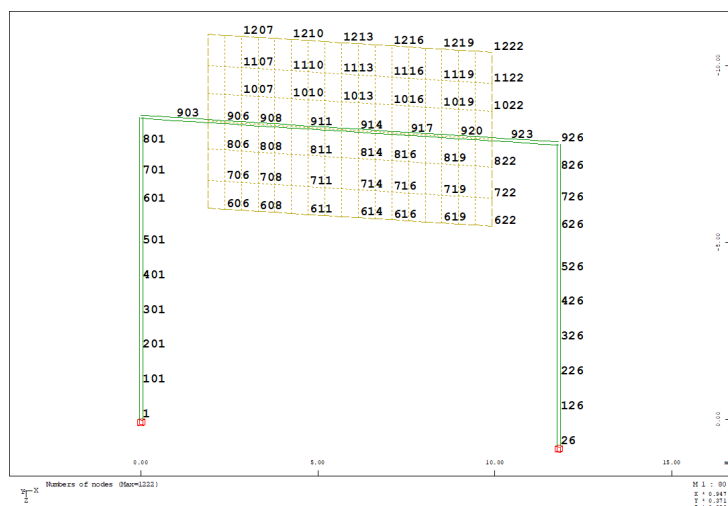
Οι διατομές του φορέα έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Μεταλλική Διατομή Υποστυλώματος :	HEA 650
Μεταλλική Διατομή Δοκού :	HEA 450
Υλικό :	χάλυβας S275

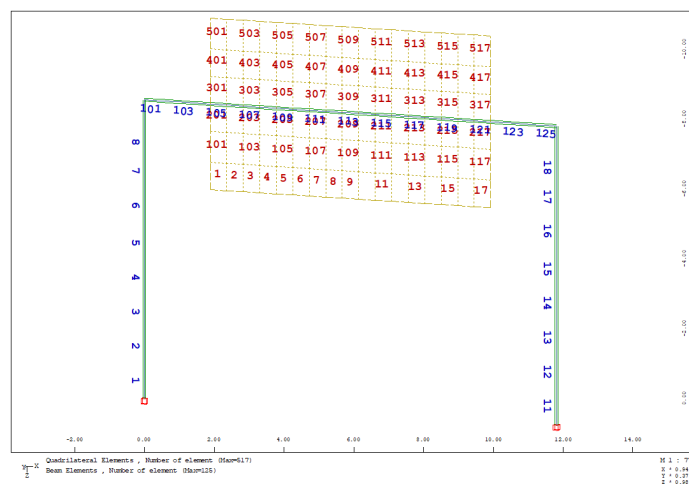
4.6.2.2 Προσομοίωμα υπολογισμού



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 112:: Προσομοίωμα υπολογισμού πινακίδας σήμανσης (α) διαστάσεις (β) κόμβοι (γ) στοιχεία

4.6.2.3 Φορτία

Για τους υπολογισμούς της περιπτώσιολογικής μελέτης υπολογίστηκαν τα μόνιμα και τα μεταβλητά φορτία. Στην περίπτωση των μεταβλητών φορτίων πραγματοποιούνται υπολογισμοί για την περίπτωση Α κατά την οποία οι φορτίσεις των ανέμων αντιστοιχούν στην σημερινές κλιματικές συνθήκες ενώ για την περίπτωση Β οι αντίστοιχες φορτίσεις αντιστοιχούν στην δυσμενέστερη μελλοντική εναλλακτική όπως αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους.

Ως μόνιμα φορτία θεωρούνται το ίδιο βάρος του μεταλλικού δικτύωματος και το ίδιο βάρος της πινακίδας το υπολογίζεται $0.30 \text{ kN} / \text{m}^2$. Ως μεταβλητά φορτία θεωρούνται τα φορτία που προκύπτουν από χιόνι και τον άνεμο και επιπλέον υπολογίζεται η παραμόρφωση της κατασκευής από την θερμοκρασιακή μεταβολή.

Η φόρτιση ανέμου στις κατασκευές θεωρείται επαλληλία της βασικής και μιας πρόσθετης συνιστώσας, που δρα σαν δυναμική φόρτιση. Στις περισσότερες κατασκευές η δυναμική συνιστώσα είναι πολύ μικρή και αγνοείται. Όμως σε εύκαμπτες κατασκευές όπως οι πινακίδες και οι γέφυρες σήμανσης, πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να αντέχουν στη δυναμική επιρροή της τυρβώδους ροής του ανέμου, η οποία είναι μεταβαλλόμενη συναρτήσει του χρόνου και της έντασης της ριπής ανέμου.

Τα φορτία ανέμου υπολογίζονται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1, με τις παρακάτω παραμέτρους :

Θεμελιώδης ταχύτητα ανέμου : $V_{b,0} = 33 \text{ m / sec}$

Βασική ταχύτητα ανέμου :

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b,0} =$$

$$V_b = 1.0 * 1.0 * 33 \text{ m / sec} = 33 \text{ m / sec}$$

Μέση ταχύτητα ανέμου $v_m(z)$:

$$v_m(z) = C_r(z) \cdot C_o(z) \cdot V_b =$$

$$= 1.08 * 1.0 * 33 \text{ m / sec} = 35.70 \text{ m / sec}$$

Τραχύτητα εδάφους

$$C_r(z) = 1.08$$

Ανάγλυφο του εδάφους

Συντελεστής αναγλύφου $C_o(z)$:

Επίπεδο έδαφος $\Rightarrow C_o(z) = 1.00$

Στροβιλισμός ανέμου

Ένταση στροβιλισμού σε ύψος z :

$$I_v(z) = 0.157$$

Πίεση ταχύτητας αιχμής

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$\rho - \text{πυκνότητα αέρα} - \rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 = 0.00125 \text{ Mg/m}^3$$

Πίεση ταχύτητας αιχμής $q_p(z)$:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) =$$

$$= (1 + 7 * 0.157) * 0.5 * 0.00125 * 35.64^2 = 1.67 \text{ kN/m}^2$$

Πίεση ανέμου (πινακίδα σήμανσης)

Πίεση ανέμου που δρα στην επιφάνεια :

$$W_e = q_p(z_e) * C_f$$

όπου: $q_p(z_e)$ πίεση ταχύτητας αιχμής

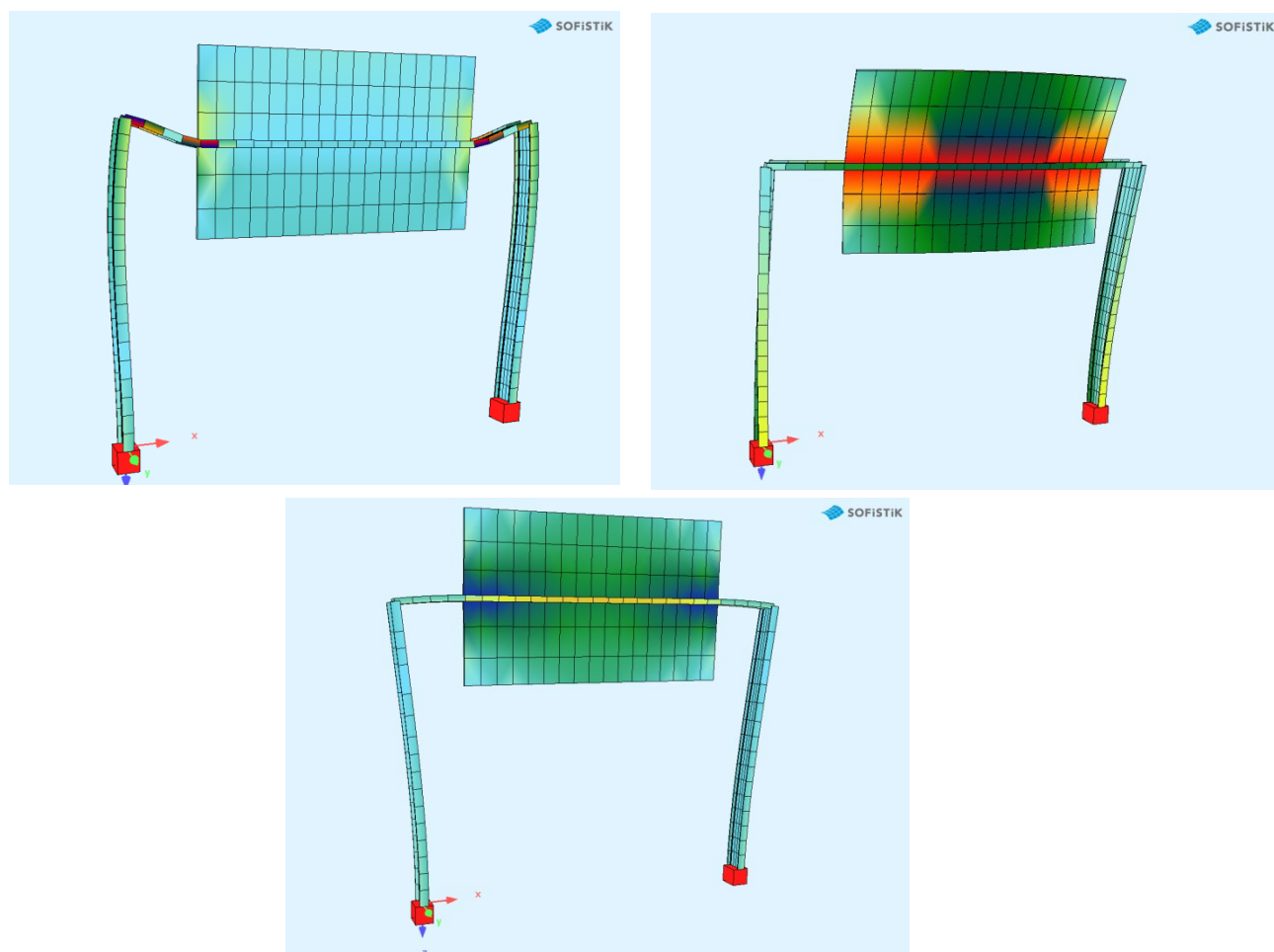
C_f αεροδυναμικός συντελεστής δύναμης

Συντελεστής τελικής πίεσης $C_{p,net} = 1.80$ (παρ. 7.4.2. - Πινακίδες σήμανσης)

$$W_e = q_p(z_e) * C_f = 1.67 \text{ kN/m}^2 * 1.80 = 3.00 \text{ kN/m}^2$$

Σε περίπτωση μεταβολής του αεροδυναμικού συντελεστή $C_{p,net}$, ο οποίος εξαρτάται από τη θεώρηση ριπών ανέμου, παρατηρείται ανάλογη αύξηση της πίεσης ανέμου που ασκείται στην πινακίδα. Σε άλλες χώρες διατίθενται στοιχεία μεταβολής του αεροδυναμικού συντελεστή, από επεξεργασία με βάση πραγματικές μετρήσεις και στατιστικά δεδομένα. Σημειώνεται ότι σύμφωνα με τον κανονισμό ΟΜΟΕ για τη μελέτη τεχνικών έργων, η ελάχιστη πίεσης ανέμου προβλέπονταν να είναι 1.50 kN/m^2 χωρίς θεώρηση προσαύξησης λόγω αεροδυναμικού συντελεστή που προβλέπει ο ευρωκώδικας σήμερα. Αυτή η προσαύξηση θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη σε περίπτωση ελέγχου στατικής επάρκειας υφιστάμενων πινακίδων.

4.6.3 Αποτελέσματα υπολογισμών



Εικόνα 113: Η παραμόρφωση του φορέα της πινακίδας σήμανσης από (α) ίδιο βάρος (β) τον άνεμο (γ) την θερμοκρασιακή μεταβολή.

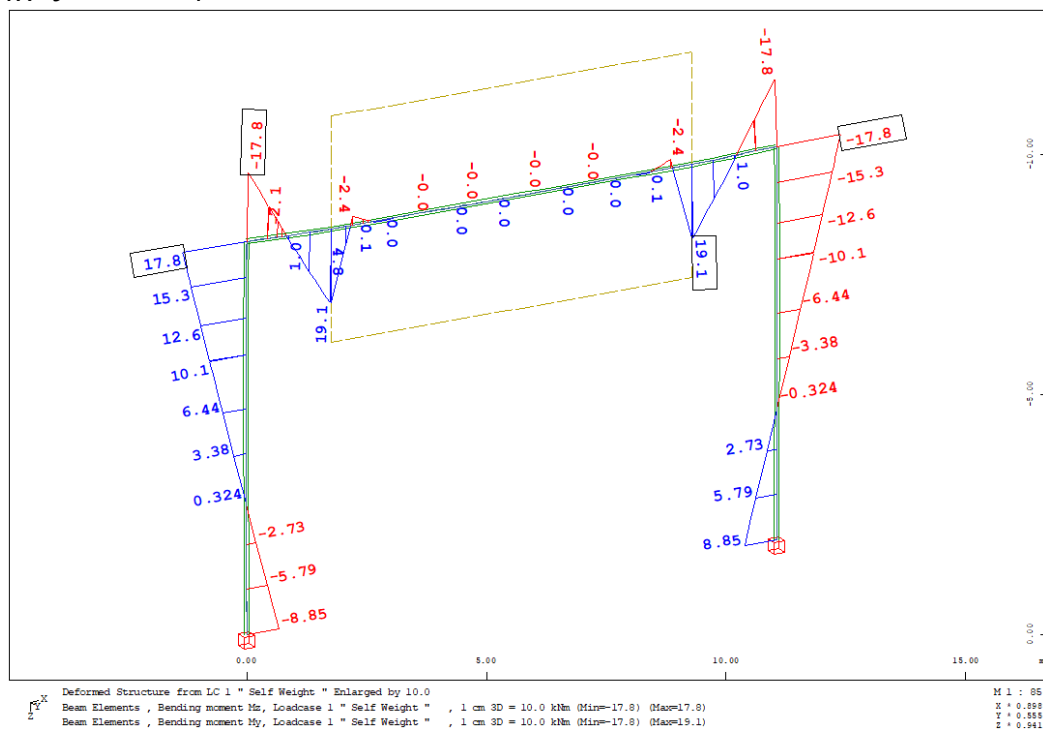
Περίπτωση Α – Έλεγχος διατομής στις σημερινές καιρικές συνθήκες

Μέγιστες θλιπτικές και εφελκυστικές τάσεις μεταλλικών διατομών

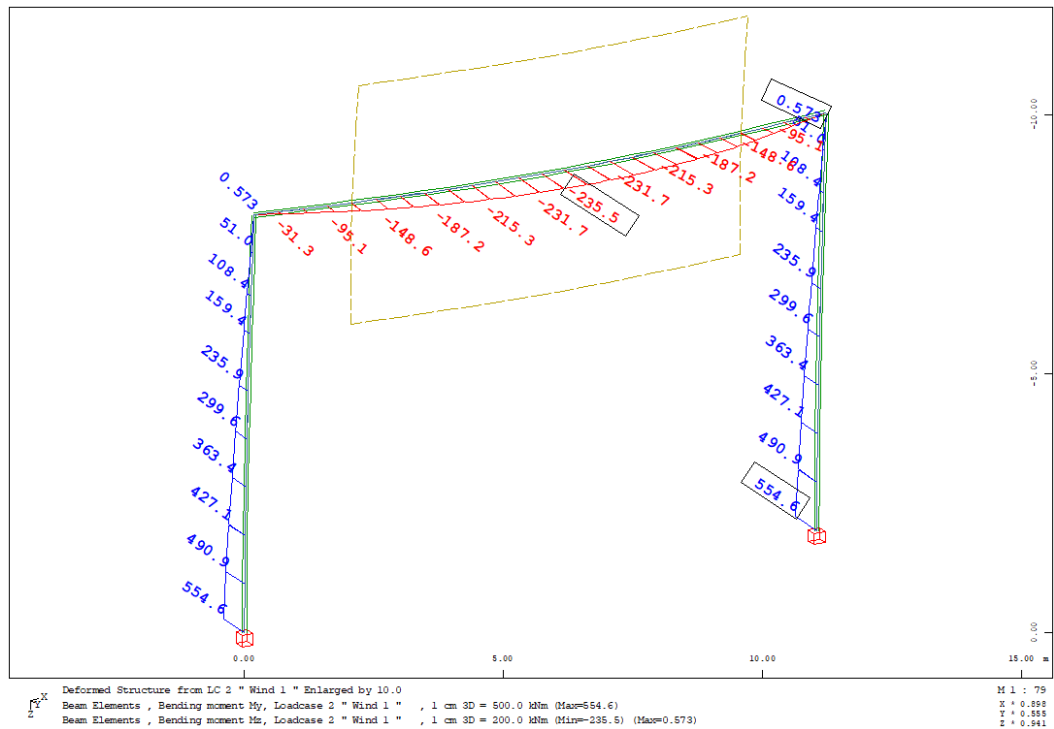
Stresses usage												
Beam	x[m]	NoS	LC	M	A	sig-	sig+	tau	sig-I	sig-II	sig-v	N/Npl*
Total System			MIN	10		0.000	0.023	0.000			0.001	
Total System			MAX	10		1.000	0.998	0.162			1.000	

Reviewed Maximum Values Material 10												
Constant compression						275.00 MPa	usage	0.023	LC	301 Elem.	111	0.000
Constant tension						275.00 MPa						
Biaxial compression						275.00 MPa	usage	1.000	LC	305 Elem.	105	0.000
Biaxial tension						275.00 MPa	usage	0.998	LC	305 Elem.	105	0.000
Shear stress						158.77 MPa	usage	0.162	LC	304 Elem.	101	0.000
Comparison stress						275.00 MPa	usage	1.000	LC	305 Elem.	105	0.000
Shear in weldings						233.66 MPa						
Compression in compr. zone						275.00 MPa	usage	0.023	LC	301 Elem.	111	0.000

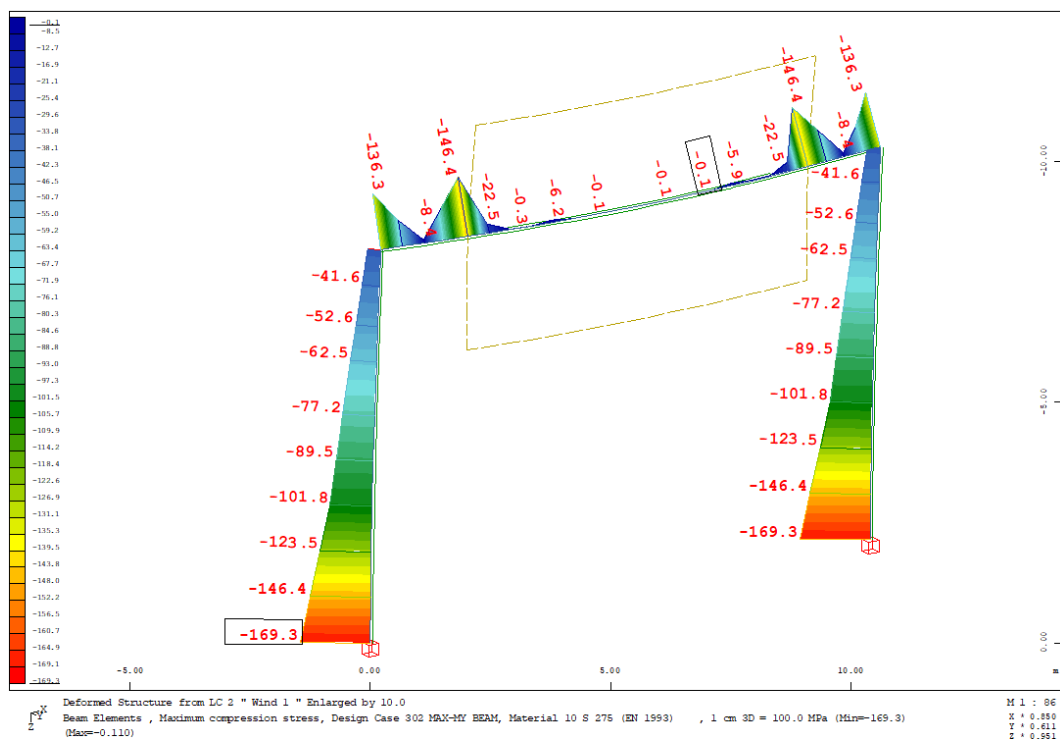
Παρατηρείται ότι για τα φορτία που έχουν θεωρηθεί με βάση τον ευρωκώδικα, καλύπτεται ο έλεγχος των διατομών.



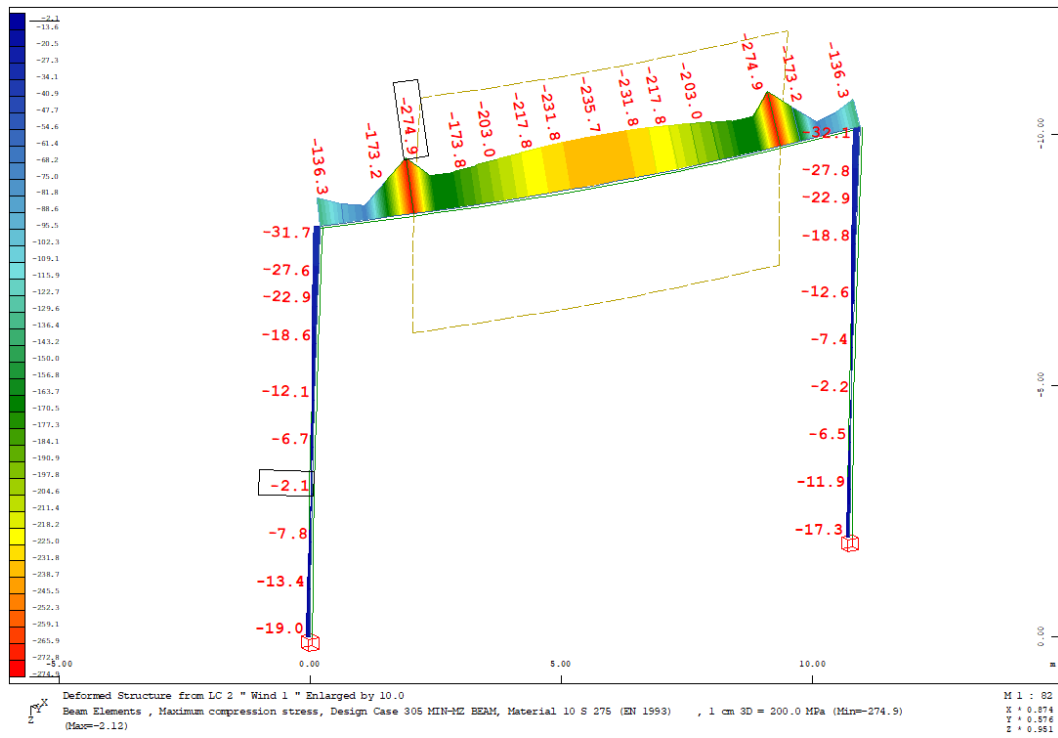
Εικόνα 114: L.C. 1 - Ίδιο Βάρος - Καμπτική ροπή



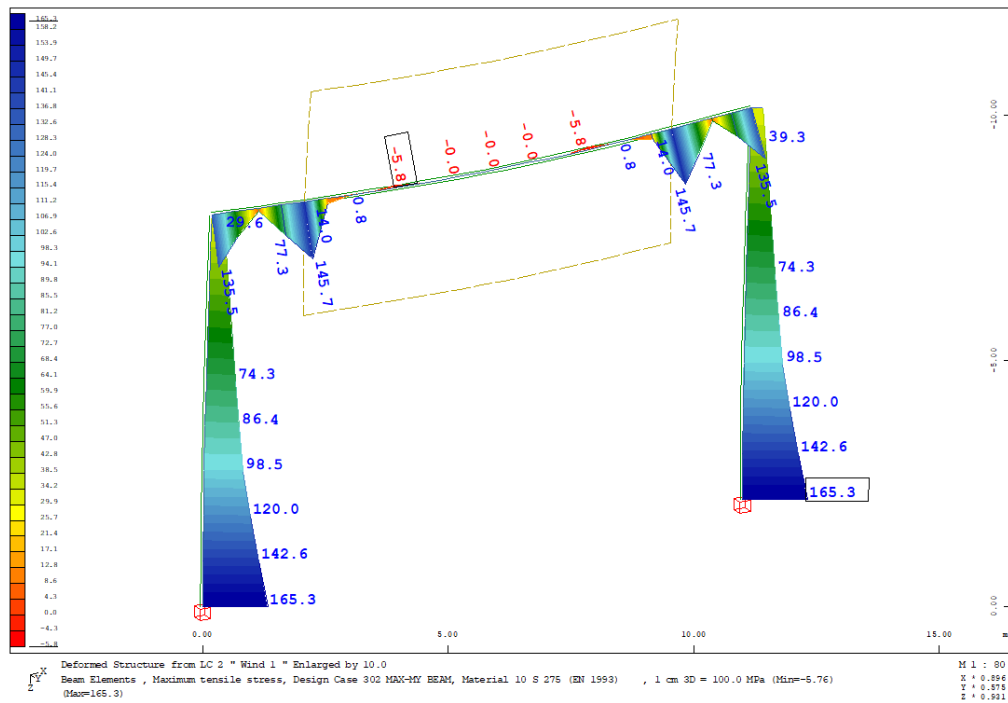
Εικόνα 115: L.C. 2 - Φορτίο Ανέμου - Καμπτική ροπή



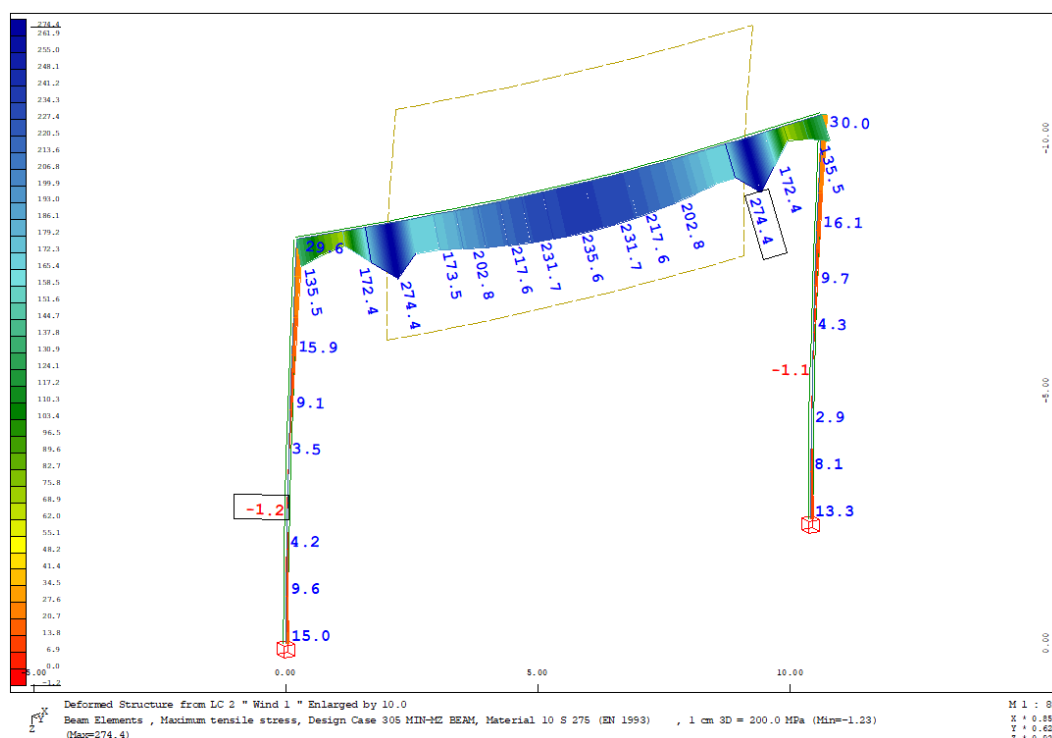
Εικόνα 116: Μέγιστες θλιπτικές τάσεις μεταλλικών διατομών - υποστυλώματα



Εικόνα 117: Μέγιστες θλιπτικές τάσεις μεταλλικών διατομών -δοκός



Εικόνα 118: Μέγιστες εφελκυστικές τάσεις μεταλλικών διατομών - υποστύλωμα



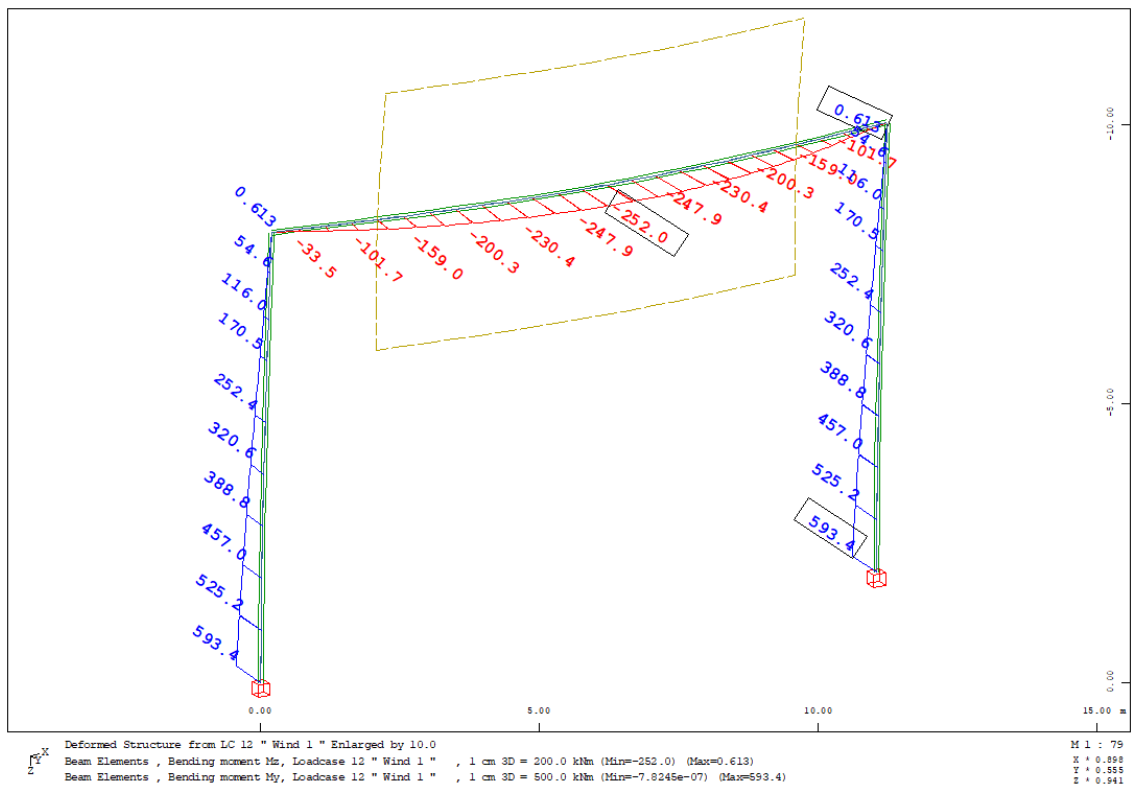
Εικόνα 119: Μέγιστες εφελκυστικές τάσεις μεταλλικών διατομών - δοκός

Περίπτωση Β – Έλεγχος διατομής στις μελλοντικές καιρικές συνθήκες

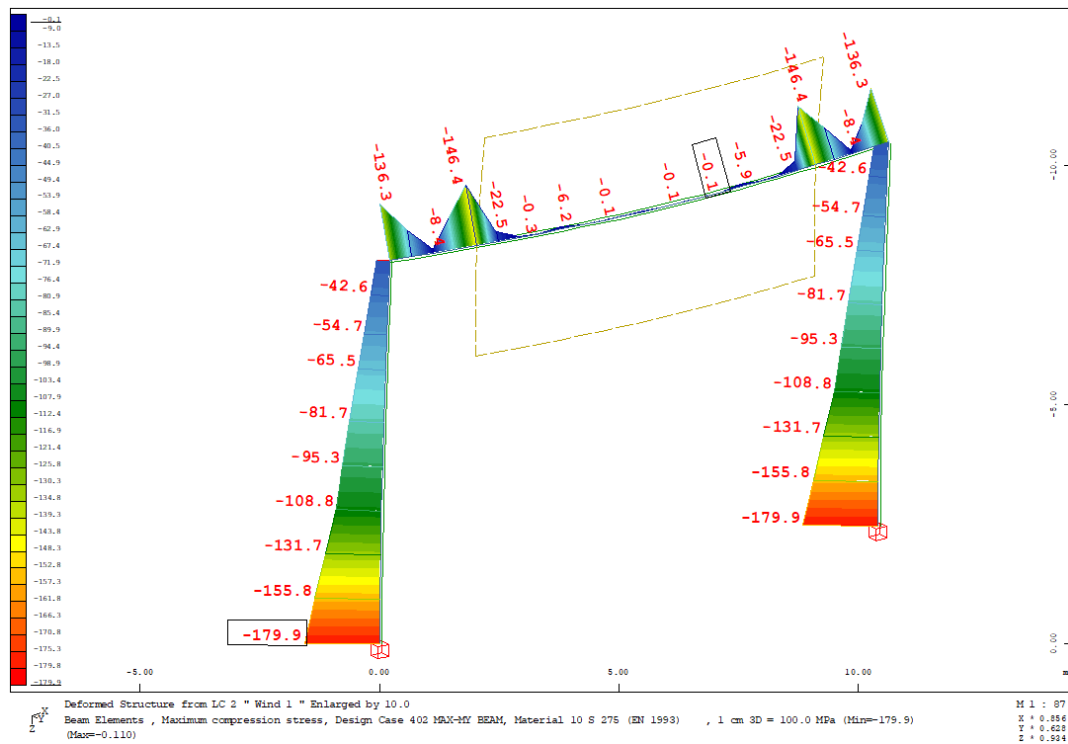
Στην περίπτωση που γίνει έλεγχος σύμφωνα με τις μελλοντικές προβλέψεις για τον άνεμο και ληφθεί αύξηση ταχύτητας ανέμου 7%, θα προκύψει αύξηση των μεταλλικών διατομών του φορέα.

Stresses usage												
Beam	x[m]	NoS	LC	M	A	sig-	sig+	tau	sig-I	sig-II	sig-v	N/Npl*
Total System			MIN	10		0.000	0.023	0.000			0.001	
Total System			MAX	10		1.032!	1.031!	0.173			1.032!	
Reviewed Maximum Values Material 10												
Constant compression						275.00 MPa	usage	0.023	LC	301 Elem.	111	0.000
Constant tension						275.00 MPa						
Biaxial compression						275.00 MPa	usage	1.032 !*	LC	405 Elem.	105	0.000
Biaxial tension						275.00 MPa	usage	1.031 !*	LC	405 Elem.	105	0.000
Shear stress						158.77 MPa	usage	0.173	LC	404 Elem.	101	0.000
Comparison stress						275.00 MPa	usage	1.032 !*	LC	405 Elem.	105	0.000
Shear in weldings						233.66 MPa						
Compression in compr. zone						275.00 MPa	usage	0.023	LC	301 Elem.	111	0.000

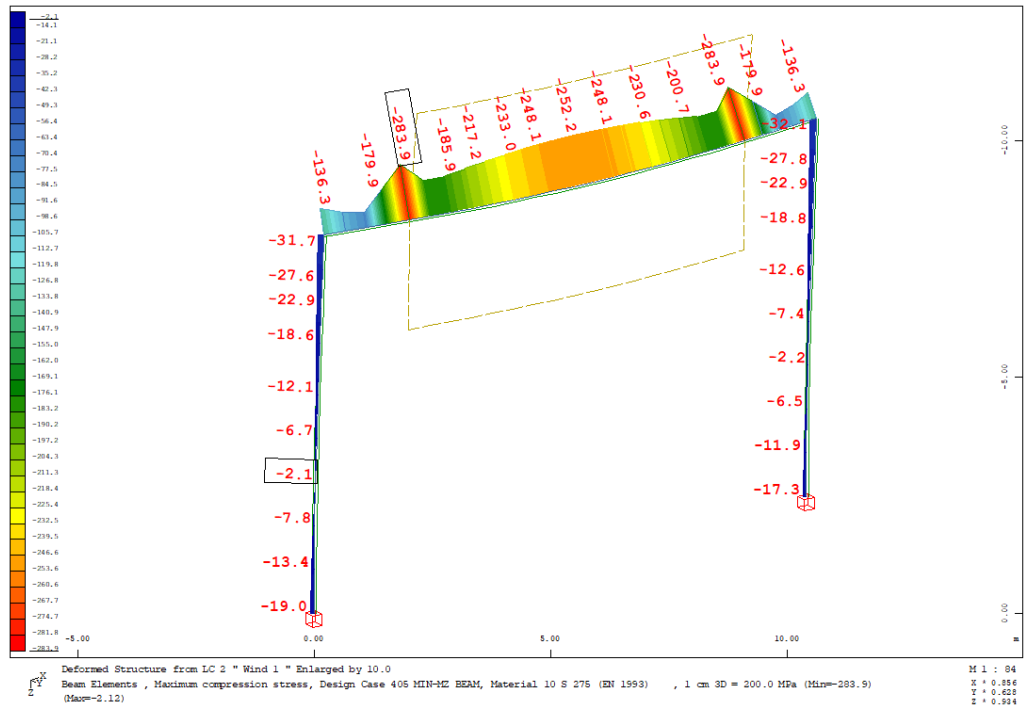
Από τον έλεγχο τάσεων παρατηρείται ότι οι μεταλλικές διατομές δεν επαρκούν. Η υπέρβαση τάσεων είναι κατά 3.2 %, που δεν είναι πολύ μεγάλη αλλά βρίσκεται στα όρια της αστοχίας. Το συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση είναι παρόλες τις αβεβαιότητες στην πρόβλεψη του μελλοντικού ανέμου και των ακραίων καιρικών φαινομένων, ο κίνδυνος αστοχίας της συγκεκριμένης γέφυρας σήμανσης είναι μικρός αλλά υπαρκτός.



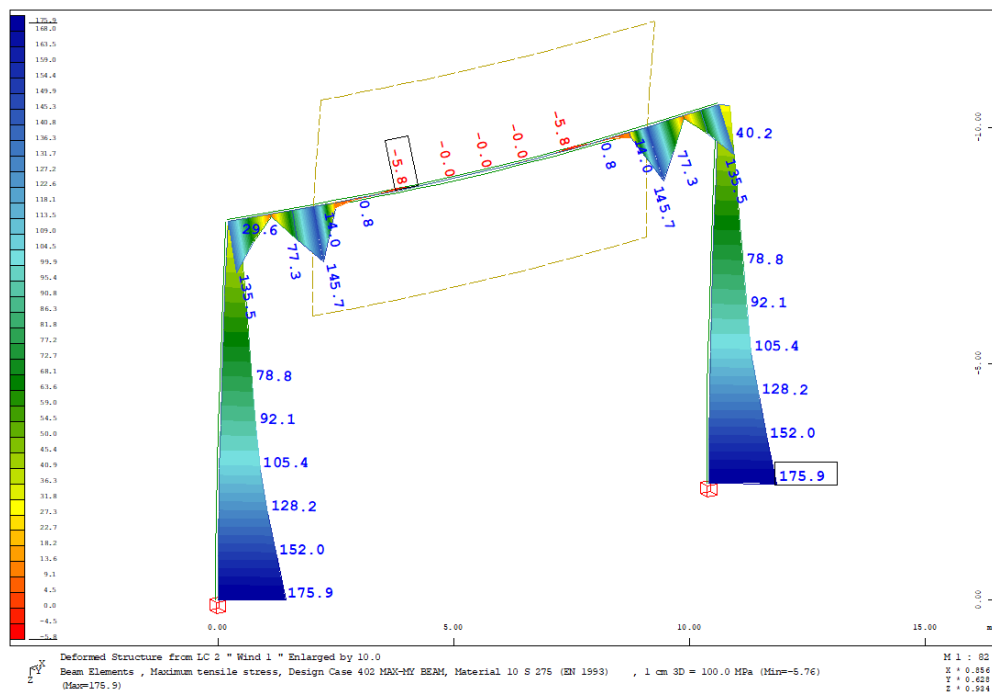
Εικόνα 120: L.C. 12 - Φορτίο Ανέμου * 1.07 - Καμπτική ροπή



Εικόνα 121: Μέγιστες θλιπτικές τάσεις μεταλλικών διατομών - υποστυλώματα

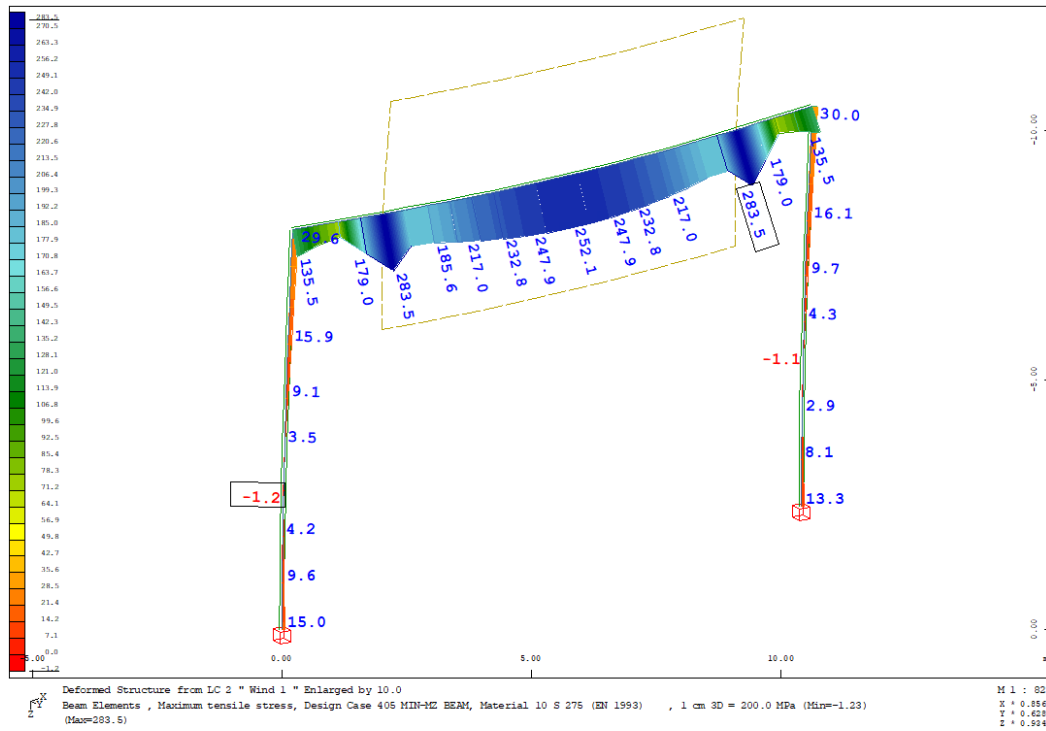


Εικόνα 122: Μέγιστες θλιπτικές τάσεις μεταλλικών διατομών -δοκός



Εικόνα 123: Μέγιστες εφελκυστικές τάσεις μεταλλικών διατομών - υποστύλωμα

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης



Εικόνα 124: Μέγιστες εφελκυστικές τάσεις μεταλλικών διατομών - δοκός

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικά

Παρόλο, που η κλιματική αλλαγή μπορεί να επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στη διεθνή κοινότητα και στις επόμενες γενιές στο πλαίσιο της επίτευξης ευρύτερων κοινωνικών στόχων όπως τη βιώσιμη ανάπτυξη και την αναλογική ισότητα μεταξύ των λαών (equity) Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δεν θα έχουν την ίδια έκταση σε όλες τις χώρες, ενώ αναμένεται οι λιγότερο αναπτυγμένες χώρες να είναι πιο ευάλωτες. Ωστόσο, ο αντίκτυπος δεν θα είναι απομονωμένος σε χώρες με υψηλότερη ευπάθεια, θα επηρεάσει όλους (PIARC, 2015)

Στην εισαγωγή της εργασίας τέθηκαν ορισμένα βασικά ερωτήματα που πλέον είναι δυνατόν να απαντηθούν:

1. Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει πραγματικά τους δρόμους;
Όπως έχει πλέον αποδειχθεί από παγκόσμιους φορείς, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει αφενός τις οδικές υποδομές και αφετέρου το επίπεδο εξυπηρέτησης του οδικού δικτύου.
2. Πώς και πού θα επηρεάσει η κλιματική αλλαγή τους δρόμους;
Όπως περιγράφηκε αναλυτικά στις προηγούμενες παραγράφους οι μεταβλητές που απαρτίζουν την κλιματική αλλαγή επηρεάζουν αφενός τις κατασκευές προκαλώντας ανεπανόρθωτες ζημιές και αφετέρου γενικότερα την λειτουργικότητα του δικτύου ιδιαίτερα μετά από κάποιο ακραίο καιρικό φαινόμενο π.χ. καταιγίδα.
3. Πόσο πιθανό είναι να συμβεί; Και αν συμβεί, ποιες είναι οι συνέπειες;
Σημαντική παράμετρος του σχεδιασμού αποτελεί η εκτίμηση της πιθανότητας, περιοδικότητας και συνεπειών συμβάντων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, στοιχεία που απαρτίζουν την εκτίμηση κινδύνου στο οδικό δίκτυο ή καλύτερα σε τμήματα του ιδιικού δικτύου. Η ανάλυση των κλιματικών συνθηκών παρουσιάζει μεγάλες αβεβαιότητες, πόσο μάλλον η πρόβλεψη και ανάλυση τους στο βάθος χρόνου που απαιτεί ο σχεδιασμό που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή. Η αύξηση των αβεβαιοτήτων περιορίζεται με έλεγχο και επανεξέταση ανά τακτά χρονικά διαστήματα των συνθηκών και στην συνέχεια των μέτρων που έχουν προταθεί για την αντιμετώπισή της.
4. Τι πρέπει να γίνει για τον μετριασμό των κινδύνων και πότε;
Για τον μετριασμό των κινδύνων απαιτείται σωστός σχεδιασμός που θα περιλαμβάνει λήψη μέτρων πριν, κατά την διάρκεια και μετά το συμβάν.

Η περιπτωσιολογική μελέτη στην υφιστάμενη γέφυρα σήμανσης μας δείχνει ότι παρόλη την πρόβλεψη για μικρές αλλαγές στους μελλοντικούς ανέμους, τα ακραία καιρικά φαινόμενα (ισχυρές ριπές ανέμου) είναι αυτά που ενδέχεται να επιβαρύνουν αντίστοιχες κατασκευές και να οδηγήσουν στην αστοχία των γεφυρών σήμανσης. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος των γεφυρών σήμανσης και ενδεχομένως των μεγάλων πλαϊνών πινακίδων (θα εξαρτηθεί από την εκτίμηση των μελλοντικών τοπικών ανέμων και ακραίων καιρικών φαινομένων) στο οδικό δίκτυο και την ενίσχυση αυτών όπου απαιτείται.

5.2 Διδάγματα από την εκτίμηση κινδύνων και επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο δίκτυο (Lessons Learned)

Παρόλη την σημασία του οδικού δικτύου, οι περισσότερες χώρες πρόσφατα έχουν ξεκινήσει να ασχολούνται με την προσαρμογή των μεταφορών στην κλιματική αλλαγή. Το μεγαλύτερο μέρος των προσπαθειών επικεντρώνεται στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής με ανάλυση των επιπτώσεων και πρόταση μέτρων (Unepce, 2020). Οι περιπτώσιολογικές μελέτες (case studies) που παρέχονται στην αρχή αυτής της εργασίας δείχνουν την αυξανόμενη εμπειρία στον τομέα και την τεχνογνωσία που αναπτύσσεται. Η τεχνογνωσία μπορεί να βοηθήσει στην ευαισθητοποίηση σχετικά με πιθανές προσεγγίσεις ή λύσεις στον τομέα των μεταφορών σε όλο τον κόσμο.

Η ποσότητα και η ποιότητα δεδομένων που αφορούν το οδικό δίκτυο είναι απαραίτητα για την δυνατότητα εκτίμησης των κινδύνων της κλιματικής αλλαγής. Αυτά αφορούν είτε κλιματικά δεδομένα, μην ξεχνάμε ότι για την πρόβλεψη κλιματικών συνθηκών σε μεγάλο βάθος χρόνου π.χ. 100 έτη απαιτούνται λεπτομερή και στοιχεία, είτε δεδομένα που αφορούν το οδικό δίκτυο και τη χρήση του (κυκλοφορικός φόρτος, κατασκευαστικά σχέδια) δεν είναι ευρέως διαθέσιμα, εάν φυσικά υπάρχουν. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη συλλογή και επεξεργασία τέτοιων δεδομένων ή έλλειψη δημοσίευσης ή κοινής χρήσης. Η διαθεσιμότητα του τέτοιες πληροφορίες με ομοιόμορφο και εύκολο στην πρόσβαση τρόπο θα επέτρεπαν μια πιο ολοκληρωμένη ανάλυση της κρισιμότητας του δικτύου, η οποία αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για την ιεράρχηση των αναγκών προσαρμογής.

Δεδομένου ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί παγκόσμιο φαινόμενο και είναι απαραίτητη η συνεργασία μεταξύ χωρών, δεν υπάρχουν εναρμονισμένα κλιματικά δεδομένα εκτός συνόρων π.χ. στην περίπτωση της Ευρώπης. Συνήθως χρησιμοποιούνται διαφορετικές προσεγγίσεις με αποτέλεσμα τα αποτελέσματα να μην είναι συγκρίσιμα και τα μέτρα να έχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ χωρών

Η επιλογή συγκεκριμένων κλιματικών δεικτών για την κλιματική αλλαγή και τις πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και τα ακραία γεγονότα στις υποδομές χερσαίων μεταφορών αποτελούν ένα καλό σημείο εκκίνησης για την αύξηση επίγνωση των πιθανών μελλοντικών κλιματικών επιπτώσεων στις υποδομές και τη λειτουργικότητα των χερσαίων μεταφορών. Θετικό αντίκτυπο θα έχει η περαιτέρω δέσμευση για πιο ολοκληρωμένη και πλήρη ανάλυση με κοινή ή τουλάχιστον συμβατή μεθοδολογία και μοντέλα επιπτώσεων όπου είναι δυνατόν.

Οι αναλύσεις εντοπισμού περιοχών που ενδέχεται να επηρεαστούν στο μέλλον από κλιματικά φαινόμενα, σε χώρες που εκπονήθηκαν, έδωσαν τα πρώτα αποτελέσματα και αποτελούν το προκαταρκτικό στάδιο. Εντοπίστηκαν τα «ευαίσθητα» τμήματα του οδικού δικτύου, καθώς εκτίθενται σε περιοχές αυξημένου κινδύνου ως προς την κλιματική αλλαγή. Σίγουρα επιδέχονται περαιτέρω ανάλυσης και συνεχούς ελέγχου ανά τακτά χρονικά διαστήματα με τα νέα δεδομένα που προστίθενται. Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε τον υψηλό βαθμό αβεβαιότητας που ενέχει η εκτίμηση της ανάλυσης της κλιματικής αλλαγής, βραδείς κλιματικές αλλαγές ή/και ακραία γεγονότα, και τις ανατρεπτικές επιπτώσεις που θα μπορούσαν να έχουν τέτοιες αλλαγές και γεγονότα. Επιπλέον, οι αναλύσεις που στηρίζονται αποκλειστικά στα κλιματικά δεδομένα είναι ανεπαρκείς. Συμπληρωματικές αναλύσεις χρειάζονται, ως δεύτερο βήμα. Αυτά περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, την αξιολόγηση φυσικών και ανθρωπογενών παράγοντες (όπως η υποκείμενη γεωμορφολογία, η γεωλογία και η χρήση γης) και μια αξιολόγηση του ατόμου χαρακτηριστικά ενός συγκεκριμένου

μέσου μεταφοράς (όπως η ηλικία, οι συνθήκες και η ποιότητά του και η ιδιαιτερότητά του δομές και τα αντίστοιχα κατώφλια τους σε ακραία καιρικά φαινόμενα). Μπορούν να περιλαμβάνουν περαιτέρω μείωση της κλίμακας των προβλέψεων, μοντελοποίηση επιπτώσεων και αξιολόγηση αιτίου-αποτελέσματος σχέσεις μεταξύ των κλιματικών παραμέτρων και των επιπτώσεων στα μέσα μεταφοράς και τις λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων των κοινωνικοοικονομικών στόχων.

Υπάρχουν περισσότεροι από ένας τρόποι αξιολόγησης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και του σχετικού κινδύνου για την συστήματα μεταφοράς. Αν και υπάρχουν μικρές διαφορές στις προσεγγίσεις, την ορολογία και τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου, υπάρχουν πολλές ομοιότητες σε σχέση με το τελικό αποτέλεσμα τέτοιων αναλύσεων που βοηθούν τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των αναγκών προσαρμογής. Παρόλα αυτά, είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει κοινή βάση από υφιστάμενες εθνικές προσεγγίσεις και μεθοδολογίες, που μπορεί με τον τρόπο αυτό να υποστηρίξουν άλλους στον εντοπισμό, την αξιολόγηση και την αντιμετώπιση των κινδύνων της κλιματικής αλλαγής και να υπάρχει μια ευρύτερη κοινή διασυνοριακή αντιμετώπιση.

5.3 Προτάσεις

Ενημέρωση των φορέων και των πολιτών με στόχο την ευαισθητοποίηση και κατανόηση του επείγοντος χαρακτήρα της κλιματικής αλλαγής καθώς και των επιπτώσεων αυτής στις υποδομές και τη λειτουργικότητα των χερσαίων μεταφορών. Ειδικότερα θα πρέπει από τους φορείς να προαχθεί κλίμα υποστήριξης με απώτερο στόχο την λήψη αποφάσεων σε θέματα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

Σύσταση ομάδας εμπειρογνομόνων αφενός στον τομέα των μεταφορών και αφετέρου σε συναφή αντικείμενα, οι οποίοι γνωρίζοντας προσεγγίσεις, εργαλεία και μεθοδολογίες που υπάρχουν ή μπορούν να αναπτυχθούν για ανάλυση των κινδύνων που εγκυμονεί η κλιματική αλλαγή στις υποδομές και τη λειτουργικότητα του οδικού δικτύου να λαμβάνουν αποφάσεις και να προτείνουν μέτρα προσαρμογής και αντιμετώπισης των επιπτώσεων. Επίσης θα πρέπει να παρέχουν πληροφορίες και να ενημερώνουν φορείς και το κοινωνικό σύνολο. Επίσης η ομάδα εμπειρογνομόνων θα πρέπει να εστιάσει στην εκπαίδευση των φορέων σε θέματα πολιτικής προστασίας και αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών.

Δημιουργία βάσης δεδομένων η οποία θα περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα στην ανάλυση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής με την παράλληλη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ). Μεταξύ άλλων, γεωγραφικά και χωρικά δεδομένα, στοιχεία που αφορούν το οδικό δίκτυο π.χ. θέση κόμβων, κυκλοφορικό φόρτο, κρίσιμες υποδομές όπως μεγάλα τεχνικά έργα (σήραγγες, γέφυρες), σύνδεση με άλλα δίκτυα μεταφορών π.χ λιμάνια, σιδηροδρομικό δίκτυο. Η διαθεσιμότητα αυτών των δεδομένων είναι σημαντική για την ανάλυση του δικτύου, η οποία με τη σειρά της είναι σημαντική για την ιεράρχηση των αναγκών προσαρμογής. Παράλληλα θα πρέπει να δημιουργηθούν μηχανισμοί για την αυτοματοποίηση συλλογής δεδομένων, όπως κυκλοφοριακό φόρτο.

Θα πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια για την απόκτηση συνεπούς συνόλου κλιματικών δεδομένων κατ' ελάχιστον των έξι επιλεγμένων δεικτών της κλιματικής αλλαγής. Η ανάλυση θα πρέπει να επεκταθεί σε πρόσθετους δείκτες, κατά περίπτωση, ώστε να υπάρχουν περισσότερες γνώσεις σχετικά με τις επιπτώσεις από το μεταβαλλόμενο κλίμα και τα ακραία φαινόμενα. Στην περίπτωση της Ελλάδας, θα πρέπει να οργανωθεί το επίσημο δίκτυο των μετεωρολογικών σταθμών, με

δημιουργία πυκνότερου δικτύου και εκσυγχρονισμός των σταθμών που είναι ήδη σε λειτουργία. Η μελλοντική έρευνα για την κλιματική αλλαγή, θα πρέπει να επικεντρωθεί περαιτέρω στην επιδράσεις τοπικής κλίμακας, με την εφαρμογή μοντέλων υψηλότερης ανάλυσης

Θα πρέπει να εκπονηθεί Ειδική μελέτη επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, η οποία θα πρέπει να συμπεριλάβει αφενός τα υφιστάμενα και αφετέρου τα προγραμματισμένα έργα. Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης θα πρέπει να γίνουν παρεμβάσεις στο υφιστάμενο δίκτυο και να τροποποιηθούν τα προγραμματισμένα. Το κόστος της μελέτης θα είναι πολύ μικρό συγκριτικά με το κόστος σε περίπτωση επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε κατασκευές, σε ανθρώπινες ζωές και στην λειτουργικότητα του δικτύου.⁷¹ Τα αποτελέσματα της μελέτης θα είναι προσβάσιμη μέσω μιας βάσης δεδομένων που θα περιλαμβάνει πληροφορίες για: (i) χαρακτηριστικά και συνθήκες που χαρακτηρίζουν ένα τμήμα του οδικού δικτύου ή κόμβο, σε περιοχή υψηλότερου κινδύνου και (ii) μέτρα προσαρμογής που προτείνονται και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητάς τους για τον περιορισμό των εντοπισμένων κινδύνων. Η βάση δεδομένων γνώσεων θα μπορούσε περαιτέρω να περιλαμβάνει δείκτες για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των μέτρων προσαρμογής.

Παράλληλα με την Ειδική μελέτη επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, θα πρέπει να εκπονηθεί οδηγός με κατευθυντήριες γραμμές και μηχανισμούς για την καλύτερη ενσωμάτωση των επιπτώσεων και των προβλέψεων της κλιματικής αλλαγής στον προγραμματισμό και τη λειτουργία του οδικού δικτύου από τους φορείς διαχείρισης. Επιπλέον, θα πρέπει να γίνει αναθεώρηση υφιστάμενων οδηγιών κανονισμών και προδιαγραφές που να περιλαμβάνει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και όχι μόνο. Π.χ. αναθεώρηση των ΟΜΟΕ σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες.

Για την πληρέστερη κατανόηση της τρωτότητας στην κλιματική αλλαγή και τα ακραία καιρικά φαινόμενα στα οδικά δίκτυα θα πρέπει η έρευνα να συνεχίσει λαμβάνοντας υπόψη τις φυσικές και ανθρωπογενείς παράγοντες που τροποποιούν τους κινδύνους για συγκεκριμένο μέσο μεταφοράς, αξιολόγηση των αλυσίδων εφοδιασμού, και πιθανώς ανάλυση σε αλληλεξαρτήσεις μεταξύ μέσων μεταφοράς. Επιπλέον, θα πρέπει να αναζητηθούν πιθανές λύσεις προσαρμογής με την εφαρμογή ανάλυσης συνεργασίας των μέσων μεταφοράς π.χ. οδικό και σιδηροδρομικό κτίριο.

Κατόπιν εντοπισμού των τρωτών σημείων του οδικού δικτύου θα πρέπει να ακολουθήσει η υλοποίηση του σχεδιασμού μέσω εργασιών που σκοπό έχουν την άμεση αντιμετώπιση επικίνδυνων καταστάσεων αλλά και την μεσοπρόθεσμη αντιμετώπιση των επιπτώσεων.

Ενίσχυση διακρατικής συνεργασίας για την ανταλλαγή πληροφοριών και δημιουργία κοινής πολιτικής για την πρόληψη στην κλιματική αλλαγή. Οι χώρες με ανεπτυγμένη εμπειρογνωμοσύνη θα πρέπει να επιδιώξουν να μοιραστούν τις γνώσεις και τα διδάγματά τους που αποκτήθηκε από έργα, προγράμματα και πρωτοβουλίες με τους διεθνείς συναδέλφους, για να συμβάλουν στη δημιουργία πληροφοριών, γνώσεων και ικανοτήτων. Οι χώρες με μικρή εμπειρία ή καθόλου στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή θα μπορούσαν να επωφεληθούν με τις πληροφορίες που θα συλλέξουν.

⁷¹ Σύμφωνα με το ΠεΣΠΚΑ Στερεάς Ελλάδας το κόστος μιας τέτοιας μελέτης σε επίπεδο περιφέρειας εκτιμάται σε 150000€.

6 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

BMVI. (2020). *Verkehr und Infrastruktur an Klimawandel und extreme Wetterereignisse anpassen*.

Church J.A., Clark P.U., Cazenave A., et al., 2013. Sea level change. 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*.

Climate-ADAPT. (2021). *Climate-ADAPT Strategy 2022-2024*.

EN 1991-1-4. (2005). *Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions*.

EPA (2015) *Climate change IN THE UNITED STATES benefits of global action*

FWHA. (2018). *Extreme Weather Vulnerability Assessment Framework*.

Hanna E. et al., 2013. Ice sheet mass balance and climate change. *Nature* 498, 51–59.

IPCC. (2001). *Summary for Policymakers, Climate Change 2001: Mitigation, A Report of Working Group III of Intergovernmental Panel on Climate Change*. <http://www.ipcc.ch/pub/wg3spm.pdf>

IPCC, (2007). *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*

IPCC, (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*

IPCC, (2014). *Summary for policy makers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [

IPCC, 2018: *Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_High_Res.pdf

IPCC (2019) *Summary for Policymakers. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.

Jevrejeva S., Moore J.C. and Grinsted A. 2012. Sea level projections to AD2500 with a new generation of climate change scenarios. *Global and Planetary Change* 80–81, 14–20.

K. Anastassiadou*, R. Holsta, J. Kasperb, F. Simonsb, M. Denhardc (2014). *Assessing and enhancing resilience to extreme weather for transport infrastructure in Germany*.

Kai-Michael Griese, Martin Franz, Jan Niklas Busch, Carmen Isensee. (2021). *Acceptance of climate adaptation measures for transport operations: Conceptual and empirical overview*.

King D., Schrag D., Dadi Z., Ye Q. and Ghosh A. 2015. *Climate Change: A Risk Assessment*. Centre for Science and Policy, University of Cambridge. (www.csap.cam.ac.uk/media/uploads/files/1/climate-change--a-risk-assessment-v9-spreads.pdf)

Moss, Richard & Edmonds, Jae & Hibbard, Kathy & Manning, Martin & Rose, Steven & Vuuren, Detlef

& Carter, Timothy & Emori, Seita & Kainuma, Mikiko & Kram, Tom & Meehl, Gerald & Mitchell, J. & Nakicenovic, Nebojsa & Riahi, Keywan & Smith, Steven & Ronald, Stouffer & Thomson, Allison & Weyant, John & Wilbanks, Thomas. (2010). The Next Generation of Scenarios for Climate Change Research and Assessment. *Nature*. 463. 747-56. 10.1038/nature08823.

NAMS. (2011). International Infrastructure Management manual.

NOAA (2017) Annual 2017 Global Climate Report

PIARC. (2015). INTERNATIONAL CLIMATE CHANGE ADAPTATION FRAMEWORK FOR ROAD INFRASTRUCTURE. World Road Association.

ROADAPT. (2015). Roads for today, adapted for tomorrow guideleines.

Saqib Gulzara, Ashish Vermab*, Harsha Vajjarapuc*, (2012). Adaptation policy framework for climate change impacts on transportation sector in developing countries.

Schneider U., Finger P., Meyer-Christoffer A., 2017. Evaluating the Hydrological Cycle over Land Using the Newly-Corrected Precipitation Climatology from the Global Precipitation Climatology Centre (GPCC). *Atmosphere*, 8 (52), doi: 10.3390/atmos8030052.

Texas DoT. (1995). Wind load effects on signs, luminaires and traffic signal structures.

Theodoros Katopodis*, Iason Markantonis, Diamando Vlachogiannis, Nadia Politi, Athanasios Sfetsos (2021). Assessing climate change impacts on wind characteristics in Greece.

Tyler, M. (1997). *Environmental Science, working with Earth - sixth edition*. Wadsworth Publishing Company.

UKCIP. (2011). AdaptME toolkit- Adaptation monitoring and evaluation.

Unec. (2020). Climate Change Impacts and Adaptation.

USGCRP. (2017). Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I. [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 470 pp., doi: 10.7930/J0J964J6.

World Bank. (2017). Integrating Climate Change into Road Asset Management.

WMO (2016)Statement on the State of the Global Climate in 2016

WMO (2018) Statement on the State of the Global Climate in 2018

Κ. Τρέζος, Ζ. Μ. (2001). Νεότερα Στοιχεία για τη Βασική Ταχύτητα του Ανέμου. ΤΕΕ.

ΕΜΕΚΑ, (2011): 'Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα', Εθνική Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα 2011, 520σ.

Μαντζαβά Γεωργία. (2003). ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.

ΟΜΟΕ- Τεύχος 10. (2002). Τεύχος 10: Τεύχος Τεχνικών έργων. ΝΑΜΑ Α.Ε.

Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας . (2018). Περιφερειακό Σχέδιο Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα I : Πίνακες επίδρασης των κλιματικών παραμέτρων της κλιματικής αλλαγής στο οδικό δίκτυο

Παράρτημα II : Πιλοτικά προγράμματα στις ΗΠΑ

Παράρτημα III : Πίνακες επίδρασης των κλιματικών παραμέτρων της κλιματικής αλλαγής (Γερμανία)

Παράρτημα IV : Πίνακας των μετεωρολογικών σταθμών (Πηγή: ΕΜΥ)

Παράρτημα Ι

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

Threat description		Climate information			Vulnerability factors		Impact	
Threat main	Threat sub	Climate parameter (an increase of the mentioned variable will increase the possibility of the threat happening)	Unit	Time resolution for climate variable	Infrastructure intrinsic factors = road factors that contribute to vulnerability	Contextual site factors = surrounding factors that contribute to vulnerability	Duration of the threat when it has occurred until resume of normal operation	Time between realization that threat might happen and threat occurring (warning time horizon)
Flooding of road surface (assuming no traffic is possible)	flooding due to failure of flood defence system of rivers and canals, caused by snowmelt, rainfall in the catchment area, extreme wind	Temperature (in the catchment area)	number of days with average temperature above 0 °C	days	Road surface level (lower = higher vulnerability)	Rivers, canals, low lying areas	weeks - months	minutes - days
		Extreme rainfall events (long periods of rain in the catchment area)	mm/day	several days - week				
		Extreme wind speed, wind direction	m/second	hours-days				
	pluvial flooding (overland flow after precipitation, increase of groundwater levels, increase of aquifer hydraulic heads)	Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours	Earthworks, bridges, culverts, drainage	Valley floors, low lying areas	days - weeks	hours - days
		Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week				
	Inundation of roads in coastal areas, combining the effects of sea level rise and storm surges	Sea level (rise)	cm	day	Road surface level (lower = higher vulnerability)	Coastal areas	days - weeks	days
		Extreme wind speed, wind direction (-> storm surge)	m/second	hours-days				
Flooding from snow melt (overland flow after snow melt)	Temperature	number of days with average temperature above 0 °C	days-weeks	Culverts, ditches	Hilly and mountainous areas, altitude, latitude	days - weeks	hours - days	
Erosion of road embankments and foundations	Overloading of hydraulic systems crossing the road	Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week	Culverts	Valley floors, low lying areas	week - months	hours
		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours				
		Thaw (for rapid ablation of snow)	°C	days				
	Erosion of road embankments	Sea level (rise)	cm	day(s)	Earthworks, culverts (higher vulnerability where culverts cross the road), road embankment materials	Valley floors, low lying areas	week - months	minutes - days
		Extreme wind speed, wind direction (-> storm surge)	m/second	hours-days				
		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours				
	Bridge scour	Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week	Bridges	Rivers, canals, low lying areas	months	hours - days
		Sea level (rise)	cm	day(s)				
		Extreme wind speed, wind direction (-> storm surge)	m/second	hours-days				
Extreme rainfall events (heavy showers)		mm/h	minutes - hours					
	Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week					

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

Threat description		Climate information			Vulnerability factors		Impact	
Threat main	Threat sub	Climate parameter (an increase of the mentioned variable will increase the possibility of the threat happening)	Unit	Time resolution for climate variable	Infrastructure intrinsic factors = road factors that contribute to vulnerability	Contextual site factors = surrounding factors that contribute to vulnerability	Duration of the threat when it has occurred until resume of normal operation	Time between realization that threat might happen and threat occurring (warning time horizon)
Landslips and avalanches	External slides, ground subsidence or collapse, affecting the road (including eg. embankments aside the road)	Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week	Earthworks, pavements, drainage, foundation	Natural slopes, underground cavities, loss of vegetation	days - months	seconds - hours
		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours				
		Drought (consecutive dry days)	(consecutive) days	multiple days-months				
	Slides of the road embankment	Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/days	several days - week	Earthworks, cut and fill slopes, retaining walls, embankment materials (clay/silt = higher vulnerability), slope angle (higher slope angle = higher vulnerability)	Hilly and mountainous areas	weeks - months	seconds - minutes
		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours				
		Drought (consecutive dry days)	(consecutive) days	multiple days-months				
	Debris flow	Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours	Drainage, embankment vegetation, erosion protection works	Mountainous areas, loss of vegetation	days - months	seconds - minutes
	Rock fall	Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week	Manmade cracks: road cut/blasting, rock fall protection works	Mountainous areas	days	seconds - minutes
		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours				
		Frost-thaw cycles (number of days with temperature zero-crossings)	number of days	days				
	Snow avalanches	Snowfall	mm/day	day-weeks	Distribution of avalanche protection works	Mountainous areas, avalanche tracks	days - weeks	seconds - days
		Frost-thaw cycles (number of days with temperature zero-crossings)	number of days	days				
Temperature		mm/day	days-weeks					
Loss of road structure integrity	Impact on soil moisture levels (increase of watertable), affecting the structural integrity of roads, bridges and tunnels	Seasonal and annual average rainfall	mm/season mm/year	season-year	Pavements, bridges and tunnels	low lying areas, high watertable	days - weeks	days - months
		Sea level (rise)	cm	years				
		Extreme wind speed, wind direction (-> storm surge)	m/second	hours-days				
	Weakening of the road embankment and road foundation by standing water	Seasonal and annual average rainfall	mm/season mm/year	season-year	Earthworks, pavements	Rivers, canals, low lying areas	weeks	hours - weeks
		(Unequal) settlements of roads by consolidation	Drought (consecutive dry days)	consecutive days	multiple days-months	Pavements	soft ground layers	months
	Instability / subsidence of roads by thawing of permafrost	Thaw (number of days with temperature zero-crossings)	number of days	days	Pavements	frozen ground	days - weeks	days - months
		Uplift of tunnels or light weight construction materials by increasing watertable levels	Seasonal and annual average rainfall	mm/season mm/year	season-year	Tunnels, Deep lying sections, light weight materials	High watertable, soft soil	months
	Sea level (rise)		cm	day(s)?				
Extreme wind speed, wind direction (-> storm surge)	m/second		hours-days					
	Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week					

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

Threat description		Climate information			Vulnerability factors		Impact	
Threat main	Threat sub	Climate parameter (an increase of the mentioned variable will increase the possibility of the threat happening)	Unit	Time resolution for climate variable	Infrastructure intrinsic factors = road factors that contribute to vulnerability	Contextual site factors = surrounding factors that contribute to vulnerability	Duration of the threat when it has occurred until resume of normal operation	Time between realization that threat might happen and threat occurring (warning time horizon)
Loss of pavement integrity	Cracking, rutting, embrittlement	Maximum and minimum diurnal temperature	°C	days	Flexible pavements, type of surface and binder course, pavement age		days	days
		Temperature (heat waves)	number of consecutive hot days					
	Frost heave	Frost	°C and number of days	days		Soft ground layers, high ground water table	weeks - months	days
	Aggregate loss and detachment of pavement layers	Frost	°C and number of days	days	Flexible pavements, type of surface course, pavement age		days	days
	Cracking due to weakening of the road base by thaw	Frost-thaw cycles (number of days with temperature zero-crossings)	number of days	days	Pavements		weeks - months	days - weeks
	Thermal expansion of pavements	Maximum and minimum diurnal temperature and number of consecutive hot days (heat waves)	°C and number of (consecutive) days	days	Concrete pavements		days	days
	Decreased utility of (unimproved) roads that rely on frozen ground	Frost-thaw cycles (number of days with temperature zero-crossings)	number of days	days	Unpaved roads		weeks - months	days - weeks
Loss of driving ability due to extreme weather events	Reduced visibility	Fog days	Number of days	day			hours - day	seconds - minutes
	Reduced visibility during snowfall, heavy rain including splash and spray	Snowfall or rainfall	mm/hour and mm/day	hour-day	Closed pavements (no porous pavements), presence of storm water runoff		minutes - day	seconds - minutes
	Reduced vehicle control	Extreme wind speed (worst gales and wind gusts)	m/second				hours - day	seconds
	Decrease in skid resistance on pavements from slight rain after a dry period	Drought (consecutive dry days)	consecutive days	multiple days-months	Pavements		minutes - hours	seconds - hours
	Flooding of road surface due to low capacity of storm water runoff	Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/hour	minutes - hour	Closed pavements (no porous pavements), presence of storm water runoff		minutes - hours	minutes
	Aquaplaning in ruts due to precipitation on the road, splash and spray	Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/hour	minutes - hour	Closed pavements (no porous pavements), presence of storm water runoff		minutes - hours	minutes
	Decrease in skid resistance on pavements from migration of liquid bitumen	Maximum and minimum diurnal temperature and number of consecutive hot days (heat waves)	°C and number of (consecutive) days	days	bitumen		hours - days	minutes
	Icing and snow	Snowfall	mm/day	days			hours - days	seconds - hours
Hail		mm/day	days					
Frost and rainfall		°C and mm/day	days					

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

Threat description		Climate information			Vulnerability factors		Impact	
Threat main	Threat sub	Climate parameter (an increase of the mentioned variable will increase the possibility of the threat happening)	Unit	Time resolution for climate variable	Infrastructure intrinsic factors = road factors that contribute to vulnerability	Contextual site factors = surrounding factors that contribute to vulnerability	Duration of the threat when it has occurred until resume of normal operation	Time between realization that threat might happen and threat occurring (warning time horizon)
Reduced ability for maintenance	Reduced snow removal planability	Snowfall	number of days	days-season			day - months	weeks - months
	Reduced ice removal planability	Frost	°C and number of days	days			day - months	weeks - months
	Impact on shoulder maintenance: increased vegetative growth	Temperature	°C	days	shoulder vegetation		days - weeks	days
	Impact on road works: decreased time window for paving	Maximum and minimum diurnal temperature and number of consecutive hot days (heat waves)	°C and number of (consecutive) days	days	Pavements		days - weeks	days
Pollution aside the road after incapacity of storm water runoff system of the road		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/hour	minutes - hour	Closed pavements (no porous pavements), presence of storm water runoff, shoulder vegetation		minutes - hours	seconds - hours
Susceptibility to wildfires that threaten the transportation infrastructure directly		Drought (consecutive dry days)	consecutive days	multiple days-months		Forest cover	hours - days	hours - days
Damage to signs, lighting fixtures, pylones, canopies, noise barriers and supports		Extreme wind speed (worst gales and wind gusts)	m/second	seconds-hours	Signs, lighting fixtures, pylones, canopies, noise barriers, supports		hours - weeks	seconds - hours
Damage to energy supply, communication networks (eg. pylones) and/or matrix boards by wind, snow, heavy rainfall and/or lightning		Extreme wind speed (worst gales and wind gusts)	m/second	seconds-hours			days - weeks	seconds - hours
		Snowfall	mm/day	days				
		Extreme rainfall events (heavy showers or long periods of rain)	mm/day	hour to days				
		Lightning	number of discharges	hour to days				
Trees, wind mills, noise barriers, trucks falling on the road		Extreme wind speed (worst gales and wind gusts)	m/second	seconds-hours	Noise barriers	Trees, mills	hours - day	seconds - hours

Παράρτημα II

Πιλοτικά

Προγράμματα Περιγραφή Έργου

Ενδεικτικά ευρήματα έργου και βασικό αποτέλεσμα

<p>ADOT</p>	<p>Η ομάδα ADOT διεξήγαγε μια μελέτη για να εντοπίσει τα hotspots όπου οι αυτοκινητόδρομοι είναι ευάλωτοι σε σχετικούς κινδύνους από υψηλές θερμοκρασίες, ξηρασία και έντονες καταιγίδες. Το έργο επικεντρώθηκε στον Διακρατικό διάδρομο που συνδέει το Nogales, το Tucson, το Phoenix και το Flagstaff, ο οποίος περιλαμβάνει μια ποικιλία αστικών περιοχών, τοπίων, βιοτικών κοινοτήτων και κλιματικών ζωνών και παρουσιάζει μια σειρά καιρικών συνθηκών που ισχύουν σε μεγάλο μέρος της Αριζόνα.</p>	<p>Επειδή το εύρος της μελέτης κάλυπτε ένα τμήμα αυτοκινητόδρομου μήκους 300 μιλίων, βοήθησε να εντοπιστούν περιοχές που απαιτούν μια πιο προσεκτική ανάλυση των τρωτών σημείων συγκεκριμένων στοιχείων. Η μελέτη διαπίστωσε ότι ενώ οι αυξήσεις της θερμοκρασίας μπορεί να μειώσουν το κόστος συντήρησης και λειτουργίας το χειμώνα, η υπερβολική ζέστη μπορεί επίσης να απαιτήσει επαναξιολόγηση των προτύπων σχεδιασμού για ανθεκτικά στη θερμότητα οδοστρώματα και να επηρεάσει τα πρωτόκολλα για τα παράθυρα κατασκευών και την ασφάλεια των εργαζομένων. Η αξιολόγηση διαπίστωσε επίσης ότι οι μελλοντικές τάσεις βροχοπτώσεων και πυρκαγιών είναι αβέβαιες, αν και οι αυξήσεις στο μέγεθος των γεγονότων θα μπορούσαν να αποτελέσουν απειλή για τα περιουσιακά στοιχεία της ADOT.</p>
<p>Caltrans, District 1</p>	<p>Η προσέγγιση αξιολόγησης τρωτότητας προήλθε από μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν από το FHWA και το πιλοτικό πρόγραμμα για την κλιματική ανθεκτικότητα 2010-2011 της Πολιτείας της Ουάσιγκτον. Ο πιλότος αξιολόγησε την ευπάθεια σε τέσσερις κομητείες βαθμολογώντας την κρισιμότητα των περιουσιακών στοιχείων και τον πιθανό αντίκτυπο. Ο πιλότος εντόπισε επιλογές προσαρμογής σε τέσσερις πρωτότυπες τοποθεσίες ευάλωτων οδικών τμημάτων. Η ομάδα Caltrans District 1 επισημοποίησε τη μεθοδολογία προσαρμογής της σε ένα εργαλείο που βοηθά στην αξιολόγηση και την ιεράρχηση των επιλογών προσαρμογής.</p>	<p>Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει κατά κύριο λόγο τους δρόμους της Περιφέρειας 1 μέσω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των αυξημένων κινδύνων διάβρωσης των ακτών. Στο εσωτερικό, η περιοχή είναι επίσης ευάλωτη σε σημαντική ιστορική αστάθεια, αποχέτευση και διάβρωση. Η αξιολόγηση τρωτότητας πληροφορεί τις μελέτες στον αυτοκινητόδρομο 101 και η ανάλυση προσαρμογής παρέχει πληροφορίες για να βοηθήσει μια τοπική υπηρεσία σχεδιασμού μεταφορών στην αξιολόγηση των επιλογών δρομολόγησης πάνω από ένα ποτάμι.</p>

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

<p>CAMPO</p>	<p>Η ομάδα CAMPO χρησιμοποίησε μια προσέγγιση δεδομένων και με γνώμονα τους ενδιαφερόμενους για να αξιολογήσει τους κινδύνους για εννέα κρίσιμα περιουσιακά στοιχεία από πλημμύρες, ξηρασία, ακραία ζέστη, δασικές πυρκαγιές και πάγο. Η ομάδα του έργου πραγματοποίησε ένα εργαστήριο κρισιμότητας, ανέπτυξε τοπικές κλιματικές προβλέψεις και πραγματοποίησε εκτιμήσεις κινδύνου για κάθε περιουσιακό στοιχείο.</p>	<p>Η ομάδα του έργου διεξήγαγε έρευνα και συνεντεύξεις για να προσδιορίσει τα «κατώφλια ευαισθησίας» για κάθε στρεσογόνο παράγοντα—δηλαδή τα επίπεδα βροχής ή θερμοκρασίας στα οποία η υποδομή μεταφορών της περιοχής αντιμετωπίζει διακοπές ή ζημιές. Αυτά τα όρια βοήθησαν στον προσδιορισμό των κλιματικών δεδομένων που έπρεπε να αναπτυχθούν και πώς να εφαρμοστούν τα κλιματικά δεδομένα σε μια αξιολόγηση τρωτότητας. Το CAMPO χρησιμοποίησε επίσης ένα περιφερειακό κλιματικό μοντέλο (RCM) αντί να μειώσει τα παγκόσμια κλιματικά μοντέλα. Η CAMPO ενσωμάτωσε τα αποτελέσματα της μελέτης στο τελευταίο της LRTP. Στο τέλος της μελέτης, το CAMPO και η πόλη του Ώστιν φιλοξένησαν ένα εναρκτήριο Συμπόσιο Ανθεκτικότητας σε ακραίες καιρικές συνθήκες με φορείς από όλη την περιοχή και σκοπεύουν να σχηματίσουν μια ομάδα εργασίας πολλών φορέων για να αξιοποιήσουν τη δυναμική αυτού του έργου.</p>
<p>Connecticut DOT (CTDOT)</p>	<p>Η ομάδα CTDOT διεξήγαγε μια αξιολόγηση τρωτότητας σε επίπεδο συστημάτων για κατασκευές γεφυρών και οχετών από πλημμύρες στην ενδοχώρα που σχετίζονται με ακραία γεγονότα βροχοπτώσεων. Η αξιολόγηση περιελάμβανε συλλογή δεδομένων και επιτόπια επισκόπηση, υδρολογική και υδραυλική αξιολόγηση, αξιολόγηση κρισιμότητας και αξιολόγηση κριτηρίων υδραυλικού σχεδιασμού.</p>	<p>Η ομάδα CTDOT διαπίστωσε ότι οι περισσότερες κατασκευές κατασκευάστηκαν με πλεονάζουσα χωρητικότητα και επομένως θα είναι σε θέση να υποδεχτούν μελλοντικές αυξήσεις βροχοπτώσεων. Προχωρώντας προς τα εμπρός, το CTDOT συνέστησε να σχεδιαστεί όλη η νέα υποδομή χρησιμοποιώντας τα δεδομένα βροχοπτώσεων από το NRCC-NRCS "Precip.net" μέχρι να γίνουν διαθέσιμα τα νέα δεδομένα του NOAA Atlas 14. Πριν από αυτή τη μελέτη, το CTDOT χρησιμοποιούσε ακόμη το TP-40 για τα σχέδιά του που δεν είχαν ενημερωθεί από το 1961.</p>
<p>Hillsborough MPO</p>	<p>Η ομάδα του Hillsborough MPO αξιολόγησε την ευπάθεια επιλεγμένων μέσων μεταφοράς επιφανείας στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την άνοδο της καταιγίδας και τις πλημμύρες, προκειμένου να εντοπίσει οικονομικά αποδοτικές στρατηγικές διαχείρισης κινδύνου για ενσωμάτωση σε βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο σχεδιασμό μεταφορών.</p>	<p>Το Hillsborough MPO αφιέρωσε ένα κεφάλαιο στο Σχέδιο Μεταφορών Μεγάλης Απόστασης (LRTP) για να συζητήσει τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης. Ένα από τα περιουσιακά στοιχεία που προσδιορίστηκαν ως κρίσιμα στη μελέτη είχε προγραμματιστεί για ανακατασκευή στο LRTP του MPO και το MPO διαπίστωσε ότι τα μέτρα προσαρμογής θα μπορούσαν να ενσωματωθούν οικονομικά αποδοτικά κατά την ανακατασκευή. Για παράδειγμα, μια επένδυση 4,2 εκατομμυρίων δολαρίων για τον μετριασμό του κινδύνου πλημμύρας για την εθνική οδό Memorial θα είχε ως αποτέλεσμα καθαρό όφελος 2,1-8,4 εκατομμυρίων δολαρίων εάν αντιμετώπιζε κύμα καταιγίδας Κατηγορίας 1 (και υψηλότερα οφέλη για μια ισχυρότερη καταιγίδα).</p>

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

<p>Iowa DOT</p>	<p>Για να αξιολογήσει τις μελλοντικές συνθήκες πλημμύρας, η ομάδα του Iowa DOT ανέπτυξε μια μεθοδολογία για να ενσωματώσει τις κλιματικές προβλέψεις βροχοπτώσεων σε ένα μοντέλο συστήματος ποταμών για την πρόβλεψη της αντίδρασης των πλημμυρών του ποταμού στην κλιματική αλλαγή. Το Iowa DOT δοκίμασε αυτή τη μεθοδολογία σε δύο λεκάνες απορροής ποταμών για να αξιολογήσει τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία της τεχνολογίας για την παραγωγή σεναρίων μελλοντικών συνθηκών πλημμύρας. Ανέλυσαν επίσης τον πιθανό αντίκτυπο των μελλοντικών πλημμυρών σε έξι γέφυρες για να αξιολογήσουν την ευπάθεια στην κλιματική αλλαγή και τα ακραία καιρικά φαινόμενα και να ενημερώσουν την ανάπτυξη επιλογών προσαρμογής.</p>	<p>Το Iowa DOT προσδιόρισε ότι η αιχμή της ανάλυσης δεδομένων μειωμένης κλίμακας προβολής του κλίματος (ένας όγδοος βαθμός και ημερήσιες προσαυξήσεις) ήταν επαρκής για την προσομοίωση στατιστικών στοιχείων αιχμής ροής των "Big Basins and Big Floods", που ορίζονται ποσοτικά ως λεκάνες άνω των 100 τετραγωνικών μιλίων με πλημμύρες που υπερβαίνουν το διπλάσιο η μέση ετήσια μέγιστη ροή. Αυτή η μοντελοποίηση χρησιμοποιήθηκε για να επιβεβαιώσει ότι ένα νέο έργο γέφυρας στο I-35 θα είναι ανθεκτικό σε μελλοντικά σενάρια πλημμύρας.</p>
<p>Maine DOT</p>	<p>Η ομάδα του Maine DOT εντόπισε μέσα μεταφοράς που είναι ευάλωτα σε πλημμύρες από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και την έκρηξη καταϊγίδων σε έξι παράκτιες πόλεις. Η ομάδα ανέπτυξε λειτουργίες βλάβης βάθους και επιλογές σχεδιασμού προσαρμογής σε τρεις από τις τοποθεσίες και αξιολόγησε το κόστος και τα οφέλη των εναλλακτικών δομών σχεδιασμού.</p>	<p>Η ανάλυση διαπίστωσε ότι η πλειονότητα των ζημιών θα προκληθεί από το κύμα καταιγίδας και όχι από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Σε κάθε τοποθεσία, προσδιόρισαν την επιλογή σχεδιασμού με το χαμηλότερο συνολικό κόστος κύκλου ζωής σε κάθε σενάριο ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Γενικά, οι μικρότερες κατασκευές που απαιτούσαν χαμηλότερο ή μέτριο αρχικό κόστος κατασκευής έτειναν να είναι πιο αποδοτικές ως προς το κόστος.</p>
<p>Maryland SHA</p>	<p>Η ομάδα του Maryland SHA ανέπτυξε μια μεθοδολογία αξιολόγησης τρωτότητας τριών επιπέδων και στρώματα GIS υδάτινων επιφανειών σε όλη την πολιτεία για να αναλύσει την ευπάθεια στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την έκρηξη καταϊγίδας και τις πλημμύρες σε δύο κομητείες. Η ομάδα εξέτασε επίσης στρατηγικές σχεδιασμού, βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης, πρότυπα προγραμματισμού και άλλους τρόπους υποστήριξης της υιοθέτησης προσαρμοστικών λύσεων διαχείρισης.</p>	<p>Τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης της ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας έχουν ενσωματωθεί στη διαδικασία ελέγχου του έργου. Επιπλέον, η Maryland SHA χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα στις διαδικασίες περιφερειακού σχεδιασμού της, όπως όταν το προσωπικό του Office of Structures κάνει μια αντικατάσταση γέφυρας, θα δει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης τρωτότητας. Η SHA θα αξιολογήσει την τρωτότητα των δομών αποχέτευσης σε όλη την πολιτεία χρησιμοποιώντας την προσέγγιση που αναπτύχθηκε στο πιλοτικό πρόγραμμα.</p>
<p>MassDOT</p>	<p>Η ομάδα MassDOT προσπάθησε να κατανοήσει καλύτερα την ευπάθεια του συστήματος Κεντρικής Αρτηρίας/Σήραγγας I-93 (CA/T) στη Βοστώνη στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας και τα ακραία γεγονότα καταιγίδων. Η ομάδα συνδύασε ένα υπερσύγχρονο μοντέλο υδροδυναμικής πλημμύρας με γνώσεις και προτεραιότητες που καθοδηγούνται από τους φορείς για να αξιολογήσει τα τρωτά σημεία και να αναπτύξει στρατηγικές προσαρμογής.</p>	<p>Η ομάδα του έργου χρησιμοποίησε το μοντέλο για να αναπτύξει μια σειρά από προβλεπόμενα υψόμετρα της επιφάνειας του νερού για τυφώνες και Νορβηγία. Χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση του Μόντε Κάρλο, η ομάδα μπόρεσε να εκτιμήσει την πιθανότητα πλημμύρας σε ένα πλέγμα υψηλής ανάλυσης κάτω από τρέχοντα και δύο μελλοντικά σενάρια ανόδου της στάθμης της θάλασσας και να αξιολογήσει τα σημεία εισόδου και τις διαδρομές πλημμύρας (και έτσι να προσδιορίσει πιθανές τοποθεσίες για περιφερειακές στρατηγικές προσαρμογής). Σε πολλές περιπτώσεις, μεγάλες ορεινές περιοχές πλημμυρίζουν από ένα σχετικά μικρό και διακριτό σημείο εισόδου (π.χ. μια περιοχή χαμηλού υψομέτρου κατά μήκος της ακτογραμμής).</p>

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

MDOT	<p>Η ομάδα του MDOT διεξήγαγε μια αξιολόγηση τρωτότητας με βάση το κλίμα της υποδομής μεταφορών που ανήκει και λειτουργεί ως επί το πλείστον από το MDOT, συμπεριλαμβανομένων δρόμων, γεφυρών, αντλιών και οχετών. Η αξιολόγηση χρησιμοποίησε GIS για να επικαλύψει τις κλιματικές προβολές σε πληροφορίες περιουσιακών στοιχείων από την υπάρχουσα βάση δεδομένων διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων του MDOT για να βοηθήσει στον εντοπισμό τοποθεσιών και υποδομών που ενδέχεται να διατρέχουν κίνδυνο.</p>	<p>Η αξιολόγηση διαπίστωσε ότι τα μεταφορικά μέσα που κινδυνεύουν περισσότερο βρίσκονταν στο νότιο τρίτο του κράτους, όπου βρίσκονται οι μεγαλύτερες αστικές περιοχές του κράτους. Οι αυξημένες θερμοκρασίες του χειμώνα και οι βροχοπτώσεις θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μειωμένες χιονοπτώσεις και αυξημένες βροχοπτώσεις, θέτοντας πιθανές προκλήσεις λειτουργίας και συντήρησης. Η ανάλυση αποκάλυψε επίσης ότι πρόσθετα δεδομένα για το υψόμετρο, τις πλημμυρικές πεδιάδες και τη χρήση γης θα ήταν χρήσιμα για την παροχή μιας πιο ισχυρής αξιολόγησης της τρωτότητας των περιουσιακών στοιχείων.</p>
MnDOT	<p>Η ομάδα MnDOT διεξήγαγε μια αξιολόγηση τρωτότητας γεφυρών, οχετών, σωλήνων και δρόμων που παραλληλίζουν ρέματα σε πλημμύρες σε δύο περιοχές. Με βάση τα αποτελέσματα της αξιολόγησης τρωτότητας, ανέπτυξαν επιλογές προσαρμογής σε επίπεδο εγκατάστασης για δύο επιλεγμένους οχετούς που έχουν προγραμματιστεί για αντικατάσταση. Χρησιμοποιώντας εκτιμήσεις ζημιών και οικονομικών ζημιών που σχετίζονται με ξαφνικές πλημμύρες, καθώς και εκτιμήσεις κόστους για εναλλακτικά μηχανολογικά σχέδια, η ομάδα εντόπισε τις πιο αποδοτικές από πλευράς κόστους επιλογές σε μια σειρά κλιματικών σεναρίων.</p>	<p>Το MnDOT σχεδιάζει να ενσωματώσει τους εντοπισμένους κινδύνους σε προγράμματα βελτίωσης οχετών και γεφυρών, βάσει δεδομένων διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων, στο σχέδιο διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων και στα μητρώα κινδύνου του MnDOT. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να τροφοδοτήσουν την ανάπτυξη σχεδίων δράσης έκτακτης ανάγκης, συστήματα παρακολούθησης και προειδοποίησης σε πραγματικό χρόνο για ευάλωτα περιουσιακά στοιχεία και την ιεράρχηση της χρηματοδότησης για οικονομικά αποδοτικές στρατηγικές προσαρμογής.</p>
MTC	<p>Η ομάδα MTC βελτίωσε την πρώτη της πιλοτική αξιολόγηση τρωτότητας (πιλοτικό πρόγραμμα FHWA 2010-2011) με πρόσθετη χαρτογράφηση της ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας και υδραυλική ανάλυση. Χρησιμοποιώντας τα αναθεωρημένα δεδομένα ευπάθειας, η ομάδα του έργου ανέπτυξε μια ολοκληρωμένη σειρά στρατηγικών προσαρμογής για τρεις περιοχές εστίασης και μέσω μιας συστηματικής διαδικασίας αξιολόγησης, επέλεξαν πέντε στρατηγικές προσαρμογής για περαιτέρω ανάπτυξη: ζωντανά αναχώματα (σε δύο τοποθεσίες), έναν υπεράκτιο κυματοθραύστη, μελέτη αποχέτευσης και ενσωμάτωση του κινδύνου κλιματικής αλλαγής στις διαδικασίες σχεδιασμού των φορέων μεταφορών.</p>	<p>Οι στρατηγικές πολιτικής/έρευνας και φυσικής προσαρμογής που αναπτύχθηκαν ως μέρος αυτού του πιλοτικού προγράμματος περιλαμβάνουν όλες πληροφορίες για τη διαδικασία και τους εταίρους που απαιτούνται για την υλοποίηση, προκαταρκτικά πεδία/ενοσιολογικούς σχεδιασμούς (συμπεριλαμβανομένων εκτιμήσεων κόστους), πιθανά εμπόδια και μια περίληψη των επιπτώσεων της υλοποίησης. Αυτές οι πληροφορίες βοηθούν στην ενημέρωση των περιφερειακών και κρατικών πολιτικών και επενδυτικών αποφάσεων και η συνολική διαδικασία χρησιμεύει ως πλαίσιο για παρόμοια έργα στην περιοχή.</p>
NCTCOG	<p>Η ομάδα NCTCOG αξιολόγησε την ευπάθεια της υπάρχουσας και προγραμματισμένης υποδομής μεταφορών στην περιοχή Ντάλας-Φορτ Γουόρθ, όπου τα ακραία καιρικά φαινόμενα θα προσθέσουν επιπλέον άγχος στο σύστημα μεταφορών στην ταχέως αναπτυσσόμενη περιοχή.</p>	<p>Η εκτίμηση τρωτότητας διαπίστωσε ότι 636 μίλια δρόμων στην περιοχή έχουν τη δυνατότητα να πλημμυριστούν από μια πλημμύρα 100 ετών. Το πιλοτικό έργο διαπίστωσε επίσης ότι η αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την προβλεπόμενη μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης στην περιοχή μπορεί να μειώσει την υγρασία του εδάφους, η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει ρωγμές του οδοστρώματος και καταπονήσεις σε γέφυρες και οχετούς.</p>

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

<p>New Jersey DOT/North Jersey Transportation Planning Authority (NJTPA) - Coastal and Central New Jersey</p>	<p>Η Αρχή Σχεδιασμού Μεταφορών του Βόρειου Τζέρσεϊ (NJTPA) οδήγησε τη διυπηρεσιακή Συνεργασία NJ για να αξιολογήσει την ευπάθεια των συστημάτων μεταφορών της Πολιτείας. Μεγάλο μέρος της υποδομής του Νιου Τζέρσεϊ είναι γερασμένο και συγκεντρωμένο κοντά σε μεγάλα ποτάμια και τις ακτές. Η NJ Partnership ήθελε να κατανοήσει πώς να κάνει πιο στρατηγικές επενδύσεις κεφαλαίου υπό το φως του μεταβαλλόμενου κλίματος. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, η ομάδα του έργου διεξήγαγε μια αξιολόγηση κλιματικής τρωτότητας με βάση το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) σχετικά με τα μέσα μεταφοράς σε μια παράκτια περιοχή μελέτης κατά μήκος του Ατλαντικού Ωκεανού και σε μια Κεντρική Περιοχή Μελέτης, η οποία περιλαμβάνει έξι κομητείες σε όλη την Πολιτεία που περιλαμβάνει σημαντικό διάδρομο διέλευσης.</p>	<p>Η αξιολόγηση διαπίστωσε ότι η πλημμυρική πεδιάδα 1 στα 100 χρόνια θα επεκταθεί υπό μελλοντικές κλιματικές συνθήκες, με τη μεγαλύτερη επέκταση να σημειώνεται στο πιο σοβαρό σενάριο. Αυτό θα μπορούσε να είναι σημαντικό μέχρι το 2050 και εξαιρετικά αναστατωτικό έως το 2100, με πάνω από 19 μίλια κρίσιμου οδοστρώματος σε κίνδυνο πλημμύρας. Το NJ TRANSIT έδειξε ότι οι θερμοκρασίες υψηλότερες από 95°F θα αυξήσουν τον κίνδυνο συστροφής των σιδηροτροχιών και ότι τα κυλινδρικά μπορεί να κρεμάσουν ή να παρουσιάσουν αστοχίες της τροχαλίας κατά τη διάρκεια υπερβολικής ζέστης. Η μελέτη της Συνεργασίας ανέπτυξε μια σειρά πινάκων για τον εντοπισμό πιθανών στρατηγικών προσαρμογής που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στις φάσεις σχεδιασμού, σχεδιασμού και λειτουργίας της λήψης αποφάσεων σχετικά με τις μεταφορές. Οι πίνακες υποδεικνύουν επίσης εάν οι επιπτώσεις αναμένεται να συμβαίνουν περισσότερο ή λιγότερο συχνά ελλείψει προσαρμογής.</p>
<p>NYS DOT</p>	<p>Η ομάδα του NYS DOT αξιολόγησε την ευπάθεια του συστήματος μεταφορών στις αλλαγές των βροχοπτώσεων στην αγροτική λεκάνη της λίμνης Champlain. Η ομάδα ανέπτυξε μια προσέγγιση αποτίμησης οφελών για να βοηθήσει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να δώσουν προτεραιότητα στις υποδομές και να αξιολογήσουν πότε πρέπει να αναλάβουν αντικαταστάσεις οχητών λαμβάνοντας υπόψη κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Αξιολόγησαν την τρωτότητα, την κρισιμότητα και τον κίνδυνο και ανέπτυξαν μια μέθοδο για την εφαρμογή ενός πολλαπλασιαστή περιβαλλοντικών οφελών σε κάθε οχητό.</p>	<p>Η προσέγγιση λαμβάνει υπόψη ποιοτικούς και ποσοτικούς παράγοντες και παρέχει ένα μενού με πιθανά οφέλη που οι χρήστες μπορούν να προσαρμόσουν σε διαφορετικές γεωγραφίες και διαθεσιμότητα δεδομένων. Συνολικά, τα αποτελέσματα του πιλοτικού έργου έδειξαν ότι μια ισχυρή στρατηγική διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων θα επικεντρώσει τα κεφάλαια στη σωστή θεραπεία την κατάλληλη στιγμή στο σωστό μέρος. Η στρατηγική λαμβάνει υπόψη την κατάσταση των περιουσιακών στοιχείων, τη θέση και το πλαίσιο του έργου στο σύστημα μεταφορών και την τοπική γεωγραφία, τον κίνδυνο για τα περιουσιακά στοιχεία και τη λειτουργία του οδοστρώματος.</p>
<p>Oahu MPO</p>	<p>Το Oahu MPO διευκόλυνε ένα εργαστήριο για τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των μέσων μεταφοράς που μπορεί να είναι ευάλωτα στις κλιματικές επιπτώσεις. Η μελέτη επικεντρώθηκε σε πέντε τοποθεσίες υψηλής προτεραιότητας με υφιστάμενη ευπάθεια σε ακραίες καιρικές συνθήκες και κλιματική μεταβλητότητα. Το Oahu MPO ανέπτυξε μια εξαιρετικά αποτελεσματική προσέγγιση «διαλογής» που θα μπορούσε να αναπαραχθεί τόσο στο κράτος όσο και στα νησιωτικά έθνη του Ειρηνικού. Πριν από το εργαστήριο, το Oahu MPO συμβουλευτήκε τους κλιματικούς επιστήμονες για να αναπτύξει μια βασική κατανόηση των σημερινών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής που επηρεάζουν τα νησιά. Αυτές οι συζητήσεις προσδιόρισαν τις βασικές κλιματικές επιπτώσεις που προκαλούν ανησυχία. Το Oahu MPO συμβουλευτήκε επίσης επικεφαλής σχεδιαστές και μηχανικούς για να συγκεντρώσει γνώσεις για τους αυτοκινητόδρομους, τα λιμάνια και τα αεροδρόμια του Oahu.</p>	<p>Η μελέτη προσδιόρισε το λιμάνι της Χονολουλού, το Διεθνές Αεροδρόμιο της Χονολουλού και την εθνική οδό Farrington στην ακτή Waianae ως τις τρεις ομάδες μεταφορών με τον υψηλότερο ολοκληρωμένο κίνδυνο λόγω της κλιματικής αλλαγής. Συνολικά, η ομάδα του έργου διαπίστωσε ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες και οι αυξημένες ταχύτητες ανέμου δεν θα αποτελέσουν μεγάλο κίνδυνο για τα μέσα μεταφοράς. Οι κλιματικές επιπτώσεις που προκαλούν μεγαλύτερη ανησυχία είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, το κύμα καταιγίδων και οι έντονες βροχοπτώσεις.</p>

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

<p>ODOT</p>	<p>Η ομάδα ODOT προσέλαβε προσωπικό συντήρησης και τεχνικού και χρησιμοποίησε δεδομένα περιουσιακών στοιχείων για να αξιολογήσει την τρωτότητα της υποδομής των αυτοκινητοδρόμων σε δύο παράκτιες κομητείες σε ακραία καιρικά φαινόμενα και υψηλότερα επίπεδα της θάλασσας. Με βάση τα αποτελέσματα της αξιολόγησης τρωτότητας, ο πιλότος διεξήγαγε περαιτέρω ανάλυση συγκεκριμένων τοποθεσιών προσαρμογής, επιλογών και οφελών και κόστους για πέντε περιοχές προτεραιότητας κινδύνου καταιγίδων και κατολισθήσεων. Οι επιλογές που αναλύθηκαν κυμαίνονταν από σενάρια "να μην κάνεις τίποτα" έως επιλογές για αυξημένες λειτουργίες και συντήρηση και επιλογές με σημαντικές απαιτήσεις κατασκευής και μηχανικής.</p>	<p>Σχεδόν όλες οι καθορισμένες «Διαδρομές Γραμμής Ζωής» στην περιοχή μελέτης, οι οποίες είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και την οικονομική συνδεσιμότητα, βρέθηκε ότι είναι ευάλωτες στις προβλεπόμενες κλιματικές επιπτώσεις. Η ODOT ανέπτυξε μια λίστα επιλογών προσαρμογής για εξαιρετικά ευάλωτους ιστότοπους. Ωστόσο, διαπίστωσαν ότι η εφαρμογή στρατηγικών προσαρμογής δεν θα ήταν οικονομικά αποδοτική στις δύο τοποθεσίες για τις οποίες πραγματοποίησαν αναλύσεις κόστους-οφέλους, λόγω της διαθεσιμότητας διαδρομών παράκαμψης και του χαμηλού όγκου κυκλοφορίας και άλλων παραγόντων. Αυτό υποδηλώνει ότι η προσαρμογή μπορεί να είναι πιο κατάλληλη σε επίπεδο διαδρόμου στο Όρεγκον. Η ODOT εντόπισε επίσης πολλούς παραλληλισμούς μεταξύ της εργασίας σχεδιασμού προσαρμογής και της εργασίας σχεδιασμού σεισμικής ανθεκτικότητας, και αναζητά τρόπους για να ενισχύσει αυτή τη συνεργασία.</p>
<p>South Florida</p>	<p>Η ομάδα της Νότιας Φλόριντα επικεντρώθηκε σε μια περιοχή τεσσάρων κομητειών για τη διεξαγωγή λεπτομερούς γεωχωρικής ανάλυσης για τον υπολογισμό των βαθμολογιών τρωτότητας για «περιφερειακά σημαντικές» οδικές και επιβατικές σιδηροδρομικές υποδομές. Η μελέτη πρότεινε επίσης τρόπους για τους συνεργαζόμενους οργανισμούς να ενσωματώσουν τα αποτελέσματα ευπάθειας στις συνήθεις διαδικασίες λήψης αποφάσεων.</p>	<p>Ένα βασικό αποτέλεσμα αυτής της μελέτης ήταν ένα ενοποιημένο και ποιοτικά ελεγχόμενο γεωχωρικό σύνολο δεδομένων της υποδομής μεταφορών, του υψομέτρου και των πλημμυρικών πεδιάδων της περιοχής. Η ομάδα έμαθε ότι η διαθεσιμότητα και η ποιότητα των δεδομένων ήταν κρίσιμες για την ανάλυση βάσει δεδομένων και εντόπισε διάφορες στρατηγικές για τη διευκόλυνση της συλλογής και συγκέντρωσης δεδομένων σε μελλοντικές προσπάθειες, συμπεριλαμβανομένης της ενθάρρυνσης της συλλογής σχετικών δεδομένων ως μέρος των συνήθων δραστηριοτήτων.</p>
<p>TDOT</p>	<p>Η ομάδα TDOT διεξήγαγε μια αξιολόγηση τρωτότητας ακραίων καιρικών συνθηκών της υποδομής μεταφορών σε όλη την Πολιτεία. Η ομάδα του έργου συνέταξε έναν κατάλογο των πιο κρίσιμων μεταφορικών υποδομών και χρησιμοποίησε ιστορικά και προβλεπόμενα δεδομένα για το κλίμα και τον καιρό, καθώς και τα σχόλια των ενδιαφερομένων για να αναπτύξει ταξινομήσεις σχετικά με την ευπάθεια των κρίσιμων μέσων μεταφοράς σε προβλεπόμενες αλλαγές θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων και άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα.</p>	<p>Η ομάδα διαπίστωσε ότι οι κλιματικές επιπτώσεις ποικίλλουν πολύ σε κάθε πολιτεία, με διαφορετικά γεγονότα να δημιουργούν υψηλά επίπεδα ευπάθειας στο δυτικό, το μέσο και το ανατολικό Τενεσί. Το TDOT σκοπεύει να επιλέξει 15-20 από τα πιο ευάλωτα στοιχεία που προσδιορίζονται από τη μελέτη για πιο λεπτομερή ανάλυση και να ξεκινήσει διάλογο σχετικά με τον τρόπο ενσωμάτωσης των αποτελεσμάτων από τη μελέτη στις πολιτικές και τις διαδικασίες TDOT και MPO σε όλο το Τενεσί. Το TDOT σχεδιάζει επίσης να χρησιμοποιήσει την αξιολόγηση τρωτότητας για την ανάπτυξη ενός σχεδίου διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων μεταφοράς βάσει κινδύνου.</p>

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

<p>Virginia DOT - Hampton Roads</p>	<p>Το Hampton Roads, στη Βιρτζίνια, είναι μια χαμηλή, παράκτια μητροπολιτική περιοχή που χρησιμεύει ως χώρος για πολλές στρατιωτικές εγκαταστάσεις, συμπεριλαμβανομένης της μεγαλύτερης ναυτικής βάσης στην ανατολική ακτή. Αυτή η πιλοτική μελέτη χρησιμοποίησε ένα υπάρχον μοντέλο απόφασης για να αξιολογήσει πώς οι μεταφορικές προτεραιότητες της περιοχής ενδέχεται να επηρεαστούν από ποικίλα σενάρια κλιματικής αλλαγής, οικονομικά, ρυθμιστικά, ταξιδιωτικής ζήτησης, φθοράς, περιβάλλοντος και τεχνολογίας.</p>	<p>Ο πιλότος διαπίστωσε ότι το σενάριο με τη μεγαλύτερη επιρροή για τον καθορισμό προτεραιοτήτων ήταν ένας συνδυασμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας και ανόδου της καταιγίδας με αυξημένη ζήτηση κυκλοφορίας (βλ. Εικόνα 3). Αυτό το σενάριο διέκοψε σημαντικά τις υπάρχουσες προτεραιότητες για έργα, περιουσιακά στοιχεία, ΤΑΖ και πολιτικές. Είναι ενδιαφέρον ότι η ιεράρχηση των προγραμματισμένων έργων ήταν πιο ευαίσθητη στο σενάριο μόνο για την κλιματική αλλαγή. Το μοντέλο απόφασης είναι διαθέσιμο ως εργαλείο βιβλίου εργασίας του Excel που καθοδηγεί τους χρήστες στη διαδικασία εντοπισμού περιουσιακών στοιχείων, επιλογής κριτηρίων, δημιουργίας βασικής περίπτωσης και ανάπτυξης σεναρίων κλίματος και κλίματος συν.</p>
<p>WSDOT</p>	<p>Η ομάδα WSDOT εξέτασε τις επιλογές προσαρμογής στη λεκάνη του ποταμού Skagit, μια περιοχή της Πολιτείας που προσδιορίστηκε ως εξαιρετικά ευάλωτη σε πλημμύρες κατά την αξιολόγηση της πιλοτικής μελέτης FHWA 2010-2011. Οι επιλογές προσαρμογής επικεντρώθηκαν σε 11 ευάλωτα οδικά τμήματα στην περιοχή μελέτης. Οι επιλογές περιελάμβαναν την ενεργή διαχείριση της κυκλοφορίας, τις διαδρομές παράκαμψης, τις δουλειές της πλημμύρας σε όλη τη λεκάνη και τις βελτιώσεις των οχρών.</p>	<p>Η ομάδα του WSDOT διερεύνησε χρησιμοποιώντας μια μελέτη πλημμύρας του Σώματος Μηχανικών Στρατού των ΗΠΑ που ήταν σε εξέλιξη στη λεκάνη του ποταμού Skagit για να κατανοήσει τα τρωτά σημεία, να εντοπίσει στρατηγικές προσαρμογής και να προωθήσει τη συνεργασία μεταξύ των υπηρεσιών. Η ομάδα διαπίστωσε ότι αυτή η ανάλυση βάσει μοντέλου επικύρωσε και συμπλήρωσε το προηγούμενο εργαστήριο και την ανάλυση που βασίστηκε σε συνεντεύξεις και ότι είναι κρίσιμο να κοινοποιηθούν οι προτεινόμενες ενέργειες μεταξύ των φορέων</p>
<p>Western Federal Lands Highway Division (WFLHD) and the Alaska DOT and Public Facilities (ADOT&PF)</p>	<p>Η ομάδα WFLHD/ADOT&PF αξιολόγησε τρία μοναδικά ζητήματα κλιματικής αλλαγής στην Πολιτεία της Αλάσκας. Στην Κιβαλίνα, ο πιλότος εξέτασε τον αντίκτυπο της απώλειας του θαλάσσιου πάγου, της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και του ανέμου στη διάβρωση της ακτογραμμής του παράκτιου διαδρόμου. Στο Igloo Creek και κατά μήκος της εθνικής οδού Dalton, ο πιλότος εξέτασε τις επιπτώσεις της αυξημένης θερμοκρασίας (με αποτέλεσμα το λιώσιμο του μόνιμου παγετού) και της αυξημένης βροχόπτωσης σε κατολισθήσεις και ρωγμές του οδοστρώματος.</p>	<p>Εκτός από την εξέταση πρωταρχικών μεταβλητών όπως η θερμοκρασία και η βροχόπτωση, η ομάδα WFLHD/ADOT&PF θεώρησε σημαντικό να ληφθούν υπόψη και δευτερεύουσες και τριτογενείς μεταβλητές, όπως η απόψυξη του μόνιμου παγετού και οι κατολισθήσεις, αντίστοιχα.</p>

Παράρτημα III

Klimatischer Einfluss bzw. dadurch veränderte Rahmen- bedingung	betroffener Verkehrsträger	Unterkategorie	aktuelle Gefährdung	Bewertung von Änderungen in der zukünftigen Gefährdung	
			Datengrundlage (z. T. unter Berücksich- tigung von Aspekten der Sensitivität)	klimatischer Einfluss	genutzte Kenngröße (basierend auf Projektionsdaten)
(Fluss-) Hochwasser	Straße, Schiene	Hochwasserabfluss	Überflutungsfläche HQ ₁₀₀ gemäß Hochwassergefah- renkarten der Bundes- länder	Niederschlag, verduns- tungssteuernde Größen (Temperatur, Strahlung, Wind)	Änderung der Jährlichkeit eines HQ ₁₀₀
	Wasserstraße	Hochwasserabfluss	Anzahl Tage über HSQ (basierend auf Beobach- tungsdaten)		Anzahl der Tage über HSW
	Wasserstraße, NOK	angespannte Entwässe- rungssituationen	Anzahl der Tage über kriti- schem Wasserstand NOK	Meeresspiegelanstieg, lo- kale Landsenkung, Hydro- logie des Einzugsgebietes (Zufluss)	Außenwasserstände, Ka- nalwasserstand, Zufluss bzw. Niederschlagsindizes
Sturm	Straße, Schiene	Sturmwurf	Vegetation (Laubwald, Nadelwald, Mischwald, Baumreihen)	Windböen	Windgeschwindigkeit des 98. Perzentils
Gravitative Massenbewegung	Straße, Schiene	gravitative Massenbe- wegungen (allgemein)	ingenieurgeologische Ge- fährdung	Starkregen	Anzahl der Tage mit einer Niederschlagshöhe von > 20 mm
				Frost-Tau-Wechsel	Anzahl der Tage mit Frost- Tau-Wechsel
				Niederschlag	Jahresniederschlag sowie mittlerer Winter- und Sommerniederschlag
Niedrigwasser	Wasserstraße	Niedrigwasserabfluss	Anzahl Tage unterhalb des GIQ (basierend auf Beob- achtungsdaten)	Niederschlag, verduns- tungssteuernde Größen (Temperatur, Strahlung, Wind)	Anzahl Tage unterhalb des GIQ

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

Klimatischer Einfluss bzw. dadurch veränderte Rahmen- bedingung	betroffener Verkehrsträger	Unterkategorie	aktuelle Gefährdung	Bewertung von Änderungen in der zukünftigen Gefährdung	
			Datengrundlage (z. T. unter Berücksich- tigung von Aspekten der Sensitivität)	klimatischer Einfluss	genutzte Kenngröße (basierend auf Projektionsdaten)
Wassergüte	Wasserstraße	Wassertemperatur	Anzahl Tage oberhalb 25 °C und 28 °C (basierend auf Gegenwartssimulati- onen)	Niedrigwasser, Lufttem- peratur	Anzahl Tage oberhalb 25°C und 28°C
Sturmflut	Schiene, Straße, Wasserstraße	Überflutung	Hochwassergefahrenkar- ten der Bundesländer	Meeresspiegelanstieg, lokale Landsenkung	Wasserstände (Scheitel- wasserstand), Dauer hoher Wasserstände
Tidedynamik	Wasserstraße	Sedimentdynamik, Wassertiefe	Baggermengen	Meeresspiegelanstieg, Niederschlag, verduns- tungssteuernde Größen (Temperatur, Strahlung, Wind)	Änderung der Strömungs- geschwindigkeiten

Παράρτημα IV

α/α	WMO	Θέση	Έτη
1	600	Ορεσιτιάδα	1975-1982
2	602	Σαμοθράκη	2009-
3	603	Ορμένιο	2008-
4	604	Πολύκαστρο	2008-
5	605	Άνδρος	2008-11
6	606	Σέρρες	1971-
7	607	Δράμα	1975-2009
8	608	Καβάλα (πόλη)	1987-2020
9	609	Ξάνθη	1975-2015
10	610	Κομοτινή	1955-83
11	611	Σουφλί	1973-2004
12	613	Φλώρινα	1961-
13	614	Καστοριά	1980-
14	616	Πτολεμαίδα	1975-97
15	618	Έδεσσα	1975-
16	619	Τρίκ. Ημαθίας	1980-2011
17	620	Σεδες	1955-72
18	622	Μακεδονία(Μικρα)	1959-
19	624	Χρυσούπολη	1984-
20	625	Καβάλα(Αμ/νας)	1956-84
21	626	Θάσος	1975-99
22	627	Αλεξανδρούπολη	1951-
23	628	Κόνιτσα	1975-
24	629	Σοφάδες	2008-
25	630	Γαύδος	2008-
26	632	Καζάνη	1955-
27	633	Τήνος	2008-
28	635	Κυλλήνη	2009-20
29	636	Κρανέα	2008-
30	637	Πολύγυρος	1979-92

α/α	WMO	Θέση	Έτη
49	659	Φάρσαλα	1975-92
50	660	Σκιάθος	1986-
51	661	Βόλος	1956-88
52	662	Σκόπελος	1956-2006
53	663	Αλόνησος	2009-
54	664	Σκόπελος (Αυτόμ.)	2009-
55	665	Αγχίαλος	1956-
56	666	Αράχωβα	1976-2020
57	667	Μυτιλήνη	1955-
58	669	Λευκάδα(νησί)	1975-97
59	670	Σικυώνα	1981-87
60	671	Βέλο(Κορ/θιας)	1987-2012
61	672	Αγρίνιο	1956-2014
62	673	Ναύπακτος	1977-2020
63	674	Αλίαρτος	1967-2001
64	675	Λαμία	1970-
65	676	Λευκάδα (Φθ/δας)	1974-90
66	677	Λιδωρίκι	1975-95
67	678	Καρπενήσι	1974-90
68	679	Ωρεοί	1979-
69	680	Μαραθώνας	1986-2003
70	681	Αιδηψός	1974-2001
71	682	Ανδραβίδα	1959-
72	683	Κύμη	1956-90
73	684	Σκύρος	1955-
74	685	Αργοστόλι	1970-
75	686	Μεσολόγγι (Αυτομ.)	2011-
76	687	Άραξος	1955-
77	688	Διαβολίτσι	1974-2020
78	689	Πάτρα	1955-2003

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

α/α	WMO	Θέση	Έτη
31	638	Ποτίδαια	1977-2009
32	639	Άγιος Ευστράτιος	2008-
33	640	Αυλιώτες	1975-91
34	641	Κέρκυρα	1955-
35	642	Ιωάννινα	1956-
36	643	Ακτιο(Πρέβεζα)	1971-
37	644	Καλαμπάκα	1962-2003
38	645	Τρικ. Θεσσαλίας	1973-2011
39	646	Σκοτίνα	1983-2003
40	647	Καρδίτσα	1988-91
41	648	Λάρισα	1955-
42	649	Τιθορέα	2011-
43	650	Λήμνος	1974-
44	651	Λήμνος (Μύρινα)	1956-73
45	654	Άρτα(Φιλοθέη)	1976-2014
46	655	Άστρος	1974-
47	656	Άρτα (πόλη)	1961-95
48	657	Δομοκός	1975-2002
α/α	WMO	Θέση	Έτη
97	710	Τρίπολη	1957-
98	711	Στεφάνιο	1975-2004
99	712	Κόρινθος	1970-84
100	713	Ναύπλιο	1975-88
101	714	Ασπερ/πέιο	1976-91
102	715	Τατόι	1956-
103	716	Ελληνικό	1955-
104	717	Πειραιάς	1956-2010
105	718	Ελευσίνα	1958-
106	719	Ζάκυνθος	1982-
107	720	Ικαρία(πόλη)	1980-95
108	721	Σάμος (πόλη)	1955-78
109	723	Σάμος	1978-
110	724	Άργος(Πυργέλα)	1980-
111	725	Σπάρτη	1974-2014

α/α	WMO	Θέση	Έτη
79	690	Πλάτανος(Ναυπ/ιας)	1981-84
80	692	Αίγιο	1974-2016
81	693	Δεσφίνα	1961-
82	694	Καλάβρυτα	1975-99
83	695	Φύχτια	1975-86
84	697	Χαλκίδα	1974-94
85	698	Παιανία	1974-83
86	699	Τανάγρα	1957-
87	700	Ανάβρυτα	1975-86
88	701	Ν. Φιλαδέλφεια	1955-2010
89	702	Αθήνα(πόλη)	1956-82
90	703	Κάρυστος	1988-
91	704	Χίος (πόλη)	1955-73
92	705	Ζάκυνθος (πόλη)	1956-82
93	706	Χίος	1973-
94	707	Πύργος	1975-2012
95	708	Μέγαρα	1975-90
96	709	Βυτίνα	1974-78
α/α	WMO	Θέση	Έτη
145	760	Καστέλλι	1976-
146	761	Ζαρός	1976-2005
147	762	Βούλα	2002-09
148	763	Τζερμιάδες	1975-94
149	765	Κάρπαθος(Α/Δ)	1995-
150	766	Πάρος (Α/Δ)	1987-
151	767	Καστελόριζο	1986-
152	768	Λέρος	1986-
153	769	Παλαιόχωρα (Αυτ.)	2008-
154	770	Κάσος (Α/Δ)	1990-
155	774	Σύρος(Α/Δ)	1991-
156	775	Λαύριο	2002-
157	778	Άλιμος	2002-07
158	779	Ικαρία(Α/Δ)	1995-
159	780	Μαρκόπουλο Ιππ.	2002-

Κλιματική αλλαγή και οδικό δίκτυο – Η επίδραση του ανέμου στις πινακίδες σήμανσης

α/α	WMO	Θέση	Έτη
112	726	Καλαμάτα	1956-
113	727	Λεωνίδιο	1981-
114	729	Σπέτσες	1974-2020
115	730	Σύρος(πόλη)	1970-96
116	731	Πάρος(πόλη)	1975-95
117	732	Νάξος	1955-
118	733	Τύρινθα	1975-91
119	734	Μεθώνη	1956-
120	735	Ραφήνα	1972-83
121	736	Αίγινα	1974-2019
122	737	Γύθειο	1979-2004
123	738	Μήλος	1955-
124	739	Αστυπάλαια	1977-
125	740	Κως (πόλη)	1961-81
126	741	Σπάτα(Βενιζελος)	1974-
127	742	Κως	1981-
128	743	Κύθηρα	1956-
129	744	Θήρα	1974-
130	745	Βάμος	1975-97
131	746	Σούδα	1958-
132	747	Χανιά	1961-2004
133	748	Κάρπαθος(πόλη)	1971-95
134	749	Ρόδος	1955-
135	750	Μύκονος	1989-
136	751	Παλαιόχωρα	1974-2002
137	752	Ανώγεια	1975-2004
138	753	Γόρτυς	1975-2005
139	754	Ηράκλειο	1955-
140	755	Φουρνή	1974-2004
141	756	Ιεράπετρα	1955-2010
142	757	Σητεία	1960-
143	758	Ρέθυμνο	1957-2008
144	759	Τυμπάκι	1959-

α/α	WMO	Θέση	Έτη
160	781	Μαρκόπουλο Σκ.	2002-08
161	782	Αίγινα (Αυτόματος)	2002-
162	783	Γουδί	2002-14
163	784	Δαφνί	2002-09
164	785	Εθνικό Κολ/τήριο	2002-
165	787	Άγιος Κοσμάς	2002-15
166	788	Ίλιον	2002-07
167	789	Κοτρώνι	2002-
168	791	Νέα Φιλ/φεια(Αυτ.)	2002-
169	792	ΟΑΚΑ	2002-
170	793	Ραφήνα (Αυτόμ.)	2002-
171	794	Δεκέλεια	2002-08
172	795	Ψυτάλλεια	2002-
173	796	Θάσος (Αυτόμ.)	2010-
174	797	Σχινιάς	2002-
175	798	Φλεβοπούλα	2002-14
176	831	Κύθνος	2011-
177	832	Νάξος (Α/Δ)	1992-
178	833	Κάλυμνος (Α/Δ)	2006-
179	834	Αντίρριο	2011-
180	835	Πάχη Μεγάρ.(Α/Δ)	2005-
181	836	Στροφάδες	2012-
182	837	Οθωνοί	2011-
183	838	Μήλος(Α/Δ)	1987-
184	839	Καβάλα (ΤΕΙ)	2010-14, 2019-
185	840	Δοξάτο	2010-
186	843	Κύθηρα(Α/Δ)	1986-
187	850	Κύμη (Αυτόματος)	2008-
188	851	Σουφλί (Αυτόματ.)	2008-
189	852	Αντικύθηρα	2009-
190	853	Ψαρά	2009-
191	854	Ξάνθη (Αυτόματος)	2008-
192	855	Μεσολόγγι	1982-

