

ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΠΟΥ ΥΠΟΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΠΡΟΣ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ ΕΣΠΑ 2021 - 2027

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΔΙΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας & Οικονομικών
Γενική Γραμματεία Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ
Εθνική Αρχή Συντονισμού
Γενική Διεύθυνση Θεσμικής και Επιχειρησιακής Υποστήριξης ΕΣΠΑ
Ειδική Υπηρεσία Θεσμικής Υποστήριξης & Πληροφοριακών Συστημάτων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν έγγραφο είναι συνοδευτικό του «Προσωρινού πλαισίου αξιολόγησης της κλιματικής ανθεκτικότητας έργων που υποβάλλονται προς χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ 2021-2027» και αφορά σε παραδείγματα εφαρμογής της υποβολής έκθεσης τεκμηρίωσης της κλιματικής ανθεκτικότητας, σύμφωνα με το πλαίσιο που αναφέρθηκε, για Έργα οδικών μεταφορών. Περιλαμβάνει τα κεφάλαια που αναφέρονται στο έγγραφο «Περιεχόμενα έκθεσης τεκμηρίωσης», του προαναφερθέντος πλαισίου, δηλαδή την εισαγωγή, το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και τη βιβλιογραφία. Κάθε κεφάλαιο βασίζεται στη μεθοδολογία του «Πλαισίου αξιολόγησης» και έχει αναπτυχθεί με την εφαρμογή ποικίλων και αντιπροσωπευτικών παραδειγμάτων οδικών μεταφορών. Πρέπει να τονιστεί ότι τα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται είναι **ενδεικτικά**, και συνεπώς οι παράμετροι και τα χαρακτηριστικά των παραδειγμάτων του εγγράφου δε δύναται να θεωρηθούν ως πρότυπα δεδομένα υπολογισμών από τους Δικαιούχους και να αναπαραχθούν επακριβώς στο προτεινόμενο έργο τους, καθώς κάθε έργο υποδομής πρέπει να μελετάται ξεχωριστά ως προς το σύνολο των μεταβλητών που το επηρεάζουν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Οργάνωση του παρόντος εγγράφου	3
1. Εισαγωγή	4
1.1 Περιγραφή του προτεινόμενου Έργου	4
1.2 Χωροθέτηση του Έργου	6
1.3 Περιληπτική απόδοση του τρόπου αντιμετώπισης των ζητημάτων κλιματικής αλλαγής	7
2. Μετριασμός της κλιματικής αλλαγής	10
2.1 Προέλεγχος.....	10
2.2 Λεπτομερής ανάλυση.....	10
2.2.1 Ανθρακικό αποτύπωμα του Έργου	10
2.2.2 Σχετικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου του Έργου	25
2.2.3 Οικονομική αποτίμηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.....	26
2.2.4 Συμβατότητα με το στόχο της κλιματικής ουδετερότητας	27
3. Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.....	29
3.1 Προέλεγχος.....	29
3.2 Λεπτομερής ανάλυση.....	38
3.2.1 Ανάλυση διακινδύνευσης	38
3.2.2 Μέτρα για την ενίσχυση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.....	42
3.2.3 Πρόγραμμα παρακολούθησης.....	44
3.2.4 Συνέπεια με στρατηγικές και σχέδια προσαρμογής.....	46
4. Βιβλιογραφία.....	49

Οργάνωση του παρόντος εγγράφου

Στο παρόν έγγραφο αναπτύσσονται παραδείγματα Έργων οδικών μεταφορών.

Τα κεφάλαια του παρόντος ακολουθούν την απαιτούμενη διάρθρωση των κεφαλαίων των εκθέσεων κλιματικής ανθεκτικότητας και περιλαμβάνουν επεξηγηματικά κείμενα (σε καφέ πλαίσιο) και παραδείγματα εφαρμογής (σε μπλε πλαίσιο). Τα παραδείγματα πρέπει να εκλαμβάνονται ως ενδεικτικά και μόνο. Οι εκθέσεις κλιματικής ανθεκτικότητας πρέπει να αντανακλούν τις ιδιαιτερότητες του κάθε έργου.

Το παρόν έγγραφο περιλαμβάνει τις ακόλουθες περιπτώσεις οδικών έργων:

Παράδειγμα	Περιγραφή	Μετριασμός Κλιματικής Αλλαγής	Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή
A	Αυτοκινητόδρομος	✓	—
B	Επαρχιακή οδός	✓	—
Γ	Περιφερειακή Οδός	✓	✓

Σημείωση: Τα παραδείγματα είναι αποκλειστικά ενδεικτικά. Βέβαια, τα αριθμητικά δεδομένα στηρίζονται σε ρεαλιστικές καταστάσεις. Ωστόσο, κάθε περίπτωση είναι διαφορετική και ακόμη και για το ίδιο είδος οδικού έργου, οι εκπομπές η ευαισθησία, η έκθεση στην κλιματική αλλαγή και τα μέτρα προσαρμογής μπορεί να είναι διαφορετικά ανάλογα με το μέγεθος και τη χωροθέτηση του Έργου. Ο υπεύθυνος εκπόνησης της μελέτης θα πρέπει να λάβει υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε οδικού έργου. Σημειώνεται επίσης, ότι σε κάθε περίπτωση οι μελέτες πρέπει να περιλαμβάνουν τουλάχιστο προέλεγχο τόσο για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής όσο και για την προσαρμογή σε αυτή. Στο παρόν έγγραφο τα παραδείγματα δεν αναπτύσσονται πλήρως και κάθε παράδειγμα αφορά ένα συγκεκριμένο τμήμα εφαρμογής του γενικού πλαισίου (μετριασμός ή προσαρμογή).

1. Εισαγωγή

1.1 Περιγραφή του προτεινόμενου Έργου

Επεξηγηματικό Κείμενο 1: Απαραίτητα σημεία περιγραφής

Το προτεινόμενο Έργο αφορά σε υποδομές οδικών μεταφορών, όπως αστικές, υποδομές του εθνικού, περιφερειακού και τοπικού δικτύου. Πρέπει να δίνονται στην περιγραφή του Έργου τα εξής:

- Μέγεθος (μήκος και πλάτος του δρόμου)
- Ακριβής χωροθέτηση. Τα οδικά έργα είναι γραμμικά από τη φύση τους. Θα πρέπει να δίνονται οι συντεταγμένες του έργου όπως προκύπτουν από τη σχετική μελέτη
- Εκτιμώμενος κυκλοφοριακός φόρτος¹ συνολικά και για κάθε είδος οχημάτων που κυκλοφορούν, με έμφαση στον κυκλοφοριακό φόρτο σε ώρες αιχμής
- Υποστηρικτικές υποδομές στο Έργο όπως για παράδειγμα φωτισμός, φωτεινή (ψηφιακή) σήμανση, φωτισμός και εξαερισμός σηράγγων, δίκτυο πυρόσβεσης, σταθμοί διοδίων, κτλ. Στην περίπτωση αυτή δίνεται συνολική ή και επιμέρους κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Παράδειγμα Α: Αυτοκινητόδρομος

Το έργο αφορά στην αναβάθμιση υφιστάμενου τμήματος αυτοκινητόδρομου συνολικού μήκους 280 km με δύο λωρίδες και βοηθητική λωρίδα ΛΕΑ ανά κατεύθυνση.

Η χωροθέτηση του τμήματος του αυτοκινητόδρομου που θα αναβαθμιστεί δίνεται σε χάρτες που επισυνάπτονται. Οι χάρτες περιλαμβάνουν τις συντεταγμένες του γραμμικού οδικού έργου και την περιοχή εκατέρωθεν αυτού. Σε τόσο μεγάλα γραμμικά έργα, η χωροθέτησή τους περιλαμβάνει τη διέλευση από διαφορετικές περιοχές με διάφορες χρήσεις γης. Έτσι, το συγκεκριμένο οδικό έργο διέρχεται από δασικές εκτάσεις σε ημιορεινές περιοχές από πεδινές εκτάσεις και από ημιαστικές περιοχές. Σε όλο το μήκος του διασχίζει περισσότερους από δέκα ποταμούς, χειμάρρους και ρέματα.

Ο κυκλοφοριακός φόρτος προκύπτει από στοιχεία που τηρούνται σε σταθμούς διοδίων του υφιστάμενου αυτοκινητόδρομου. Ο μέσος ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος δίνεται για τέσσερις κατηγορίες οχημάτων και θεωρείται ότι θα παραμείνει σταθερός στο άμεσο μέλλον όσο αφορά στο πλήθος των διερχόμενων οχημάτων.

Πίνακας: Μέση ημερήσια κυκλοφορία ανά κατηγορία οχήματος

Κατηγορία οχήματος	Διελύσεις (μέσος όρος/ημέρα)
Κατηγορία 1 (Δίκυκλα, τρίκυκλα)	48

¹ είναι ο συνολικός αριθμός οχημάτων που περνούν από τη διατομή μιας λωρίδας ή οδού κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος (συνήθως οχήματα ανά ώρα)

Κατηγορία 2 (Ελαφρά επιβατικά οχήματα)	7.291
Κατηγορία 3 (φορτηγά οχήματα με λιγότερους από 4 άξονες)	795
Κατηγορία 4 (φορτηγά οχήματα με 4 ή περισσότερους άξονες)	1.562

Τα δεδομένα αφορούν στο προηγούμενο ημερολογιακό έτος λειτουργίας και θεωρούνται αντιπροσωπευτικά του ημερήσιου κυκλοφοριακού φόρτου, αντιστοιχούν δηλαδή σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας².

Το προηγούμενο ημερολογιακό έτος, η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες του υφιστάμενου αυτοκινητόδρομου ανήλθε σε 18,41 GWh. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από τον ηλεκτροφωτισμό, την σήμανση, τους σταθμούς διοδίων και τα κτίρια διοίκησης, τον αερισμό των σηράγγων και τα αντλιοστάσια πυρόσβεσης. Εκτιμάται ότι η κατανάλωση ενέργειας δεν θα αλλάξει μετά την αναβάθμιση.

Παράδειγμα Β: Επαρχιακή Οδός

Το έργο αφορά στην κατασκευή επαρχιακής οδού η οποία θα ξεκινά από υφιστάμενο κόμβο στην είσοδο κωμόπολης, θα διέρχεται περιφερειακά αυτής και θα ενώνεται με άλλη υπάρχουσα επαρχιακή οδό μετά την κωμόπολη. Το συνολικό μήκος του έργου είναι δύο χιλιόμετρα και διαθέτει μια λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Η περιοχή χωροθέτησης του Έργου είναι ορεινή με υψόμετρο 800 μ. περίπου.

Η χωροθέτηση της επαρχιακής οδού δίνεται σε χάρτες που επισυνάπτονται. Οι χάρτες περιλαμβάνουν τις συντεταγμένες του γραμμικού οδικού έργου και την περιοχή εκατέρωθεν αυτού.

Η οδός δεν διαθέτει Η/Μ εξοπλισμό. Ο οδικός φωτισμός κοντά στην είσοδο των δύο κωμοπόλεων δεν ανήκει στα λειτουργικά όρια του δρόμου, αλλά στο Δήμο.

Ο κυκλοφοριακός φόρτος εκτιμάται συνοπτικά μόνο με βάση το πληθυσμό. Συγκεκριμένα, εκτιμάται σε 100 οχήματα ανά ώρα τις ώρες αιχμής και 20 οχήματα ανά ώρα τις υπόλοιπες ώρες. Οι ώρες αιχμής αναμένεται να είναι 8 ώρες την ημέρα. Το 30% των οχημάτων που κυκλοφορούν είναι βαρέως τύπου.

Παράδειγμα Γ: Περιφερειακή Οδός

Το έργο αφορά στην κατασκευή Περιφερειακής οδού που θα παρακάμπτει τρεις πόλεις του ίδιου γεωγραφικού διαμερίσματος. Το οδικό έργο περιλαμβάνει την αναβάθμιση υφιστάμενου οδικού δικτύου και σε κάποια τμήματα νέα χάραξη. Η Περιφερειακή Οδός θα έχει δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και συνολικό μήκος 42 km.

² Ως τυπικό έτος λειτουργίας εννοείται ένα πλήρες ημερολογιακό έτος κατά το οποίο το Έργο λειτουργεί πλήρως και δεν περιλαμβάνει εκπομπές που σχετίζονται με την κατασκευή ή τον παροπλισμό του

Η χωροθέτηση της επαρχιακής οδού δίνεται σε χάρτες που επισυνάπτονται. Οι χάρτες περιλαμβάνουν τις συντεταγμένες του γραμμικού οδικού έργου και την περιοχή εκατέρωθεν αυτού.

Το έργο χωροθετείται στην ηπειρωτική χώρα. Ένα τμήμα της οδού διέρχεται από παραθαλάσσιες περιοχές. Ένα άλλο τμήμα της οδού διέρχεται από δασική έκταση. Επίσης, τμήμα της οδού διασχίζει ορεινή περιοχή σε υψόμετρο 800 m. Στην περιοχή αυτή υπάρχει κίνδυνος κατολισθήσεων βράχων. Επιπλέον, η Περιφερειακή Οδός περιλαμβάνει μια γέφυρα για τη διάσχιση χειμάρρου.

Η Περιφερειακή Οδός θα διαθέτει φωτισμό και υποστηρικτικό Η/Μ εξοπλισμό. Οι ανάγκες του έργου σε ηλεκτρική ενέργεια εκτιμώνται σε 2,8 GWh ανά τυπικό έτος λειτουργίας.

Με βάση μελέτη για την πρόβλεψη των κυκλοφοριακών φόρτων του Έργου προέκυψε ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας: Κυκλοφοριακοί φόρτοι ανά περιφερειακό τμήμα πόλεων

Πόλη	Μέσος ημερήσιος φόρτος (οχήματα/ημέρα)	Απόσταση (km)
A	8.305	7,71
B	10.384	6,99
Γ (βόρεια)	23.968	12,26
Γ (νότια)	32.656	15,04

Το ποσοστό των βαρέων οχημάτων είναι 7% του συνολικού φόρτου.

1.2 Χωροθέτηση του Έργου

Πρέπει να ορίζεται με σαφήνεια η χωροθέτηση του Έργου. Τα οδικά έργα είναι γραμμικά και ενδέχεται να πλαισιώνονται από βοηθητικές εγκαταστάσεις όπως κτίρια διοίκησης, ΣΕΑ, σταθμούς διοδίων, κλπ., Προτείνεται να δίνεται αναλυτικός χάρτης που θα απεικονίζει το σύνολο του οδικού Έργου και θα περιλαμβάνει τις συντεταγμένες των σημείων του σε μορφή ΕΓΣΑ 87 ή/και WSG 1984. Οι πληροφορίες αυτές είναι απαραίτητες για την ανάλυση έκθεσης που απαιτείται κατά τον προέλεγχο της προσαρμογής του Έργου στην κλιματική αλλαγή.

Η περιγραφή και η χωροθέτηση του Έργου προτείνεται να περιλαμβάνει περιγραφή των γεωγραφικών χαρακτηριστικών, των χρήσεων γης και των δραστηριοτήτων που αλληλεπιδρούν με το έργο όσο αφορά στην κλιματική ανθεκτικότητα. Για παράδειγμα, δύναται να γίνεται αναφορά στη διάσχιση δασικών περιοχών, υδάτινων σωμάτων, περιοχών με μεγάλη κλίση, περιοχών με ανθρωπογενείς δραστηριότητες, κλπ.

Παράδειγμα Β: Χωροθέτηση Επαρχιακής Οδού

Θεωρείται οδικό έργο κατασκευής νέας επαρχιακής οδού, η οποία θα ξεκινά από υφιστάμενο κόμβο στην είσοδο κωμόπολης, θα διέρχεται περιφερειακά αυτής και θα ενώνεται με άλλη υπάρχουσα επαρχιακή οδό μετά την κωμόπολη. Το συνολικό μήκος του έργου είναι δύο χιλιόμετρα. Η περιοχή χωροθέτησης του Έργου είναι ορεινή με υψόμετρο 800 μ. περίπου.

- Η συγκεκριμένη οδός διέρχεται κατά ένα τμήμα της από δασική έκταση. Επομένως, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, υπάρχει ο κίνδυνος της δασικής πυρκαγιάς.
- Τους χειμερινούς μήνες τα φαινόμενα χιονόπτωσης και ανεμοθύελλας στην περιοχή είναι έντονα. Έτσι, υπάρχει ο κίνδυνος ισχυρού υετού, πλημμυρών και ισχυρού παγετού της οδού.
- Λόγω των συχνών βροχοπτώσεων στην περιοχή, έχουν παρατηρηθεί περιστατικά κατολίσθησης βράχων και καθίζησης του εδάφους.

1.3 Περιληπτική απόδοση του τρόπου αντιμετώπισης των ζητημάτων κλιματικής αλλαγής

Αυτή η παράγραφος έχει σκοπό να λειτουργήσει ως περίληψη όσων αναλυτικά αναφέρονται στα κεφάλαια 2 (μετριάσμος) και 3 (προσαρμογή) της έκθεσης τεκμηρίωσης. Στην περίληψη αυτή πρέπει να περιλαμβάνονται μόνο τα βασικά συμπεράσματα που αφορούν στην τεκμηρίωση της κλιματικής ανθεκτικότητας.

Παράδειγμα Γ: Περίληψη έκθεσης ενίσχυσης κλιματικής ανθεκτικότητας Περιφερειακής Οδού

Μετριάσμος της κλιματικής αλλαγής

Το προτεινόμενο Έργο αφορά σε υποδομή οδικών μεταφορών που περιλαμβάνεται στον κατάλογο προελέγχου και συνεπώς υπολογίζεται το ανθρακικό αποτύπωμα με λεπτομερή ανάλυση. Για το παράδειγμα της Περιφερειακής Οδού, οι εκπομπές πεδίου 1 είναι μηδενικές, οι εκπομπές πεδίου 2 είναι 1.226 tnCO₂eq και οι εκπομπές πεδίου 3 είναι 53.340 tnCO₂eq. Συνεπώς, οι συνολικές εκπομπές είναι 54.566 tnCO₂eq. Οι βασικές εκπομπές προέρχονται από τη σημερινή κυκλοφορία των οχημάτων που καλύπτουν με διαφορετικές διαδρομές την ίδια μετακίνηση προέλευσης-προορισμού, ωστόσο ο υπολογισμός τους είναι δύσκολος. Στην οικονομική αποτίμηση του Έργου του παραδείγματος θεωρείται ότι οι έμμεσες εκπομπές πεδίου 2 και 3 μειώνονται σταδιακά χρόνο με το χρόνο. Οι έμμεσες εκπομπές από την κατανάλωση ηλεκτρισμού μειώνονται λόγω της αλλαγής του εθνικού μείγματος καυσίμων. Οι έμμεσες εκπομπές πεδίου 3 αφορούν στις εκπομπές των χρηστών του δρόμου και εκτιμάται ότι θα μειώνονται λόγω σταδιακού εξηλεκτρισμού του στόλου των οχημάτων. Εκτιμάται ότι το κόστος άνθρακα θα είναι 1.000.000 EUR περίπου το 2050 και έπειτα θα μηδενιστεί λόγω εφαρμογής του

νομικού πλαισίου που επιβάλλει κλιματική ουδετερότητα.

Εκτιμάται ότι το έργο είναι συμβατό με το στόχο της κλιματικής ουδετερότητας.

Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

Κατά τον προέλεγχο, το προτεινόμενο Έργο αναλύεται ως προς την ευαισθησία, την έκθεση και την τρωτότητα στην κλιματική αλλαγή. Από την ανάλυση τρωτότητας προκύπτει ότι οι σημαντικές πηγές κινδύνου που επηρεάζουν το Έργο είναι:

- Καύσωνας (μέτρια τρωτότητα)
- Κύμα ψύχους και Παγετός (υψηλή τρωτότητα)
- Δασική πυρκαγιά (μέτρια τρωτότητα)
- Ισχυρός υετός (υψηλή τρωτότητα)
- Πλημμύρα (υψηλή τρωτότητα)
- Κατολίσθηση (υψηλή τρωτότητα)
- Καθίζηση (υψηλή τρωτότητα)
- Θερμική καταπόνηση (μέτρια τρωτότητα)
- Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας (μέτρια τρωτότητα)
- Άνοδος της στάθμης της θάλασσας (μέτρια τρωτότητα)
- Διάβρωση των ακτών (μέτρια τρωτότητα)

Από την ανάλυση διακινδύνευσης που διενεργήθηκε για αυτές τις πηγές κινδύνου, ο ισχυρός υετός θεωρείται πολύ σημαντικός εγγενής κίνδυνος. Το κύμα ψύχους και ο παγετός θεωρούνται σημαντικοί κίνδυνοι. Η δασική πυρκαγιά, η πλημμύρα, η κατολίσθηση, η καθίζηση, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η διάβρωση των ακτών θεωρούνται μέτριοι κίνδυνοι.

Αποφασίστηκε να ληφθούν μια σειρά μέτρων προσαρμογής για τη μείωση του συνολικού εγγενούς κινδύνου. Τα βασικά μέτρα συνοπτικά περιλαμβάνουν:

- Κατάλληλο σχεδιασμό των δικτύων αποστράγγισης για την αντιμετώπιση του ισχυρού υετού
- Κατασκευή του οδοστρώματος με κατάλληλα υλικά που έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε ακραίες καταστάσεις ψύχους, παγετού και καύσωνα
- Κατάλληλα χάραξη για να αποφευχθούν περιοχές επιρρεπείς σε κατολισθήσεις και καθιζήσεις, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της σχετικής γεωλογικής μελέτης που διενεργήθηκε
- Ικανά έργα αντιστήριξης για την προστασία του δρόμου από φαινόμενα κατολίσθησης και καθιζήσης

Επιπλέον, αποφασίστηκε η υιοθέτηση συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης καθώς και διαχείρισης κινδύνου. Στο πλαίσιο εφαρμογής των συστημάτων αυτών θα πραγματοποιείται παρακολούθηση των μετεωρολογικών παραμέτρων που σχετίζονται με την εμφάνιση των κλιματικών κινδύνων καθώς και παρακολούθηση γεωλογικών

παραμέτρων της περιοχής για την πρόβλεψη πιθανών φαινομένων κατολίσθησης και καθίζησης.

2. Μετρίασμός της κλιματικής αλλαγής

2.1 Προέλεγχος

Ο προέλεγχος του μετρίασμού της κλιματικής αλλαγής γίνεται με βάση την Τεχνική Οδηγία 2021/C 373/01/ΕΕ. Η τεχνική οδηγία της ΕΕ (σ.σ. στο εξής «Τεχνική Οδηγία») συνιστά τη χρήση του Οδηγού της ΕΤΕπ³ για τις μεθοδολογίες αποτυπώματος άνθρακα και την αξιολόγηση όλων των έργων που ενδέχεται να προκαλέσουν **σημαντικές εκπομπές άνω των 20.000 τόνων CO₂/έτος** (απόλυτες ή σχετικές⁴).

Όπως φαίνεται από τον κατάλογο προελέγχου τα οδικά Έργα εντάσσονται στην κατηγορία «**οδικές και σιδηροδρομικές υποδομές, αστικές μεταφορές**» για την οποία απαιτείται πλήρης υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα και η διαδικασία ενίσχυσης της ανθεκτικότητας στην κλιματική αλλαγή για το μετρίασμό της κλιματικής αλλαγής συνεχίζεται στη λεπτομερή ανάλυση.

2.2 Λεπτομερής ανάλυση

Εφόσον από τον προέλεγχο προκύψει ότι απαιτείται, σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος του Έργου, οικονομική αποτίμηση των εκπομπών (ή των απορροφήσεων) και εξετάζεται και η συνέπειά τους με τους Ευρωπαϊκούς και Ελληνικούς στόχους μετρίασμού της κλιματικής αλλαγής και επίτευξης κλιματικής ουδετερότητας.

2.2.1 Ανθρακικό αποτύπωμα του Έργου

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας γίνεται με χρήση αξιόπιστης μεθόδου αποτυπώματος άνθρακα. Τα γνωστότερα και διεθνώς αποδεκτά πρότυπα περιλαμβάνουν το GHG protocol και το ISO 14064, τα οποία παρέχουν το πλαίσιο για τον ορισμό των ορίων ενός έργου, την ταξινόμηση των άμεσων και έμμεσων εκπομπών και τη διαχείριση της παρακολούθησης και της αναφοράς τους. Δηλαδή, αποτελούν τα «λογιστικά πρότυπα» για την παρακολούθηση και την αναφορά εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, ο οδηγός μεθοδολογιών της Ε.Τ.Επ. και τα πρότυπα της IFI πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του βασικού σεναρίου και των απόλυτων και σχετικών εκπομπών του έργου.

³ European Investment Bank, EIB Project Carbon Footprint Methodologies, Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations, July 2020

⁴ Ο ορισμός δίνεται στην ενότητα 2.2.2

Επεξηγηματικό Κείμενο 2: Υπολογισμός εκπομπών με τη χρήση προτύπων

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας⁵ γίνεται με χρήση αξιόπιστης μεθόδου αποτυπώματος άνθρακα. Τα γνωστότερα και διεθνώς αποδεκτά πρότυπα περιλαμβάνουν το GHG protocol και το ISO 14064, τα οποία παρέχουν το πλαίσιο για τον ορισμό των ορίων ενός έργου, την ταξινόμηση των άμεσων και έμμεσων εκπομπών και τη διαχείριση της παρακολούθησης και της αναφοράς τους. Δηλαδή, αποτελούν τα «λογιστικά πρότυπα» για την παρακολούθηση και την αναφορά εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, ο οδηγός μεθοδολογιών της Ε.Τ.Επ.⁶ και τα πρότυπα της IFI⁷ πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του βασικού σεναρίου και των απόλυτων και σχετικών εκπομπών του έργου.

Στην περίπτωση των οδικών μεταφορών, τα λειτουργικά όρια (όρια αναφοράς εκπομπών σε συγκεκριμένο έργο οδοποιίας) περιλαμβάνουν πεδία (κατηγορίες). Ο όρος «πεδίο» (score) αναφέρεται στο GHG protocol και ο όρος «κατηγορία» (category) αναφέρεται στο ISO 14064 και έχουν αντίστοιχο ορισμό αν και στο ISO 14064 γίνεται λεπτομερέστερη κατηγοριοποίηση των εκπομπών πεδίου 3 σε επιμέρους κατηγορίες.

Πεδίο: ταξινόμηση υπολογισμού και αναφοράς εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ως άμεσες και έμμεσες σύμφωνα με το πρότυπο GHG protocol.

Κατηγορία: κατηγοριοποίηση επιμέρους εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ως άμεσες και έμμεσες σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14064

Τα λειτουργικά όρια περιλαμβάνουν τα εξής πεδία (κατηγορίες):

- **Πεδίο (κατηγορία) 1: Άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου** – Εκτιμάται ότι τα οδικά έργα δεν προκαλούν άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ωστόσο, αν υπάρχουν τέτοιες (π.χ. σε συνοδά κτίρια του έργου), θα πρέπει να αναφέρονται.
- **Πεδίο (κατηγορία) 2: Έμμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου** που προκύπτουν από την παραγωγή ενέργειας (ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας) εκτός των ορίων του οδικού έργου, η οποία εισάγεται από εξωτερικούς παρόχους και καταναλώνεται εντός των λειτουργικών ορίων του Έργου. Στα οδικά έργα ενδέχεται να καταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια για την εξυπηρέτηση των υποστηρικτικών υποδομών, όπως φωτισμός, φωτεινή σήμανση, φωτισμός και εξαερισμός σηράγγων, αντλιοστάσιο δικτύου πυρόσβεσης, κτλ.
- **Πεδίο 3: Έμμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου** που προκύπτουν ως αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων του Έργου, αλλά εκπέμπονται από πηγές που δεν ανήκουν ή δεν ελέγχονται από το Δικαιούχο του Έργου. Η κατηγορία αυτή είναι

⁵ Ως τυπικό έτος λειτουργίας εννοείται ένα πλήρες ημερολογιακό έτος κατά το οποίο το Έργο λειτουργεί πλήρως και δεν περιλαμβάνει εκπομπές που σχετίζονται με την κατασκευή ή τον παροπλισμό του

⁶ European Investment Bank, EIB Project Carbon Footprint Methodologies, Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations, July 2020

⁷ INTERNATIONAL FINANCIAL INSTITUTIONS TECHNICAL WORKING GROUP ON GREENHOUSE GAS ACCOUNTING, International Financial Institutions Guideline for a Harmonized Approach to Greenhouse Gas Accounting, June 2021

προαιρετική σύμφωνα με τα πρότυπα και η απόφαση ενσωμάτωσης ή μη εκπομπών αυτού του πεδίου στους υπολογισμούς θα πρέπει να τεκμηριώνεται. Συνήθως ενσωματώνονται εκπομπές που είναι σημαντικές για μια συγκεκριμένη υποδομή. Σημειώνεται ότι για το πρότυπο ISO 14064, το αντίστοιχο πεδίο 3 (score 3) του GHG protocol διαχωρίζεται σε τέσσερις επιμέρους κατηγορίες ως εξής:

- ❖ **Κατηγορία 3:** Έμμεσες εκπομπές από μεταφορές
- ❖ **Κατηγορία 4:** Έμμεσες εκπομπές από προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν στο Έργο (εκπομπές από την παραγωγή τους σε χώρο εκτός του Έργου)
- ❖ **Κατηγορία 5:** Έμμεσες εκπομπές που σχετίζονται με τη χρήση προϊόντων του Έργου (εκπομπές από τα προϊόντα κατά τη «διάρκεια ζωής» τους εκτός των ορίων του Έργου)
- ❖ **Κατηγορία 6:** Έμμεσες εκπομπές από άλλες πηγές (που δεν κατηγοριοποιούνται στις παραπάνω κατηγορίες)

Στην περίπτωση των οδικών μεταφορών, έμμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στο πεδίο αυτό προκύπτουν από την κυκλοφορία των οχημάτων στο έργο οδοποιίας. Οι εκπομπές αυτές ταξινομούνται στο **πεδίο 3**, σύμφωνα με το GHG protocol, και στην **κατηγορία 5**, σύμφωνα με το ISO 14064. Στο εξής, για λόγους ευκολίας, οι εκπομπές αυτές θα αναφέρονται ως εκπομπές πεδίου 3.

Πρέπει να καθοριστεί μια **βάση** - ένα τυπικό έτος λειτουργίας⁸ ή αλλιώς έτος αναφοράς- στο οποίο θα αναφέρονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Επεξηγηματικό Κείμενο 3: Μεθοδολογία υπολογισμού Εκπομπών ΑΘ σε Έργα οδικών μεταφορών ανά πεδίο

Στη συνέχεια δίνεται ενδεικτική **μεθοδολογία υπολογισμού** των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 1

Στη συνήθη περίπτωση, δεν υπάρχουν άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από οδικά έργα. Ενδέχεται να υπάρχουν άμεσες εκπομπές σε κάποιες περιπτώσεις συνοδών κτιρίων. Στις περιπτώσεις αυτές η βασική εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών είναι:.

$$(\text{Εκπομπές}) = (\text{ποσότητα καυσίμου}) \times \text{NCV} \times \text{EF} \times \text{OF}$$

όπου NCV: η κατώτερη θερμογόνο δύναμη κάθε καυσίμου,

EF: ο συντελεστής εκπομπών κάθε καυσίμου

OF: ο συντελεστής οξείδωσης κάθε καυσίμου

Εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 2

⁸ Ως τυπικό έτος λειτουργίας εδώ εννοείται ένα πλήρες ημερολογιακό έτος κατά το οποίο το Έργο λειτουργεί πλήρως και δεν περιλαμβάνει εκπομπές που σχετίζονται με την κατασκευή ή τον παροπλισμό του

Στο πεδίο (κατηγορία) 2 θα πρέπει να υπολογίζονται έμμεσες εκπομπές από την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας από εξωτερικούς παρόχους.

Η βασική εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών είναι:

(Εκπομπές) = (προμήθεια ενέργειας) x (συντελεστής εκπομπών)

Όσον αφορά στην ηλεκτρική ενέργεια, ως προς τον υπολογισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου απαιτούνται η εκτιμώμενη προμήθεια στο έτος αναφοράς και ο συντελεστής εκπομπών. Η προμήθεια στο έτος αναφοράς πρέπει να δίνεται τεκμηριωμένα από τον Δικαιούχο. Ο συντελεστής εκπομπών για το CO₂ (gCO₂/kWh) λαμβάνεται από την ετήσια έκθεση⁹ του Διαχειριστή ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ) για το ενεργειακό μείγμα του προηγούμενου έτους.

Οι συντελεστές εκπομπών για το μεθάνιο (CH₄) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) δεν παρέχονται άμεσα και πρέπει να υπολογιστούν. Ο γενικός τύπος είναι:

$$\text{Συντελεστής εκπομπών}_{(\text{CH}_4, \text{N}_2\text{O}), \text{έτους } \chi} = \frac{\text{Εθνικές εκπομπές από ενέργεια}_{(\text{CH}_4, \text{N}_2\text{O}), \text{έτους } \chi}}{\text{Υπολειπόμενο ενεργειακό μείγμα}_{\text{έτους } \chi}}$$

Αυτός είναι ένας προσεγγιστικός τύπος καθώς δεν είναι εύκολο να υπολογιστούν οι εκπομπές CH₄, N₂O που σχετίζονται με το ισοζύγιο εισαγωγών και εξαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Ωστόσο, η διαφορά αυτή θεωρείται μικρή, μικρότερη από 1% στο σύνολο των εκπομπών CO₂eq. Το υπολειπόμενο ενεργειακό μείγμα λαμβάνεται από την ετήσια αναφορά του ΔΑΠΕΕΠ¹⁰. Οι εθνικές εκπομπές λαμβάνονται από τον ετήσιο κατάλογο αναφοράς της Ελλάδας (NIR)¹¹. Γενικά, οι έμμεσες εκπομπές CH₄ και N₂O που προκύπτουν από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ μικρότερες από τις εκπομπές CO₂.

Εκπομπές Πεδίου 3

Στο πεδίο αυτό υπολογίζονται οι έμμεσες εκπομπές από την κυκλοφορία των οχημάτων στο έργο οδοποιίας. Ο Δικαιούχος πρέπει να καθορίσει:

- το μήκος του Έργου σε χιλιόμετρα
- τα χαρακτηριστικά του στόλου (είδος των οχημάτων) που εκτιμάται ότι θα κυκλοφορεί στο Έργο
- τον κυκλοφοριακό φόρτο¹² ανά είδος οχημάτων που κυκλοφορούν στο Έργο. Έμφαση πρέπει να δοθεί στον κυκλοφοριακό φόρτο τις ώρες αιχμής

Το είδος των οχημάτων και ο κυκλοφοριακός φόρτος λαμβάνεται από την τεκμηρίωση του Δικαιούχου (μελέτη κυκλοφοριακού φόρτου). Αν πρόκειται για αναβάθμιση ή επέκταση υφιστάμενου αυτοκινητόδρομου που περιλαμβάνει σταθμούς διοδίων, τότε τα δεδομένα αυτά μπορούν ενδεχομένως να ληφθούν από τα στοιχεία που τηρούνται στους σταθμούς.

⁹ Γράφημα 2, παράρτημα 1, υπολειπόμενο ενεργειακό μείγμα, ΔΑΠΕΕΠ

¹⁰ Συνήθως γράφημα 2, παράρτημα 1. Δημοσιεύεται τον Ιούλιο.

¹¹ NIR Greece, 3.2.4.3 Energy Industries, table 3.15 (όχι αποκλειστικά)

¹² είναι ο συνολικός αριθμός οχημάτων που περνούν από τη διατομή μιας λωρίδας ή οδού κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος (συνήθως οχήματα ανά ώρα)

Η συνήθης κατηγοριοποίηση των οχημάτων στους σταθμούς διοδίων παρουσιάζεται ακολούθως.

Πίνακας: Κατηγοριοποίηση οχημάτων σύμφωνα με τους σταθμούς διοδίων

Κατηγορία οχήματος	Επεξήγηση
Κατηγορία 1	Δίκυκλα, τρίκυκλα
Κατηγορία 2	Ελαφρά οχήματα με ή χωρίς ρυμουλκούμενο και ύψος μέχρι 2,20 μ.
Κατηγορία 3	Οχήματα με ή χωρίς ρυμουλκούμενο με 2 ή 3 άξονες και ύψος μεγαλύτερο από 2,20 μ.
Κατηγορία 4	Οχήματα με ή χωρίς ρυμουλκούμενο με 4 ή περισσότερους άξονες και ύψος μεγαλύτερο από 2,20 μ.

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου υπολογίζονται αρχικά ανά απόσταση και ανά είδος οχήματος.

Η εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών ανά απόσταση και ανά είδος οχήματος είναι:

$$\left(\frac{\text{Εκπομπές}}{\text{απόσταση} \times \text{είδος οχήματος}} \right) = (\text{ενέργεια καυσίμου}) \times (\text{συντελεστής εκπομπών})$$

- Η ενέργεια καυσίμου ανά χιλιόμετρο και ανά είδος οχήματος προτείνεται να λαμβάνεται από τον Οδηγό απογραφής εκπομπών αέριων ρύπων ΕΜΕΡ/ΕΕΑ¹³, χωρίς ωστόσο να αποκλείονται και άλλες πηγές σχετικών δεδομένων.
- Ο συντελεστής εκπομπών ανά καύσιμο προτείνεται να λαμβάνεται από τον ετήσιο εθνικό κατάλογο απογραφής (National Inventory Report (NIR)) που υποβάλλει η Ελλάδα στη γραμματεία της UNFCCC¹⁴. Σε περίπτωση που ένα καύσιμο δεν αναφέρεται στο NIR, προτείνεται να χρησιμοποιούνται οι κατευθυντήριες οδηγίες της IPCC¹⁵.

Στη συνέχεια, οι εκπομπές ανά απόσταση και ανά είδος οχήματος πολλαπλασιάζονται με τον αντίστοιχο κυκλοφοριακό φόρτο (οχήματα ανά χρονική βάση αναφοράς) κάθε είδους οχημάτων και αθροίζονται:

¹³ ΕΜΕΡ/ΕΕΑ air pollutant emission inventory guidebook 2019, Technical guidance to prepare national emission inventories, Part B, 1.A.3.b.i-iv Road transport 2019, table 3-27, update October 2021

¹⁴ Chapter 3 Energy (CRF sector 1), 3.2 Fuel Combustion (CRF source category 1.A), 3.2.4 Stationary combustion (CRF source category 1.A except 1.A.3), table 3.13

¹⁵ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 2: mobile combustion, table 3.2.2

$$\Sigma(\text{Εκπομπές ανά απόσταση}) = \Sigma\left(\frac{\text{εκπομπές}}{\text{απόσταση x είδος οχήματος}}\right) \times \left(\frac{\text{οχήματα}}{\text{χρόνος}}\right)$$

Έπειτα, οι εκπομπές ανά απόσταση και ανά χρονική βάση αναφοράς πολλαπλασιάζονται με τη συνολική έκταση του Έργου:

$$(\text{Εκπομπές}) = (\text{Εκπομπές ανά απόσταση}) \times (\text{απόσταση})$$

Σημείωση: Τα χαρακτηριστικά του στόλου των οχημάτων και ο κυκλοφοριακός φόρτος δεν είναι σταθερά αλλά μεταβάλλονται με το χρόνο. Ειδικά όσο αφορά στη σύνθεση του στόλου των οχημάτων που αναμένεται να κυκλοφορεί τα επόμενα χρόνια, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο αναμενόμενος εξηλεκτρισμός των οδικών μεταφορών με τη σταδιακή αγορά και χρήση όλο και περισσότερων ηλεκτρικών οχημάτων. Ο εξηλεκτρισμός των μεταφορών προβλέπεται στο ΕΣΕΚ και στον Εθνικό Κλιματικό Νόμο 4936/2022. Στη συνέχεια δίνονται τα δύο σενάρια εξηλεκτρισμού που προβλέπονται στο ΕΣΕΚ¹⁶. Τα σενάρια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθούν οι μελλοντικές εκπομπές Πεδίου 3 σε ένα οδικό έργο.

¹⁶ ΦΕΚ 4893B/31-12-2019, Κύρωση του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), Πίνακας 17

Σενάριο	Έτος	Αγορά καινούριων επιβατικών	Μεταβολή συνολικής αγοράς	Αύξηση συνολικής αγοράς	Επιβατικά BEV-PHEV	Ετήσια αύξηση	Ποσοστό BEV-PHEV επί ετήσιας αγοράς
Σενάριο Α (Σενάριο Αναφοράς)	2018	103.431	-	-	315	-	0,3%
	2019	115.000	11.569	11%	461	146	0,4%
	2020	127.400	12.400	11%	1.151	690	0,9%
	2021	137.635	10.235	8%	3.450	2.299	2,5%
	2022	148.646	11.011	8%	6.900	3.450	4,6%
	2023	160.538	11.892	8%	10.349	3.449	6,4%
	2024	173.381	12.843	8%	15.005	4.656	8,7%
	2025	187.251	13.870	8%	20.257	5.252	10,8%
	2026	202.231	14.980	8%	26.333	6.076	13,0%
	2027	218.410	16.179	8%	33.180	6.847	15,2%
	2028	235.883	17.473	8%	41.806	8.626	17,7%
	2029	254.753	18.870	8%	52.676	10.870	20,7%
	2030	275.133	20.380	8%	66.371	13.695	24,1%
Σενάριο Β (Σενάριο Εμπροσθοβαρές με οικονομική ανάπτυξη και αυξημένα μέτρα πολιτικής)	2018	103.431	-	-	315	-	0,3%
	2019	115.000	11.569	11%	461	145	0,4%
	2020	127.400	12.400	11%	1.265	805	1,0%
	2021	137.635	10.195	8%	3.795	2.530	2,8%
	2022	148.646	11.011	8%	7.589	3.794	5,1%
	2023	160.538	11.892	8%	11.797	4.208	7,3%
	2024	173.381	12.843	8%	17.436	5.639	10,1%
	2025	187.251	13.870	8%	24.036	6.600	12,8%
	2026	202.231	14.980	8%	31.246	7.210	15,5%
	2027	218.410	16.179	8%	40.093	8.847	18,4%
	2028	235.883	17.473	8%	51.458	11.365	21,8%
	2029	254.753	18.870	8%	66.059	14.601	25,9%
	2030	275.133	20.380	8%	82.422	16.363	30,0%

Παράδειγμα Α: Λεπτομερής υπολογισμός ανθρακικού αποτυπώματος αυτοκινητοδρόμου

Γίνεται αναλυτικός υπολογισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για το οδικό έργο του αυτοκινητοδρόμου που έχει ήδη περιγραφεί. Οι συντελεστές υπολογισμού κάθε πεδίου εκπομπών του παραδείγματος προέρχονται από τις πηγές που παρουσιάστηκαν στην γενική ανάλυση των εκπομπών έργων οδικών μεταφορών σε πεδία (κατηγορίες).

Ο υπολογισμός των εκπομπών αφορά σε ένα πλήρες ημερολογιακό έτος και έχει ως εξής:

Πεδίο 1:

Σε αυτή την περίπτωση οι εκπομπές πεδίου 1 εκτιμάται ότι είναι μηδενικές.

Πεδίο 2:

Περιλαμβάνονται οι έμμεσες εκπομπές από την προμήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε στις υποστηρικτικές υποδομές του Έργου. Σύμφωνα με την περιγραφή του έργου, η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 18,41 GWh. Οι εκπομπές υπολογίζονται ως εξής:

$$\text{Εκπομπές CO}_2 = \text{ανάλωση} * \text{EF} = 18,41 \text{ GWh} * 436,889^{(17)} \text{ tnCO}_2/\text{GWh} = 8.043 \text{ tnCO}_2$$

$$\text{Εκπομπές CH}_4 = \text{ανάλωση} * \text{EF} = 18,41 \text{ GWh} * 6,43^{(18)} \text{ kgCH}_4/\text{GWh} = 0,12 \text{ tnCH}_4$$

$$\text{Εκπομπές N}_2\text{O} = \text{ανάλωση} * \text{EF} = 18,41 \text{ GWh} * 2,73^{(19)} \text{ kgN}_2\text{O}/\text{GWh} = 0,05 \text{ tnN}_2\text{O}$$

*Συνολικές εκπομπές: **8.060 tnCO₂eq**

Πεδίο 3:

Περιλαμβάνονται οι έμμεσες εκπομπές από την κυκλοφορία των οχημάτων στο Έργο. Για την απλοποίηση των υπολογισμών έχει θεωρηθεί ότι τόσο ο κυκλοφοριακός φόρτος όσο και η σύνθεση του στόλου των οχημάτων θα παραμείνουν σταθερά. Ωστόσο, ο δικαιούχος του έργου μπορεί να έχει εκτιμήσεις για τις μεταβολές του κυκλοφοριακού φόρτου στο μέλλον. Επίσης, ο δικαιούχος μπορεί να λάβει υπόψη την εκτιμώμενη αλλαγή της σύνθεσης του στόλου λαμβάνοντας υπόψη τα σενάρια εξηλεκτρισμού των οδικών μεταφορών που περιλαμβάνονται στην τελευταία έκδοση του ΕΣΕΚ.

Οι εκπομπές ανά κατηγορία οχήματος και ανά χιλιόμετρο είναι:

- **Κατηγορία οχημάτων 1** (δίκυκλα, τρίκυκλα): Θεωρείται ως καύσιμο βενζίνη

$$\text{Εκπομπές CO}_2 = 1,58^{20} \text{ MJ/km} * (1 \text{ GJ}/1.000 \text{ MJ}) * 73,26^{(21)} \text{ kgCO}_2/\text{GJ} = 0,12 \text{ kgCO}_2/\text{km}$$

$$\text{Εκπομπές CH}_4 = 1,58 \text{ MJ/km} * (1 \text{ TJ}/1.000.000 \text{ MJ}) * 3,8^{(22)} \text{ kgCH}_4/\text{TJ} = 0,000006$$

¹⁷ Γράφημα 2, παράρτημα 1, υπολειπόμενο ενεργειακό μείγμα 2021, ΔΑΠΕΕΠ 2022

¹⁸ Βλ. θεωρία πεδίου (κατηγορία) 2

¹⁹ Βλ. θεωρία πεδίου (κατηγορία) 2

²⁰ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, Technical guidance to prepare national emission inventories, Part B, 1.A.3.b.i-iv Road transport 2019, update October 2021, table 3-27, Motorcycles 4-stroke 250–750 cm³, Euro 1 and later

²¹ NIR Greece, table 3.13

²² 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 2: mobile combustion, table 3.2.2, Motor Gasoline –Low Mileage Light Duty Vehicle Vintage 1995 or Later

kgCH₄/km

Εκπομπές N₂O = 1,58 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 5,7⁽²³⁾ kgN₂O/TJ = 0,000009 kgN₂O/km

*Συνολικές εκπομπές: **0,12 kgCO₂eq/km**

-Κατηγορία οχημάτων 2 (ελαφρά επιβατικά οχήματα): Θεωρείται ως καύσιμο η βενζίνη

Εκπομπές CO₂ = 2,89⁽²⁴⁾ MJ/km * (1 GJ/1.000 MJ) * 73,26 kgCO₂/GJ = 0,21 kgCO₂/km

Εκπομπές CH₄ = 2,89 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,8 kgCH₄/TJ = 0,00001 kgCH₄/km

Εκπομπές N₂O = 2,89 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 5,7 kgN₂O/TJ = 0,00002 kgN₂O/km

*Συνολικές εκπομπές: **0,21 kgCO₂eq/km**

-Κατηγορία οχημάτων 3 (φορτηγά οχήματα με λιγότερους από τέσσερις άξονες): Θεωρείται ως καύσιμο το πετρέλαιο κίνησης

Εκπομπές CO₂ = 6,62⁽²⁵⁾ MJ/km * (1 GJ/1.000 MJ) * 73,78⁽²⁶⁾ kgCO₂/GJ = 0,49 kgCO₂/km

Εκπομπές CH₄ = 6,62 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,9⁽²⁷⁾ kgCH₄/TJ = 0,00003 kgCH₄/km

Εκπομπές N₂O = 6,62 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,9⁽²⁸⁾ kgN₂O/TJ = 0,00003 kgN₂O/km

*Συνολικές εκπομπές: **0,50 kgCO₂eq/km**

-Κατηγορία οχημάτων 4 (φορτηγά οχήματα με περισσότερους από τέσσερις άξονες): Θεωρείται ως καύσιμο το πετρέλαιο κίνησης

Εκπομπές CO₂ = 8,97⁽²⁹⁾ MJ/km * (1 GJ/1.000 MJ) * 73,78 kgCO₂/GJ = 0,66 kgCO₂/km

Εκπομπές CH₄ = 8,97 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,9 kgCH₄/TJ = 0,00004 kgCH₄/km

Εκπομπές N₂O = 8,97 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,9 kgN₂O/TJ = 0,00004 kgN₂O/km

*Συνολικές εκπομπές: **0,67 kgCO₂eq/km**

Με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο που παρουσιάστηκε στο σχετικό πίνακα της εισαγωγής, οι συνολικές ημερήσιες εκπομπές ανά είδος οχήματος και ανά χιλιόμετρο είναι:

²³ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 2: mobile combustion, table 3.2.2, Motor Gasoline –Low Mileage Light Duty Vehicle Vintage 1995 or Later

²⁴ EMEP/EEA 2019, Part B, 1.A.3.b.i-iv Road transport 2019, update October 2021, table 3-27, Petrol Medium, Euro 1 and later

²⁵ EMEP/EEA 2019, Part B, 1.A.3.b.i-iv Road transport 2019, update October 2021, table 3-27, Heavy-duty trucks, 7.5-16 t, Euro I and later

²⁶ NIR Greece, table 3.13

²⁷ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 2: mobile combustion, table 3.2.2, Motor Gasoline –Low Mileage Light Duty Vehicle Vintage 1995 or Later, Gas / Diesel Oil

²⁸ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 2: mobile combustion, table 3.2.2, Motor Gasoline –Low Mileage Light Duty Vehicle Vintage 1995 or Later, Gas / Diesel Oil

²⁹ EMEP/EEA 2019, Part B, 1.A.3.b.i-iv Road transport 2019, update October 2021, table 3-27, Heavy-duty trucks, 16-32 t, Euro I and later

Εκπομπές κατηγορίας 1 = $0,12 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/όχημα} * 48 \text{ οχήματα/ημέρα} = 6 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα}$

Εκπομπές κατηγορίας 2 = $0,21 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/όχημα} * 7.291 \text{ οχήματα/ημέρα} = 1.531 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα}$

Εκπομπές κατηγορίας 3 = $0,50 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/όχημα} * 715 \text{ οχήματα/ημέρα} = 358 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα}$

Εκπομπές κατηγορίας 4 = $0,67 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/όχημα} * 1.562 \text{ οχήματα/ημέρα} = 1.047 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα}$

Συνολικές ημερήσιες εκπομπές οχημάτων = $2.942 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα}$

Συνολικές ετήσιες εκπομπές οχημάτων = $2.942 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα} * 365 \text{ ημέρες/έτος} = 1.073.830 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/έτος}$ ή $1.073,83 \text{ tnCO}_2\text{eq/km/έτος}$

Στο σύνολο της έκτασης του αυτοκινητόδρομου, οι ετήσιες εκπομπές πεδίου 3 είναι:

Εκπομπές πεδίου 3 = $1.073,83 \text{ tnCO}_2\text{eq/km} * 280 \text{ km} = \mathbf{300.672,4 \text{ tnCO}_2\text{eq}}$

Συνεπώς, οι συνολικές ετήσιες εκπομπές για κάθε πεδίο είναι:

- **Πεδίο 1: 0 tnCO₂eq**
- **Πεδίο 2: 8.060 tnCO₂eq**
- **Πεδίο 3: 300.672 tnCO₂eq**

Συνολικές ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου: **308.732 tnCO₂eq**

*Οι τιμές του δυναμικού πλανητικής υπερθέρμανσης³⁰ για κάθε αέριο του θερμοκηπίου είναι:

- CO₂: $1 \text{ tnCO}_2\text{e/tnCO}_2$
- CH₄: $28 \text{ tnCO}_2\text{e/tnCH}_4$
- N₂O: $265 \text{ tnCO}_2\text{e/tnN}_2\text{O}$

Παράδειγμα Β: Ανθρακικό αποτύπωμα Επαρχιακής Οδού

Θεωρείται η επαρχιακή οδός που περιγράφεται στην Εισαγωγή, συνολικού μήκους 2 km. Ο κυκλοφοριακός φόρτος με βάση το πληθυσμό, εκτιμάται σε 100 οχήματα ανά ώρα τις ώρες αιχμής και 20 οχήματα ανά ώρα τις υπόλοιπες ώρες. Οι ώρες αιχμής αναμένεται να

³⁰ 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* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp., chapter 8, Table 8.A.1

είναι 8 ώρες την ημέρα. Το 30% των οχημάτων που κυκλοφορούν είναι βαρέως τύπου. Ο φωτισμός της οδού κοντά στην είσοδο των δύο κωμοπόλεων δεν ανήκει στα λειτουργικά όρια του δρόμου, αλλά στο Δήμο.

Οι συντελεστές υπολογισμού κάθε πεδίου εκπομπών του παραδείγματος προέρχονται από τις πηγές που παρουσιάστηκαν στην γενική ανάλυση των εκπομπών έργων οδικών μεταφορών σε πεδία (κατηγορίες). Ειδική αναφορά της πηγής για τους συντελεστές εκπομπών κάθε είδους οχήματος δίνεται στην ανάλυση του ανθρακικού αποτυπώματος του παραδείγματος Α.

Ο υπολογισμός των εκπομπών αφορά σε ένα πλήρες ημερολογιακό έτος και έχει ως εξής:

Πεδίο 1:

Σε αυτή την περίπτωση εκτιμάται ότι οι εκπομπές πεδίου 1 είναι μηδενικές.

Πεδίο 2:

Δεν αναφέρονται εκπομπές από φωτισμό καθώς δεν ανήκουν στα λειτουργικά όρια του δρόμου. Επομένως σε αυτή την περίπτωση οι εκπομπές πεδίου 2 είναι μηδενικές.

Πεδίο 3:

Περιλαμβάνονται οι έμμεσες εκπομπές από την κυκλοφορία των οχημάτων στο Έργο. Για την απλοποίηση των υπολογισμών έχει θεωρηθεί ότι τόσο ο κυκλοφοριακός φόρτος όσο και η σύνθεση του στόλου των οχημάτων θα παραμείνουν σταθερά. Ωστόσο, ο δικαιούχος του έργου μπορεί να έχει εκτιμήσεις για τις μεταβολές του κυκλοφοριακού φόρτου στο μέλλον. Επίσης, ο δικαιούχος μπορεί να λάβει υπόψη την εκτιμώμενη αλλαγή της σύνθεσης του στόλου λαμβάνοντας υπόψη τα σενάρια εξηλεκτρισμού των οδικών μεταφορών που περιλαμβάνονται στην τελευταία έκδοση του ΕΣΕΚ.

Θεωρείται ότι στον επαρχιακό δρόμο θα κινούνται κατά κύριο λόγο δύο είδη οχημάτων, τα ελαφρά και τα βαρέα. Οι εκπομπές ανά κατηγορία οχήματος και ανά χιλιόμετρο είναι:

- Ελαφρά οχήματα: Θεωρείται ως καύσιμο βενζίνη

Εκπομπές CO₂ = 1,58 MJ/km * (1 GJ/1.000 MJ) * 73,26 kgCO₂/GJ = 0,12 kgCO₂/km

Εκπομπές CH₄ = 1,58 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,8 kgCH₄/TJ = 0,000006 kgCH₄/km

Εκπομπές N₂O = 1,58 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 5,7 kgN₂O/TJ = 0,000009 kgN₂O/km

*Συνολικές εκπομπές: **0,12 kgCO₂eq/km/όχημα**

-Βαριά οχήματα: Θεωρείται ως καύσιμο πετρέλαιο κίνησης

Εκπομπές CO₂ = 8,97 MJ/km * (1 GJ/1.000 MJ) * 73,78 kgCO₂/GJ = 0,66 kgCO₂/km

Εκπομπές CH₄ = 8,97 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,9 kgCH₄/TJ = 0,00004 kgCH₄/km

Εκπομπές N₂O = 8,97 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,9 kgN₂O/TJ = 0,00004 kgN₂O/km

*Συνολικές εκπομπές: **0,67 kgCO₂eq/km/όχημα**

Με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο, οι ημερήσιες εκπομπές τις ώρες αιχμής και τις υπόλοιπες ώρες θα είναι:

- Ώρες αιχμής

Ελαφρά οχήματα: $(100\%-30\%)*100 \text{ οχήματα/ώρα} * 8 \text{ ώρες/ημέρα} * 0,12 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/όχημα} = 67,2 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα}$

Βαριά οχήματα: $30\%*100 \text{ οχήματα/ώρα} * 8 \text{ ώρες/ημέρα} * 0,67 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/όχημα} = 160,8 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα}$

Συνολικές ημερήσιες εκπομπές τις ώρες αιχμής = 228 kgCO₂eq/km/ημέρα

- Υπόλοιπες ώρες

Ελαφρά οχήματα: $(100\%-30\%)*20 \text{ οχήματα/ώρα} * (24-8) \text{ ώρες/ημέρα} * 0,12 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/όχημα} = 26,9 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα}$

Βαριά οχήματα: $30\%*20 \text{ οχήματα/ώρα} * (24-8) \text{ ώρες/ημέρα} * 0,67 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/όχημα} = 64,3 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα}$

Συνολικές ημερήσιες εκπομπές τις υπόλοιπες ώρες = 91,2 kgCO₂eq/km/ημέρα

Συνολικές ημερήσιες εκπομπές: 319,2 kgCO₂eq/km/ημέρα

Συνολικές ετήσιες εκπομπές οχημάτων = 319,2 kgCO₂eq/km/ημέρα * 365 ημέρες/έτος = 116.508 kgCO₂eq/km/έτος ή 116,5 tnCO₂eq/km/έτος

Στο σύνολο του μήκους της επαρχιακής οδού, οι ετήσιες εκπομπές πεδίου 3 είναι:

Εκπομπές πεδίου 3 = 116,5 tnCO₂eq/km * 2 km = **233 tnCO₂eq**

Συνεπώς, οι συνολικές ετήσιες εκπομπές για κάθε πεδίο είναι:

- Πεδίο 1: **0 tnCO₂eq**
- Πεδίο 2: **0 tnCO₂eq**
- Πεδίο 3: **233 tnCO₂eq**

*Οι τιμές του δυναμικού πλανητικής υπερθέρμανσης³¹ για κάθε αέριο του θερμοκηπίου είναι:

³¹ 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* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)].

- CO₂: 1 tnCO₂e/tnCO₂
- CH₄: 28 tnCO₂e/tnCH₄
- N₂O: 265 tnCO₂e/tnN₂O

Παράδειγμα Γ: Ανθρακικό αποτύπωμα Περιφερειακής Οδού

Η Περιφερειακή οδός αφορά σε αναβάθμιση και σε κάποια σημεία νέα χάραξη υφιστάμενου οδικού δικτύου με στόχο τη δημιουργία μιας Περιφερειακής Οδού που θα παρακάμπτει τρεις πόλεις του ίδιου γεωγραφικού διαμερίσματος. Η Περιφερειακή Οδός θα έχει δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και συνολικό μήκος 42 km.

Με βάση μελέτη για την πρόβλεψη των κυκλοφοριακών φόρτων του Έργου προέκυψε ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας: Κυκλοφοριακοί φόρτοι ανά περιφερειακό τμήμα πόλεων

Πόλη	Μέσος ημερήσιος φόρτος (οχήματα/ημέρα)	Απόσταση (km)
A	8.305	7,71
B	10.384	6,99
Γ (βόρεια)	23.968	12,26
Γ (νότια)	32.656	15,04

Το ποσοστό των βαρέων οχημάτων είναι 7% του συνολικού φόρτου. Οι ανάγκες του αυτοκινητόδρομου σε ηλεκτρισμό είναι 2,8 GWh.

Οι συντελεστές υπολογισμού κάθε πεδίου εκπομπών του παραδείγματος προέρχονται από τις πηγές που παρουσιάστηκαν στη γενική ανάλυση των εκπομπών έργων οδικών μεταφορών σε πεδία (κατηγορίες). Ειδική αναφορά της πηγής για τους συντελεστές εκπομπών κάθε είδους οχήματος δίνεται στην ανάλυση του ανθρακικού αποτυπώματος του παραδείγματος Α.

Ο υπολογισμός των εκπομπών αφορά σε ένα πλήρες ημερολογιακό έτος και έχει ως εξής:

Πεδίο 1:

Εκτιμάται ότι οι άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη λειτουργία της Περιφερειακής Οδού είναι μηδενικές.

Πεδίο 2:

Περιλαμβάνονται οι έμμεσες εκπομπές από την προμήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε στις υποστηρικτικές υποδομές του Έργου και έχουν εκτιμηθεί σε 2,8 GWh/yr.

Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp., chapter 8, Table 8.A.1

Εκπομπές CO₂ = ανάλωση * EF = 2,8 GWh * 436,889 tnCO₂/GWh = 1.223,3 tnCO₂

Εκπομπές CH₄ = ανάλωση * EF = 2,8 GWh * 6,43 kgCH₄/GWh = 0,02 tnCH₄

Εκπομπές N₂O = ανάλωση * EF = 2,8 GWh * 2,73 kgN₂O/GWh = 0,008 tnN₂O

*Συνολικές εκπομπές: **1.226 tnCO₂eq**

Πεδίο 3:

Περιλαμβάνονται οι έμμεσες εκπομπές από την κυκλοφορία των οχημάτων στο Έργο. Για την απλοποίηση των υπολογισμών έχει θεωρηθεί ότι τόσο ο κυκλοφοριακός φόρτος όσο και η σύνθεση του στόλου των οχημάτων θα παραμείνουν σταθερά. Ωστόσο, ο δικαιούχος του έργου μπορεί να έχει εκτιμήσεις για τις μεταβολές του κυκλοφοριακού φόρτου στο μέλλον. Επίσης, ο δικαιούχος μπορεί να λάβει υπόψη την εκτιμώμενη αλλαγή της σύνθεσης του στόλου λαμβάνοντας υπόψη τα σενάρια εξηλεκτρισμού των οδικών μεταφορών που περιλαμβάνονται στην τελευταία έκδοση του ΕΣΕΚ.

Θεωρείται ότι στον αυτοκινητόδρομο κινούνται κατά κύριο λόγο δύο είδη οχημάτων, τα ελαφρά και τα βαρέα.

Οι εκπομπές ανά κατηγορία οχήματος και ανά χιλιόμετρο είναι:

- **Ελαφρά οχήματα:** Θεωρείται ως καύσιμο βενζίνη

Εκπομπές CO₂ = 1,58 MJ/km * (1 GJ/1.000 MJ) * 73,26 kgCO₂/GJ = 0,12 kgCO₂/km

Εκπομπές CH₄ = 1,58 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,8 kgCH₄/TJ = 0,000006 kgCH₄/km

Εκπομπές N₂O = 1,58 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 5,7 kgN₂O/TJ = 0,000009 kgN₂O/km

*Συνολικές εκπομπές: **0,12 kgCO₂eq/km**

-**Βαρέα οχήματα:** Θεωρείται ως καύσιμο το πετρέλαιο κίνησης

Εκπομπές CO₂ = 8,97 MJ/km * (1 GJ/1.000 MJ) * 73,78 kgCO₂/GJ = 0,66 kgCO₂/km

Εκπομπές CH₄ = 8,97 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,9 kgCH₄/TJ = 0,00004 kgCH₄/km

Εκπομπές N₂O = 8,97 MJ/km * (1 TJ/1.000.000 MJ) * 3,9 kgN₂O/TJ = 0,00004 kgN₂O/km

*Συνολικές εκπομπές: **0,67 kgCO₂eq/km**

Με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο που παρουσιάστηκε στον πίνακα 3, οι συνολικές εκπομπές ανά περιφερειακή πόλη είναι:

Περιφερειακή πόλη Α

Εκπομπές ελαφρών = 0,12 kgCO₂eq/km/όχημα * (100%-7%)*8.305 οχήματα/ημέρα = 927 kgCO₂eq/km/ημέρα

Εκπομπές βαρέων = 0,67 kgCO₂eq/km/όχημα * (7%*8.305) οχήματα/ημέρα = 390 kgCO₂eq/km/ημέρα

Συνολικές ημερήσιες εκπομπές οχημάτων = 1.317 kgCO₂eq/km/ημέρα

Συνολικές ετήσιες εκπομπές οχημάτων = 1.317 kgCO₂eq/km/ημέρα * 365 ημέρες/έτος =

480.705 kgCO₂eq/km/έτος ή 481 tnCO₂eq/km/έτος

Στο σύνολο της έκτασης της περιφερειακής οδού, οι ετήσιες εκπομπές πεδίου 3 είναι:

Εκπομπές πεδίου 3 = 481 tnCO₂eq/km * 7,71 km = **3.709 tnCO₂eq**

Περιφερειακή πόλης Β

Εκπομπές ελαφρών = 0,12 kgCO₂eq/km/όχημα * (100%-7%)*10.384 οχήματα/ημέρα = 1.159 kgCO₂eq/km/ημέρα

Εκπομπές βαρέων = 0,67 kgCO₂eq/km/όχημα * (7%*10.384) οχήματα/ημέρα = 487 kgCO₂eq/km/ημέρα

Συνολικές ημερήσιες εκπομπές οχημάτων = 1.646 kgCO₂eq/km/ημέρα

Συνολικές ετήσιες εκπομπές οχημάτων = 1.646 kgCO₂eq/km/ημέρα * 365 ημέρες/έτος = 600.790 kgCO₂eq/km/έτος ή 600,8 tnCO₂eq/km/έτος

Στο σύνολο της έκτασης της περιφερειακής οδού, οι ετήσιες εκπομπές πεδίου 3 είναι:

Εκπομπές πεδίου 3 = 600,1 tnCO₂eq/km * 6,99 km = **4.200 tnCO₂eq**

Περιφερειακή πόλης Γ (βόρεια)

Εκπομπές ελαφρών = 0,12 kgCO₂eq/km/όχημα * (100%-7%)*23.968 οχήματα/ημέρα = 2.675 kgCO₂eq/km/ημέρα

Εκπομπές βαρέων = 0,67 kgCO₂eq/km/όχημα * (7%*23.968) οχήματα/ημέρα = 1.124 kgCO₂eq/km/ημέρα

Συνολικές ημερήσιες εκπομπές οχημάτων = 3.799 kgCO₂eq/km/ημέρα

Συνολικές ετήσιες εκπομπές οχημάτων = 3.799 kgCO₂eq/km/ημέρα * 365 ημέρες/έτος = 1.386.635 kgCO₂eq/km/έτος ή 1.387 tnCO₂eq/km/έτος

Στο σύνολο της έκτασης της περιφερειακής οδού, οι ετήσιες εκπομπές πεδίου 3 είναι:

Εκπομπές πεδίου 3 = 1.387 tnCO₂eq/km * 12,26 km = **17.005 tnCO₂eq**

Περιφερειακή πόλης Γ (νότια)

Εκπομπές ελαφρών = 0,12 kgCO₂eq/km/όχημα * (100%-7%)*32.656 οχήματα/ημέρα = 3.645 kgCO₂eq/km/ημέρα

Εκπομπές βαρέων = 0,67 kgCO₂eq/km/όχημα * (7%*32.656) οχήματα/ημέρα = 1.532 kgCO₂eq/km/ημέρα

Συνολικές ημερήσιες εκπομπές οχημάτων = 5.177 kgCO₂eq/km/ημέρα

Συνολικές ετήσιες εκπομπές οχημάτων = $5.177 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/ημέρα} \times 365 \text{ ημέρες/έτος} = 1.889.605 \text{ kgCO}_2\text{eq/km/έτος}$ ή $1.890 \text{ tnCO}_2\text{eq/km/έτος}$

Στο σύνολο της έκτασης της περιφερειακής οδού, οι ετήσιες εκπομπές πεδίου 3 είναι:

Εκπομπές πεδίου 3 = $1.890 \text{ tnCO}_2\text{eq/km} \times 15,04 \text{ km} = \mathbf{28.426 \text{ tnCO}_2\text{eq}}$

Συνεπώς, οι συνολικές ετήσιες εκπομπές για κάθε πεδίο είναι:

- Πεδίο 1: **0 tnCO₂eq**
- Πεδίο 2: **1.226 tnCO₂eq**
- Πεδίο 3: **53.340 tnCO₂eq**

Συνολικές ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου: **54.566 tnCO₂eq**

*Οι τιμές του δυναμικού πλανητικής υπερθέρμανσης³² για κάθε αέριο του θερμοκηπίου είναι:

- CO₂: 1 tnCO₂e/tnCO₂
- CH₄: 28 tnCO₂e/tnCH₄
- N₂O: 265 tnCO₂e/tnN₂O

2.2.2 Σχετικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου του Έργου

Επεξηγηματικό Κείμενο 4: Υπολογισμός σχετικών εκπομπών

Εφόσον υπολογιστούν οι απόλυτες εκπομπές, σύμφωνα με όσα αναλύονται στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο Δικαιούχος πρέπει να υπολογίσει τις βασικές εκπομπές, δηλαδή τις εκπομπές απουσία του έργου, ώστε να υπολογιστούν οι σχετικές εκπομπές, δηλαδή η διαφορά μεταξύ απόλυτων και βασικών εκπομπών.

(Σχετικές εκπομπές) = (απόλυτες εκπομπές) – (βασικές εκπομπές)

Όταν πρόκειται για νέο έργο, οι βασικές εκπομπές είναι μηδενικές. Συνεπώς, οι σχετικές εκπομπές ταυτίζονται με τις απόλυτες.

Όταν πρόκειται για αναβάθμιση του ίδιου έργου, τότε υπολογίζονται οι βασικές εκπομπές (οι εκπομπές από την προηγούμενη κατάσταση λειτουργίας του έργου) και

³² 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* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp., chapter 8, Table 8.A.1

συνεπώς οι σχετικές εκπομπές.

Γενικά, οι σχετικές εκπομπές θεωρούνται πιο αντιπροσωπευτικές σε σχέση με τις απόλυτες.

Παραδείγματα υπολογισμού βασικών εκπομπών

Αναβάθμιση αυτοκινητόδρομου: Η υποδομή αφορά στην προσθήκη επιπλέον φωτισμού, φωτεινής σήμανσης και στη διάνοιξη δύο σηράγγων με την προσθήκη δρόμου 9 km. Οι βασικές εκπομπές είναι το άθροισμα των έμμεσων εκπομπών που προκύπτουν από τη μέχρι τώρα λειτουργία του αυτοκινητόδρομου, δηλαδή από την υφιστάμενη ανάλωση ηλεκτρισμού για τις υποστηρικτικές υποδομές π.χ. φωτισμός και από την κυκλοφορία των οχημάτων. Σε αυτή την περίπτωση, οι βασικές εκπομπές είναι:

$$(\text{Βασικές εκπομπές}) = \sum_{\text{υφιστάμενες}} (\text{Έμμεσες εκπομπές})$$

Κατασκευή περιφερειακής οδού: Η υποδομή αφορά στην κατασκευή περιφερειακής οδού πόλεως. Η πόλη δεν είχε περιφερειακή οδό στο παρελθόν. Σε αυτή την περίπτωση οι βασικές εκπομπές είναι οι εκπομπές από την κυκλοφορία των οχημάτων στο υφιστάμενο οδικό δίκτυο που διασχίζει την πόλη.

2.2.3 Οικονομική αποτίμηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Το σκιάζον κόστος του άνθρακα που αναφέρεται στην Τεχνική Οδηγία³³ πρέπει να χρησιμοποιείται για έργα υποδομής κατά την περίοδο 2021-2027.

Παράδειγμα Γ: Οικονομική αποτίμηση εκπομπών Περιφερειακής Οδού

Γίνεται η υπόθεση ότι η Περιφερειακή Οδός θα αρχίσει να λειτουργεί το 2025 με εκτιμώμενο χρόνο ζωής 75 έτη, δηλαδή έως το 2100. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για κάθε τυπικό έτος λειτουργίας εκτιμήθηκαν σε 54.566 t_{CO₂eq}.

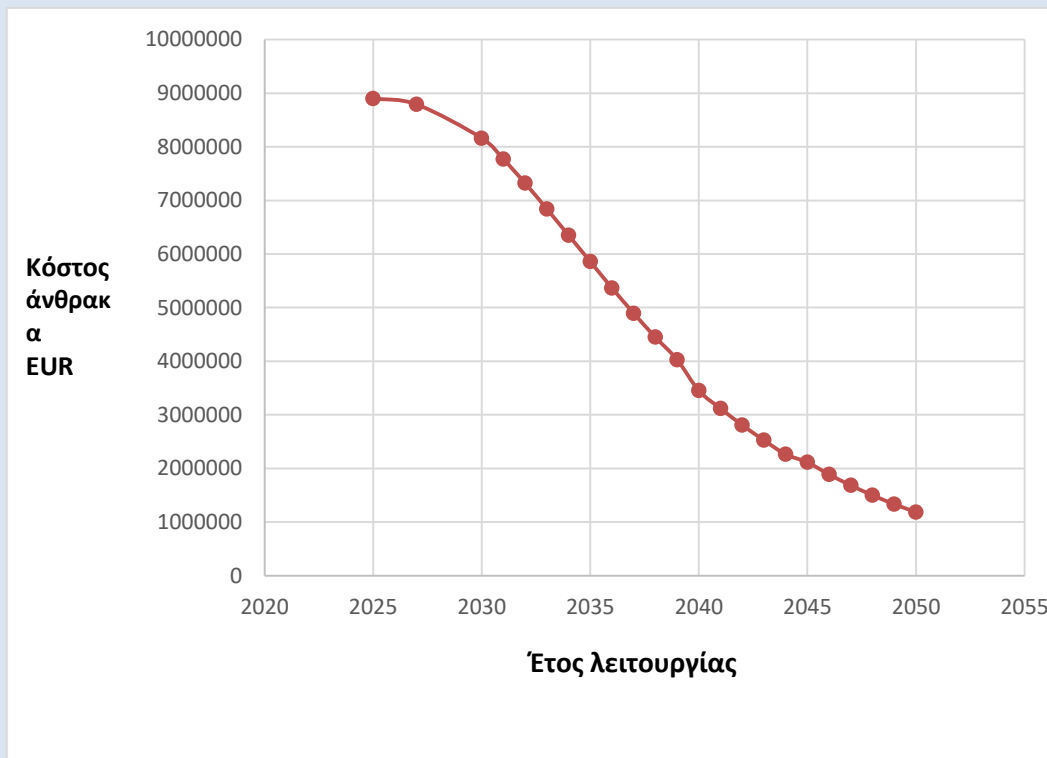
Εκτιμάται ότι το κόστος άνθρακα μειώνεται ανά έτος. Αυτό θα συμβεί διότι οι εκπομπές πεδίου 2 θα μειώνονται σταδιακά λόγω μείωσης του συντελεστή εκπομπών ηλεκτροπαραγωγής σύμφωνα με το ΕΣΕΚ³⁴. Επίσης, οι εκπομπές πεδίου 3 μειώνονται με την σταδιακή αντικατάσταση των συμβατικών οχημάτων από οχήματα μηδενικών ρύπων με στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050 σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό Νόμο για το κλίμα³⁵ και τον Εθνικό Κλιματικό Νόμο. Από το 2050 και έπειτα οι εκπομπές αναμένεται να είναι μηδενικές, το ίδιο και το κόστος άνθρακα.

³³ Τεχνικές κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των υποδομών στην κλιματική αλλαγή κατά την περίοδο 2021-2027 (2021/C 373/01) [σελ. 25, Πίνακας 5]

³⁴ Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΦΕΚ 4893/Β/31-12-2019)

³⁵ Κανονισμός (ΕΕ) 2021/1119 θέσπιση πλαισίου με στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 401/2009 και (ΕΕ) 2018/1999 («ευρωπαϊκό νομοθέτημα για το κλίμα»)

Το κόστος άνθρακα για κάθε έτος λειτουργίας από το 2025 έως το 2050 παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα. Από το 2050 και έπειτα το κόστος άνθρακα αναμένεται να είναι μηδενικό.



Διάγραμμα : Κόστος άνθρακα για τα έτη λειτουργίας 2025-2050

Οι τιμές του κόστους άνθρακα χρησιμοποιούνται μόνο για την εκτίμηση της αξίας της καθαρής εξοικονόμησης άνθρακα ή εκπομπών στο πλαίσιο αναλύσεων κόστους-οφέλους από την οπτική γωνία της κοινωνίας. Οι προβλέψεις για τη ζήτηση και άλλες σχετικές πτυχές της οικονομικής ανάλυσης ή της οικονομικής βιωσιμότητας των έργων διαμορφώνονται με βάση υφιστάμενα μηνύματα για τις τιμές της αγοράς, τα οποία επηρεάζονται από το πλήρες φάσμα των πολιτικών στήριξης.

2.2.4 Συμβατότητα με το στόχο της κλιματικής ουδετερότητας

Το τελευταίο βήμα στην αξιολόγηση της ουδετερότητας άνθρακα (carbon neutrality proofing) είναι η επιβεβαίωση της συμβατότητας του έργου με μια ρεαλιστική πορεία επίτευξης των στόχων της Ελλάδας³⁶ και της Ε.Ε. για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο μέλλον, των στόχων της Συμφωνίας του Παρισιού και των διατάξεων του

³⁶ Ν. 4936 (ΦΕΚ 105Α/27-5-2022) Εθνικός κλιματικός νόμος - Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, επείγουσες διατάξεις για την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης και την προστασία του περιβάλλοντος

Ευρωπαϊκού Νόμου για το κλίμα³⁷. Η επιβεβαίωση θα μπορούσε ακόμη να βασίζεται στη σύγκριση με μια μακροπρόθεσμη εθνική στρατηγική όπως είναι το Ελληνικό Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) που καλύπτει δεκαετείς περιόδους ξεκινώντας από την δεκαετία 2021 - 2030, τη Μακροχρόνια Στρατηγική για το έτος 2050 (ΜΣ50) και τον Εθνικό Κλιματικό Νόμο (ΕΚΝ) 4936/2022.

Επεξηγηματικό Κείμενο 5: Συμβατότητα των οδικών έργων με την κλιματική ουδετερότητα

Σημειώνεται ότι σε στρατηγικό επίπεδο, η εφαρμογή μιας στρατηγικής μετριασμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου συνεπάγεται μια συνολική στρατηγική επιλογών τρόπων μετακίνησης σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο.

Όπως προαναφέρθηκε, οι οδικές μεταφορές δεν περιλαμβάνουν συνήθως άμεσες εκπομπές. Περιλαμβάνουν έμμεσες εκπομπές από την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας και κυρίως από την κυκλοφορία των οχημάτων εντός των ορίων του έργου. Συνεπώς, η συμβατότητα θα εξεταστεί ως προς τις έμμεσες εκπομπές.

Σύμφωνα με τον πίνακα 38 του ΕΣΕΚ³⁸ προβλέπεται μείωση των εκπομπών από την ηλεκτροπαραγωγή έως το 2030. Στον ίδιο πίνακα δίνεται και η αντίστοιχη ηλεκτροπαραγωγή έως το 2030. Η ποσοστιαία μείωση των εκπομπών ανά μονάδα ηλεκτροπαραγωγής και ανά έτος έως το 2030, με βάση τα δεδομένα του πίνακα 38, είναι 26% περίπου. Από το 2030 και έπειτα προβλέπεται περαιτέρω μείωση των εκπομπών ηλεκτροπαραγωγής, καθώς το μείγμα καυσίμου θα περιλαμβάνει σε αυξανόμενο ποσοστό ΑΠΕ. Το έτος 2050 αναμένεται να επικρατεί κλιματική ουδετερότητα στην ΕΕ σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Νόμο για το κλίμα.

Σύμφωνα με τον εθνικό κλιματικό Νόμο 4936/2022, στο άρθρο 12 «Μέτρα προώθησης των οχημάτων μηδενικών εκπομπών»,

- η παρ. 1 ορίζει την υποχρέωση της νέας ταξινόμησης ΤΑΞΙ και του 1/3 των οχημάτων εκμίσθωσης από 1/1/2026, ως οχήματα μηδενικών ρύπων.
- Η παρ. 2 αναφέρει ότι από 1/1/2024 το ¼ των νέων εταιρικών επιβατικών να είναι οχήματα με εκπομπές CO₂ μικρότερες από 50 g/km.
- Η παρ. 4 αναφέρει ότι από 1/1/2030 τα νέα επιβατικά και ελαφρά επιβατικά που ταξινομούνται θα είναι οχήματα μηδενικών ρύπων.

Ο εξηλεκτρισμός του στόλου των οχημάτων προβλέπεται και στο ΕΣΕΚ. Συγκεκριμένα προβλέπονται δύο σενάρια εξηλεκτρισμού. Στο σενάριο αναφοράς προβλέπεται ότι το 2030 οι ταξινομήσεις οχημάτων μηδενικών ρύπων θα ανέρχονται στο 24,1% του συνόλου ενώ στο σενάριο πρόσθετων μέτρων προβλέπεται ότι θα ανέρχονται στο 30%.

Συνολικά, εκτιμάται ότι ο συνδυασμός μείωσης των εκπομπών της ηλεκτροπαραγωγής και εξηλεκτρισμού του στόλου των οχημάτων θα οδηγήσουν σε πολύ μεγάλη μείωση των έμμεσων εκπομπών που προκαλούνται από οδικά έργα.

³⁷ Κανονισμός (ΕΕ) 2021/1119 θέσπιση πλαισίου με στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 401/2009 και (ΕΕ) 2018/1999 («ευρωπαϊκό νομοθέτημα για το κλίμα»)

³⁸ ΦΕΚ 4893Β/31-12-2019

3. Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή αποτελείται από δύο φάσεις, τον προέλεγχο και τη λεπτομερή ανάλυση. Κατά τον προέλεγχο γίνεται η ανάλυση τρωτότητας του Έργου στην κλιματική αλλαγή. Από την ανάλυση τρωτότητας αποφασίζεται αν απαιτείται η λεπτομερής ανάλυση ή όχι. Σε περίπτωση που απαιτείται, η λεπτομερής ανάλυση περιλαμβάνει την ανάλυση διακινδύνευσης κάθε σημαντικής πηγής κινδύνου που προσδιορίστηκε στην ανάλυση τρωτότητας. Κατά την ανάλυση διακινδύνευσης αξιολογείται η κάθε πηγή κινδύνου, που πλέον αποτελεί τον εγγενή κίνδυνο, ως προς το επίπεδο σημαντικότητάς της. Για σημαντικούς εγγενείς κινδύνους απαιτείται να εξεταστούν μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, τα οποία μειώνουν τον κάθε σημαντικό εγγενή κίνδυνο σε αποδεκτό επίπεδο υπολειπόμενου κινδύνου.

Ο Δικαιούχος του Έργου πρέπει να ενσωματώσει την εκτίμηση κλιματικής τρωτότητας και την ανάλυση διακινδύνευσης από την αρχή της διαδικασίας ανάπτυξης του Έργου, διότι με τον τρόπο αυτόν εξασφαλίζεται συνήθως το ευρύτερο δυνατό φάσμα δυνατοτήτων για την επιλογή των βέλτιστων επιλογών προσαρμογής.

Αναλυτικά, η μεθοδολογία εξηγείται στο Προσωρινό Πλαίσιο αξιολόγησης.

3.1 Προέλεγχος

Η φάση του προελέγχου περιλαμβάνει την ανάλυση της τρωτότητας του Έργου στην κλιματική αλλαγή. Η ανάλυση τρωτότητας χωρίζεται σε τρία βήματα και περιλαμβάνει τη διενέργεια 1) ανάλυσης ευαισθησίας, 2) ανάλυσης της υφιστάμενης και μελλοντικής έκθεσης, και 3) έναν συνδυασμό αυτών των δύο για την ανάλυση τρωτότητας.

Για την ανάλυση ευαισθησίας, έκθεσης και τρωτότητας χρησιμοποιείται το υπολογιστικό εργαλείο excel που έχει αναπτυχθεί από τη Γεν. Γραμματεία Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ. Σημειώνεται ότι οι πηγές κλιματικού κινδύνου που δεν αφορούν στο υπό αξιολόγηση Έργο (για παράδειγμα οι «αλλαγές στη διάρκεια καλλιεργητικών περιόδων» δεν αφορούν στα Έργα οδικών μεταφορών) μπορούν είτε να προσδιοριστούν ως «χαμηλής» ευαισθησίας/έκθεσης είτε να μην συμπληρωθούν καθόλου στο excel.

Μια αναλυτική παρουσίαση της αναμενόμενης μεταβολής των κλιματικών παραμέτρων μπορεί να αναζητηθεί στον Εθνικό Πληροφοριακό Διαδικτυακό Κόμβο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (<https://adaptivegreecehub.gr/>³⁹) που αναπτύχθηκε από το έργο LIFE-IP AdaptInGR (www.adaptivegreece.gr). Τα στοιχεία του κόμβου έχουν χρησιμοποιηθεί στα παραδείγματα που ακολουθούν.

³⁹ Εργαλείο απεικόνισης κλιματικών προβλέψεων: <https://geo.adaptivegreecehub.gr>

Εργαλείο ελέγχου κλιματικής ανθεκτικότητας <https://adaptivegreecehub.gr/eleghos-klimatikis-anthektikotitas/>

Ανάλυση ευαισθησίας

Σκοπός της ανάλυσης ευαισθησίας είναι να προσδιοριστούν οι πηγές κινδύνου για το συγκεκριμένο τύπο Έργου βάσει των κατασκευαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών του ανεξάρτητα από την τοποθεσία χωροθέτησης του.

Παράδειγμα Γ: Ανάλυση ευαισθησίας Περιφερειακής Οδού

Το Έργο έχει συνολική έκταση 42 km. Χωροθετείται στην ηπειρωτική χώρα. Ένα τμήμα της οδού διέρχεται από παραθαλάσσιες περιοχές. Ένα άλλο τμήμα της οδού διέρχεται από δασική έκταση. Επίσης, τμήμα της οδού διασχίζει ορεινή περιοχή σε υψόμετρο 800 m. Στην περιοχή αυτή υπάρχει κίνδυνος κατολισθήσεων βράχων. Επιπλέον, η Περιφερειακή Οδός περιλαμβάνει μια γέφυρα για τη διάσχιση χειμάρρου.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά του Έργου, καταστρώνεται πίνακας ευαισθησίας, όπου σε κάθε πηγή κινδύνου αντιστοιχίζεται βαθμολογία ευαισθησίας για κάθε παράμετρο του Έργου (κατασκευή, λειτουργία, προϊόντα/υπηρεσίες, ένταξη στην περιοχή). Η μέγιστη βαθμολογία κάθε κινδύνου σημειώνεται ξεχωριστά. Η ανάλυση βασίζεται στον τύπο του Έργου και δεν γίνεται καμία συσχέτιση με την περιοχή που διασχίζει το οδικό έργο.

Η ανάλυση έχει γίνει με χρήση του υπολογιστικού εργαλείου excel που αναπτύχθηκε από την Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ.

Πίνακας : Ανάλυση ευαισθησίας για την περιφερειακή οδό

Πηγή Κινδύνου	Ευαισθησία				
	Κατασκευή	Λειτουργία	Προϊόντα Υπηρεσίες	Ένταξη στην περιοχή	Σύνολο Ευαισθησίας
Καύσωνας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Κύμα ψύχους	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Παγετός (Αριθμός Ημερών με TN<0)	Μέτρια	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Δασική πυρκαγιά	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Θύελλα	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Ξηρασία	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ισχυρός υετός	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Πλημμύρα	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Καθίζηση	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή

Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αστική θερμονησίδα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Θερμική καταπόνηση	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή χαρακτηριστικών των ανέμων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή χαρακτηριστικών και τύπων υετού	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Διείσδυση αλμυρού νερού, υφαλμύριση επιφανειακών & υπόγειων υδάτων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Διαθεσιμότητα και καταπόνηση υδάτινων πόρων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Διάβρωση των ακτών	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Υποβάθμιση του εδάφους, μεταβολή της περιεκτικότητας αλάτων, ερημοποίηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αλλαγές στη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή

Ο παραπάνω πίνακας συμπληρώνεται με βάση την τεχνογνωσία και την εμπειρία των μελετητών του Έργου, λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντικότητα των επιπτώσεων των πηγών κινδύνου σε ένα οδικό έργο. Όσα αναφέρονται παραπάνω είναι ενδεικτικά και το αποτέλεσμα της ανάλυσης ευαισθησίας μπορεί να είναι διαφορετικό ανά περίπτωση.

Όσο αφορά στην **κατασκευή** του, η Περιφερειακή Οδός εκτιμάται ότι έχει υψηλή ευαισθησία σε φαινόμενα κατολίσθησης και καθίζησης, τα οποία, αν συμβούν, μπορούν να οδηγήσουν στην καταστροφή τμημάτων του δρόμου. Επιπλέον έχει μέτρια ευαισθησία σε ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα όπως για παράδειγμα σε καύσωνες, κύματα ψύχους, παγετούς, κυκλώνες, θύελλες, ισχυρό υετό, κλπ που μπορούν εν δυνάμει να δημιουργήσουν προβλήματα σε κατασκευαστικά στοιχεία του έργου, όπως η σήμανση, ο φωτισμός, ΗΜ εγκαταστάσεις, κλπ. Μπορούν επίσης να δημιουργήσουν προβλήματα στο οδόστρωμα (π.χ. ρωγμές) ή καταστροφή άλλων επιμέρους κατασκευαστικών στοιχείων, όπως αντιστηρίγματα και γέφυρες. Αντίστοιχα προβλήματα μπορούν να δημιουργήσουν κίνδυνοι όπως δασικές πυρκαγιές και πλημμύρες. Χρόνιοι κίνδυνοι όπως η αύξηση της στάθμης της θάλασσας, η διάβρωση των ακτών, η θερμική καταπόνηση και η μεταβλητότητα της θερμοκρασίας μπορούν επίσης να δημιουργήσουν φθορές και κατασκευαστικά προβλήματα σε επιμέρους τμήματα του οδικού έργου.

Όσο αφορά στη **λειτουργία και στην παροχή υπηρεσιών** (στην προκειμένη περίπτωση την παροχή υπηρεσιών μετακίνησης), η Περιφερειακή Οδός εκτιμάται ότι έχει υψηλή

ευαισθησία σε ακραία φαινόμενα όπως κύματα ψύχους, παγετός και ισχυρός υετός. Τέτοια φαινόμενα μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση του κινδύνου χρήσης του δρόμου ή ακόμη και σε προσωρινή διακοπή της λειτουργίας του οδικού έργου και διακινδύνευση των χρηστών που βρίσκονται στο δρόμο κατά τη διάρκεια των φαινομένων. Υψηλή ευαισθησία εκτιμάται ότι υπάρχει και στην εμφάνιση φαινομένων όπως οι πλημμύρες, οι κατολισθήσεις και οι καθιζήσεις που επίσης διακόπτουν τη λειτουργία του έργου και θέτουν σε κίνδυνο τους χρήστες του. Γενικότερα, όλα τα ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα όπως οι κυκλώνες, οι θύελλες και οι ανεμοστρόβιλοι επηρεάζουν τη λειτουργία και την παροχή υπηρεσιών του οδικού έργου. Η μεταβολή των χαρακτηριστικών τύπων υετού (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος) προκαλούν μέτρια ευαισθησία καθώς επηρεάζουν τη λειτουργία, ιδιαίτερα αν δεν έχει προβλεφθεί η ένταση και η συχνότητά τους κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή του έργου (π.χ. κατά το σχεδιασμό των έργων αποστράγγισης του δρόμου).

Η **ένταξη στην περιοχή** ενός οδικού έργου μπορεί να αφορά στην μεταβολή που προκαλεί ένας κίνδυνος στη ζήτηση της χρήσης του ή ακόμη στη δυνατότητα πρόσβασης στο δρόμο (π.χ. όταν δημιουργηθεί ανάγκη εκκένωσης μιας περιοχής λόγω δασικής φωτιάς ή πλημμύρας). Επομένως, ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα και καταστάσεις όπως πλημμύρες, δασικές φωτιές, κατολισθήσεις και καθιζήσεις αλλά και χρόνιοι κίνδυνοι όπως η άνοδος της θάλασσας και η διάβρωση των ακτών δημιουργούν μέτρια ευαισθησία στην ένταξη του έργου.

Ανάλυση έκθεσης

Σκοπός της ανάλυσης έκθεσης είναι να προσδιοριστούν οι πηγές κινδύνου για την περιοχή του Έργου, ανεξάρτητα από τη φύση του. Ειδικά για οδικά έργα, είναι προφανές ότι επειδή πρόκειται για γραμμικά έργα που μπορεί να διασχίζουν πολλές περιοχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά, η ανάλυση της έκθεσης μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική, ακόμη και για την αρχική επιλογή της χάραξης του δόμου.

Επεξηγηματικό Κείμενο 6: Έκθεση σε πηγές κινδύνου λόγω Έργου οδικών μεταφορών σε γεωγραφική περιοχή με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά

Διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές μπορούν να εκτίθενται σε διαφορετικές πηγές κινδύνου. Πολλές πηγές κινδύνου ενδέχεται να συνδέονται μεταξύ τους με σχέση αιτίας – αιτιατού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται περιπτώσεις χωροθέτησης οδικού Έργου σε περιοχές που εκτίθενται ή δύναται να εκτεθούν σε πηγές κινδύνου:

- **Παράκτιες περιοχές** είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένες σε αυξανόμενα ύψη κυμάτων θύελλας, πλημμύρες, διάβρωση ακτών, άνοδο της στάθμης της θάλασσας και στην οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος. Έργα που χωροθετούνται σε παραθαλάσσιες περιοχές είναι εκτεθειμένα σε αυτές τις πηγές κινδύνου. Στις υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να μην είναι σημαντική πηγή κινδύνου, ωστόσο, σύμφωνα με τα κλιματικά μοντέλα θα

αποτελέσει σημαντική πηγή κινδύνου στις μελλοντικές συνθήκες, ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη ότι τα οδικά έργα είναι υποδομές με μεγάλο χρόνο ζωής και η κατασκευή τους επηρεάζει τις χρήσεις γης γύρω από αυτά. Η πηγή κινδύνου μπορεί τοπικά να είναι περισσότερο σημαντική. Για παράδειγμα, οι δυτικές ακτές της Πελοποννήσου και οι ακτές του Θερμαϊκού είναι περισσότερο εκτεθειμένες στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας λόγω χαμηλού υψομέτρου.

Για τον έλεγχο της ανόδου της **στάθμης της θάλασσας**, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα τέσσερα σενάρια υψηλής προτεραιότητας που προτάθηκαν στην πρόσφατη αναφορά της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2021).

- **Περιοχές σε δυνητικές ζώνες πλημμύρισης** (π.χ. δίπλα σε ποτάμια, χειμάρρους και ρέματα) είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένες σε πλημμύρες. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας έχει καταρτίσει σχέδια διαχείρισης κινδύνων πλημμυρών για τη χώρα και έχει δημοσιεύσει χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας. Η έκθεση σε πλημμύρες ισχύει τόσο για τις υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες όσο και για τις μελλοντικές. Συνεργιστικό ρόλο έχει και η διαχείριση κάθε συγκεκριμένης περιοχής πλημμύρισης. Μη ορθολογικές μέθοδοι διαχείρισης ρεμάτων και χειμάρρων εντείνουν τον κίνδυνο πλημμύρας.

Για τον έλεγχο **πλημμύρας**, πρέπει να αξιολογηθεί η θέση του Έργου σε σχέση με τις ζώνες πλημμύρισης των σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας (ΣΔΚΠ) κάθε υδατικού διαμερίσματος της Ελλάδας. Τα ΣΔΚΠ βρίσκονται υπό αναθεώρηση και έχει ήδη ολοκληρωθεί η 1^η Αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας (έκδοση 08/08/2021) στην οποία περιλαμβάνονται και οι αναθεωρημένες Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου, βάσει της εκτιμώμενης επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ένταση των βροχοπτώσεων σε κάθε υδατικό διαμέρισμα και τις εκτιμήσεις για την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας.

- **Περιοχές με αυξημένες εποχιακές βροχοπτώσεις** είναι συχνά πιο εκτεθειμένες σε στιγμιαίες πλημμύρες (flash floods) και διάβρωση του εδάφους. Διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές έχουν διαφορετικά κλιματικά δεδομένα. Το μέγιστο ύψος υετού και η ραγδαιότητα μπορεί και στις υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες να είναι τέτοια ώστε να ευνοούν τις στιγμιαίες πλημμύρες. Συνεργιστικό ρόλο μπορεί να έχει και η διαχείριση μιας περιοχής ή το ιστορικό της (π.χ. πρόσφατη δασική πυρκαγιά). Αυξημένες βροχοπτώσεις και στιγμιαίες πλημμύρες ενδέχεται να επηρεάζουν σημαντικά τη λειτουργία του Έργου.

Για τον έλεγχο των αναμενόμενων **μεταβολών των μετεωρολογικών παραμέτρων** μιας περιοχής, περιλαμβανομένων των βροχοπτώσεων, των θερμοκρασιών και των ανεμολογικών στοιχείων, μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα διαδικτυακά εργαλεία κλιματικών προβολών για την Ελλάδα που έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο του έργου LIFE-IP AdaptInGR (www.adaptivegreece.gr): α) στη Διαδικτυακή Πύλη Γεωχωρικών Πληροφοριών του ΥΠΕΝ (https://mapsportal.ypen.gr/thema_climatechange) και β) στον Εθνικό Κόμβο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (<https://geo.adaptivegreecehub.gr>).

- **Περιοχές με χαμηλό ύψος υετού** είναι συχνά πιο εκτεθειμένες σε κίνδυνο ξηρασίας. Επιπλέον εφόσον τέτοιες περιοχές είναι δασικές, είναι περισσότερο

εκτεθειμένες σε κίνδυνο δασικής πυρκαγιάς. Το χαμηλό ύψος υετού, το ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο και η χαμηλή υγρασία του αέρα αυξάνουν τις πιθανότητες πυρκαγιάς. Για παράδειγμα, η πιθανότητα δασικής πυρκαγιάς στη Νότια Ελλάδα είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι στη Βόρεια Ελλάδα.

Για τον έλεγχο των αναμενόμενων **μεταβολών στο ύψος υετού και τη διάρκεια των περιόδων ξηρασίας**, μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα προαναφερθέντα διαδικτυακά εργαλεία κλιματικών προβολών για την Ελλάδα που έχει αναπτύξει το έργο LIFE-IP AdaptInGR (www.adaptivegreece.gr).

- **Περιοχές εντός δασικών εκτάσεων** είναι εκτεθειμένες σε κίνδυνο δασικής πυρκαγιάς. Ιδιαίτερα τα μεσογειακά δάση κωνοφόρων είναι πυρόφιλα και η φωτιά αποτελεί έτσι κι αλλιώς ένα φυσικό τρόπο αναγέννησής τους. Ακόμη και περιοχές που γειτνιάζουν με δασικές εκτάσεις, συνήθως αγροτικές περιοχές, έχουν υψηλότερο κίνδυνο δασικής πυρκαγιάς.

Για τον έλεγχο **δασικής πυρκαγιάς**, πρέπει να αξιολογηθεί αν το προτεινόμενο Έργο εντάσσεται εντός δασικής έκτασης, σύμφωνα με τους δασικούς χάρτες που έχουν αναρτηθεί από το εθνικό κτηματολόγιο.

- **Περιοχές σε επικλινή εδάφη**, όπως για παράδειγμα σε πλαγιά βουνού ή στο τέλος της πλαγιάς εκτίθενται σε κίνδυνο κατολίσθησης. Η κατολίσθηση ως πηγή κινδύνου συχνά σχετίζεται με μετεωρολογικά φαινόμενα όπως το μεγάλο ύψος υετού. Συνεργιστικά μπορεί να λειτουργούν και ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην περιοχή που σχετίζονται π.χ. με τις χρήσεις γης ή το ιστορικό της περιοχής, π.χ. πρόσφατη δασική πυρκαγιά.

Για τον κίνδυνο της **διάβρωσης** του εδάφους στην Ελλάδα, μπορούν να αξιοποιηθούν οι χάρτες αξιολόγησης της τρωτότητας σε εδαφική διάβρωση των σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας, το [Γεωπληροφοριακό Σύστημα Εδαφολογικών Δεδομένων](#) και οι εδαφολογικές χάρτες της [Διαδικτυακής Πύλης Γεωχωρικών Πληροφοριών](#) του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

- **Περιοχές με ακραίες υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες** είναι εκτεθειμένες σε σημαντική μεταβλητότητα της θερμοκρασίας, σε καύσωνες και σε κύματα ψύχους και παγετού. Τέτοιες συνθήκες ενδέχεται να επηρεάσουν τη λειτουργία του Έργου. Επιπλέον, γρήγορες θερμοκρασιακές μεταβολές και ακραίες θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στον μηχανολογικό εξοπλισμό που βρίσκεται εκτεθειμένος στις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Για τον έλεγχο της ακραίας ξηρασίας και υποβάθμισης του εδάφους, που ονομάζεται και **ερημοποίηση**, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο χάρτης ερημοποίησης της έκθεσης της Ελλάδας που προετοιμάστηκε για την 6η Συνάντηση των Μερών της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης (UNCCP COP 6).

Χρήσιμες πηγές δεδομένων για την ανάλυση έκθεσης διατίθεται στην ειδική ενότητα «Έλεγχος κλιματικής ανθεκτικότητας», που δημιουργήθηκε στον Εθνικό Κόμβο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή του έργου LIFE-IP AdaptInGR: <https://adaptivegreecehub.gr/elegchos-klimatikis-anthektikotitas/>

Παράδειγμα Γ: Ανάλυση έκθεσης για την Περιφερειακή Οδό

Το Έργο έχει συνολική έκταση 42 km. Χωροθετείται στην ηπειρωτική χώρα. Ένα τμήμα της οδού διέρχεται από παραθαλάσσιες περιοχές. Ένα άλλο τμήμα της οδού διέρχεται από δασική έκταση. Επίσης, τμήμα της οδού διασχίζει ορεινή περιοχή σε υψόμετρο 800 m. Στην περιοχή αυτή υπάρχει κίνδυνος κατολισθήσεων βράχων. Επιπλέον, η Περιφερειακή Οδός περιλαμβάνει μια γέφυρα για τη διάσχιση χειμάρρου.

Με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά, καταστρώνεται ο πίνακας έκθεσης, όπου σε κάθε πηγή κινδύνου αποδίδεται βαθμολογία έκθεσης λόγω της τοποθεσίας του Έργου για τις υφιστάμενες και τις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες. Η διάρκεια ζωής του Έργου (75 έτη) επιβάλλει την χρήση προβλέψεων για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το επίπεδο έκθεσης μεταβάλλεται στο μέλλον. Για την επιλογή των βαθμολογιών έκθεσης μελετήθηκε το οικείο ΠεΣΠΚΑ και ελέγχθηκε η θέση του Έργου ως προς τις ζώνες πλημμύρισης, τους δασικούς χάρτες και τη διάβρωση του εδάφους. Επιπλέον, η έκθεση στις πηγές κλιματικού κινδύνου αξιολογείται και με τους δείκτες του Εθνικού Κόμβου για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή που διατίθενται στην ιστοσελίδα geo.adaptivegreecehub.gr. Στο παρόν παράδειγμα η ανάλυση έκθεσης πραγματοποιείται μόνο για το σενάριο RCP 8.5. Ωστόσο, σημειώνεται ότι το Πλαίσιο Αξιολόγησης, συνιστά τη χρήση τόσο του σεναρίου RCP 4.5 όσο και του σεναρίου RCP 8.5 στο στάδιο προελέγχου, προκειμένου να εντοπιστούν τα τρωτά σημεία των υποδομών στην κλιματική αλλαγή, καθώς και η συμπεριφορά τους σε οριακές τιμές (κατώφλια/thresholds).

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με χρήση του υπολογιστικού εργαλείου excel που αναπτύχθηκε από τη Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ.

Πίνακας: Ανάλυση έκθεσης για την περιφερειακή οδό

Πηγή Κινδύνου	Έκθεση		
	Υφιστάμενες συνθήκες	Μελλοντικές συνθήκες	Σύνολο Έκθεσης
Καύσωνας	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Κύμα ψύχους	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$)	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Δασική πυρκαγιά	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Θύελλα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή

Ξηρασία	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ισχυρός υετός	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή
Πλημμύρα	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Καθίζηση	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αστική θερμονησίδα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Θερμική καταπόνηση	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή χαρακτηριστικών των ανέμων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή χαρακτηριστικών και τύπων υετού	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Διείσδυση αλμυρού νερού, υφαλμύριση επιφανειακών & υπόγειων υδάτων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Διαθεσιμότητα και καταπόνηση υδάτινων πόρων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Διάβρωση των ακτών	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Υποβάθμιση του εδάφους, μεταβολή της περιεκτικότητας αλάτων, ερημοποίηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αλλαγές στη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή

Εκτιμάται ότι υφίσταται υψηλή έκθεση σε ισχυρό υετό (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος) λόγω των εκτιμώμενων μελλοντικών μετεωρολογικών συνθηκών στην περιοχή που διασχίζει ο δρόμος.

Γενικότερα, μελλοντικές κλιματικές συνθήκες, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, αναμένεται να είναι δυσμενέστερες από τις υφιστάμενες στην πλειοψηφία των περιπτώσεων. Για τη συγκεκριμένη τοποθεσία του Έργου, διαπιστώνεται μέτρια έκθεση σε πηγές κινδύνου σχετικές με τη θερμοκρασία (καύσωνας, κύμα ψύχους, παγετός, θερμική καταπόνηση, μεταβλητότητα της θερμοκρασίας) και στη δασική πυρκαγιά. Μελλοντικά, μέτρια έκθεση αναμένεται σε κατολίσθηση, διάβρωση του εδάφους και των ακτών, καθίζηση και άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Ανάλυση τρωτότητας

Η ανάλυση τρωτότητας συνδυάζει το αποτέλεσμα της ανάλυσης ευαισθησίας και της ανάλυσης έκθεσης. Αποσκοπεί στην αξιολόγηση των πηγών κινδύνων και έτσι διαμορφώνει τη βάση για τη λήψη απόφασης σχετικά με τη μετάβαση στο στάδιο της λεπτομερούς ανάλυσης.

Η ανάλυση τρωτότητας μπορεί να συνοψιστεί σε έναν πίνακα και αφορά στον συγκεκριμένο τύπο έργου στην επιλεγμένη τοποθεσία. Ο πίνακας συνδυάζει την ευαισθησία και έκθεση συγκεκριμένης υποδομής σε κάθε πηγή κινδύνου

Παράδειγμα Γ: Ανάλυση τρωτότητας για την Περιφερειακή Οδό

Σε άμεση συνέχεια των προηγούμενων αναλύσεων, γίνεται η ανάλυση τρωτότητας για το εξεταζόμενο Έργο της Περιφερειακής Οδού με τα χαρακτηριστικά που έχουν παρατεθεί ανωτέρω. Στην ανάλυση αυτή, δηλαδή, συσχετίζεται τόσο ο τύπος του Έργου όσο και η τοποθεσία του με τις πηγές κινδύνου. Από τον συνδυασμό των αποτελεσμάτων για την ευαισθησία και την έκθεση του Έργου στις πηγές κινδύνου, προκύπτει ο πίνακας τρωτότητας που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με χρήση του υπολογιστικού εργαλείου excel που αναπτύχθηκε από τη Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ.

Πίνακας: Ανάλυση τρωτότητας για την περιφερειακή οδό

Πηγή Κινδύνου	Σύνολο Ευαισθησίας	Σύνολο Έκθεσης	Τρωτότητα
Καύσωνας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Κύμα ψύχους	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$)	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Δασική πυρκαγιά	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή
Θύελλα	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή
Ξηρασία	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ισχυρός υετός	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Πλημμύρα	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Καθίζηση	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αστική θερμονησίδα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Θερμική καταπόνηση	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή χαρακτηριστικών των ανέμων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή χαρακτηριστικών και τύπων υετού	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Διείσδυση αλμυρού νερού, υφαλμύριση επιφανειακών & υπόγειων υδάτων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή

Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Διαθεσιμότητα και καταπόνηση υδάτινων πόρων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Διάβρωση των ακτών	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Υποβάθμιση του εδάφους, μεταβολή της περιεκτικότητας αλάτων, ερημοποίηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αλλαγές στη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή

Με την ανάλυση τρωτότητας ολοκληρώνεται η φάση του προελέγχου για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Καταδεικνύονται οι ακόλουθες πηγές κινδύνου, στις οποίες το Έργο παρουσιάζει τουλάχιστον μέτριας βαθμολογίας τρωτότητα:

- Καύσωνας (μέτρια τρωτότητα)
- Κύμα ψύχους (υψηλή τρωτότητα)
- Παγετός (υψηλή τρωτότητα)
- Δασική πυρκαγιά (μέτρια τρωτότητα)
- Ισχυρός υετός (υψηλή τρωτότητα)
- Πλημμύρα (υψηλή τρωτότητα)
- Κατολίσθηση/ διάβρωση εδάφους (υψηλή τρωτότητα)
- Καθίζηση (υψηλή τρωτότητα)
- Θερμική καταπόνηση (μέτρια τρωτότητα)
- Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας (μέτρια τρωτότητα)
- Άνοδος της στάθμης της θάλασσας (μέτρια τρωτότητα)
- Διάβρωση των ακτών (μέτρια τρωτότητα)

Καθώς προκύπτουν πηγές κινδύνου στις οποίες το Έργο παρουσιάζει τρωτότητα, ακολουθεί λεπτομερής ανάλυση για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Στην λεπτομερή ανάλυση, ο εγγενής κίνδυνος από κάθε πηγή μετριάζεται μέσω μέτρων προσαρμογής, ώστε ο υπολειπόμενος κίνδυνος να βρίσκεται σε αποδεκτά επίπεδα.

3.2 Λεπτομερής ανάλυση

3.2.1 Ανάλυση διακινδύνευσης

Η ανάλυση διακινδύνευσης (risk assessment) συσχετίζει τους κλιματικού κινδύνους με τον τρόπο λειτουργίας του Έργου σε διάφορες διαστάσεις (τεχνική, περιβαλλοντική, κοινωνική, οικονομική κ.λπ.) και εξετάζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ παραγόντων. Ως εκ τούτου, κατά την ανάλυση διακινδύνευσης ενδέχεται να εντοπιστούν ζητήματα που δεν είχαν εντοπιστεί κατά την ανάλυση τρωτότητας.

Η ανάλυση διακινδύνευσης είναι ο συνδυασμός της πιθανότητας εμφάνισης κάθε πηγής κινδύνου που προσδιορίζεται κατά την ανάλυση τρωτότητας του Έργου και της αναμενόμενης δριμύτητας/μεγέθους των επιπτώσεων αυτής της πηγής στο Έργο.

Παράδειγμα Γ: Ανάλυση διακινδύνευσης για την Περιφερειακή Οδό

Από την ανάλυση τρωτότητας στο συγκεκριμένο Έργο προέκυψαν οι εξής σημαντικές πηγές κινδύνου που απαιτούν ανάλυση διακινδύνευσης:

- **Καύσωνας.** Ο καύσωνας ως πηγή κινδύνου υπάρχει ήδη και στις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες προβλέπεται να αυξηθεί τόσο σε συχνότητα (ημέρες καύσωνα) όσο και σε ένταση (μέγιστη θερμοκρασία 24ώρου, υψηλή ελάχιστη θερμοκρασία νυκτός, άπνοια, κλπ.). Ο καύσωνας ενδέχεται να δημιουργεί προβλήματα στο οδόστρωμα και στη λειτουργία επιμέρους κατασκευαστικών στοιχείων του οδικού έργου. Επιπλέον, ο καύσωνας ενδέχεται να επηρεάζει τόσο την οδηγική συμπεριφορά των χρηστών όσο και τη ζήτηση μετακινήσεων (ένταξη στην περιοχή) τμημάτων του οδικού έργου.
- **Κύμα ψύχους/παγετός.** Κύματα ψύχους και καταστάσεις παγετού ενδέχεται να εμφανίζονται συχνότερα και με μεγαλύτερη ένταση ως ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα ανάλογα με την περιοχή. Μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα αστοχίας σε επιμέρους κατασκευαστικά στοιχεία των οδικών έργων γενικότερα. Επιπλέον, δυσκολεύουν τη χρήση του δρόμου, αυξάνουν τον κίνδυνο ατυχήματος ή ακόμη και επιβάλλουν την προσωρινή διακοπή της χρήσης τμημάτων του οδικού έργου.
- **Δασική πυρκαγιά.** Η δασική πυρκαγιά αποτελεί μια σημαντική πηγή κινδύνου για όλες τις υποδομές που βρίσκονται εντός δασικών περιοχών ή ακόμη γειτνιάζουν με δασικές εκτάσεις ή, σε κάποιες περιπτώσεις, βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές. Στις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες, ο κίνδυνος δασικής πυρκαγιάς θα είναι ακόμη εντονότερος. Μια δασική πυρκαγιά μπορεί να καταστρέψει επιμέρους κατασκευαστικά στοιχεία ενός οδικού έργου όπως η σήμανση, ο φωτισμός, ο Η/Μ εξοπλισμός και κτίρια που αποτελούν συνολικά έργα (σταθμοί διοδίων, σταθμοί εξυπηρέτησης αυτοκινήτων, κλπ). επιπλέον, μια δασική πυρκαγιά επηρεάζει σημαντικά τη χρήση του δρόμου καθώς ενδέχεται να απαιτείται η έκτακτη ενημέρωση όσων κινούνται στο δρόμο, η χρήση του δρόμου για την κίνηση οχημάτων υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, για την εκκένωση περιοχών, κλπ. Επιπλέον, σε κάποιες περιπτώσεις τμήματα οδικών έργων ενδέχεται να απαιτείται να χρησιμοποιούνται ενεργά για την αντιμετώπιση μιας δασικής πυρκαγιάς, π.χ. ως αντιτυρικής ζώνης.
- **Ισχυρός υετός και πλημμύρα.** Ο ισχυρός υετός και η πλημμύρα είναι καταστάσεις που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή και ενδέχεται να δημιουργήσουν φθορές και καταστροφές σε επιμέρους κατασκευαστικά στοιχεία ενός οδικού έργου. Ενδέχεται επίσης να δημιουργήσουν αστοχίες σε έργα αντιστήριξης του δρόμου, σε έργα αποστράγγισης και σε γέφυρες που διασχίζουν υδάτινα σώματα όπως ποταμοί, χείμαρροι και ρέματα. Ωστόσο, κυρίως προκαλούν προβλήματα στη λειτουργία του οδικού δικτύου της περιοχής που θα πληγεί. Σε τέτοιες καταστάσεις αυξάνεται η πιθανότητα ατυχημάτων ενώ χρήστες του δρόμου ενδέχεται να εγκλωβιστούν σε αυτόν και να διατρέξουν κίνδυνο.
- **Κατολίσθηση και καθίζηση.** Κατολισθήσεις και καθιζήσεις είναι δυνατό να προκληθούν από ακραία φαινόμενα όπως ισχυρός υετός και από περιστατικά όπως

είναι η πλημμύρα. Έχουν τη δύναμη να καταστρέψουν ένα οδικό έργο ή να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές με αποτέλεσμα να διακοπεί η λειτουργία του για σημαντικό χρόνο ενώ ενδέχεται και να απαιτείται σημαντικό οικονομικό κόστος αποκατάστασης. Προφανώς τέτοια φαινόμενα είναι εξαιρετικά επικίνδυνα για τους χρήστες του δρόμου και μπορούν να οδηγήσουν σε τραυματισμούς και απώλειες ανθρώπινης ζωής. Η γεωλογία της περιοχής που διασχίζει ένα οδικό έργο πρέπει να εξετάζεται ενδελεχώς και να συσχετίζεται με φαινόμενα όπως πλημμύρες λόγω έντονης βροχόπτωσης ή λόγω προηγούμενης δασικής πυρκαγιάς. Αυτοί οι κίνδυνοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη χάραξη του οδικού έργου αλλά και στην προστασία του με κατάλληλα τεχνικά έργα.

- **Θερμική καταπόνηση.** Η θερμική καταπόνηση (heat stress) αναφέρεται συνήθως στον σχετικό εργασιακό κίνδυνο, ωστόσο αφορά και σε υποδομές, όπως είναι τα οδικά δίκτυα και τα συνοδά τους έργα. Η θερμική καταπόνηση μιας υποδομής μπορεί να προκύψει ως αποτέλεσμα συχνών και μεγάλης έντασης καυσώνων σε μια περιοχή. Είναι ένας χρόνιος κίνδυνος που θα είναι συχνότερος στο μέλλον λόγω κλιματικής αλλαγής. Η θερμική καταπόνηση ενδέχεται να δημιουργεί προβλήματα στο οδόστρωμα και στη λειτουργία επιμέρους κατασκευαστικών στοιχείων του οδικού έργου.
- **Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας.** Ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας εντός μικρών χρονικών διαστημάτων (π.χ. ανά 24ωρο) μπορούν να οδηγήσουν σε καταπόνηση επιμέρους κατασκευαστικών στοιχείων του οδικού έργου αλλά και σε ρηγματώσεις του οδοστρώματος. Μια τέτοια κατάσταση ενδέχεται να οδηγήσει σε αυξημένες ανάγκες και κόστους συντήρησης και ενδεχομένως σε αύξηση του χρόνου για τον οποίο ένας δρόμος δεν είναι διαθέσιμος προς χρήση.
- **Άνοδος της στάθμης της θάλασσας.** Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αποτελεί ένα χρόνιο κίνδυνο που προκαλείται από την κλιματική αλλαγή και απειλεί παραθαλάσσιες υποδομές, ιδιαίτερα όσες έχουν μεγάλο χρόνο ζωής και όσες οδηγούν σε αλλαγή της ζήτησης χρήσεων γης στην περιοχή τους. Η άνοδος της στάθμης τη θάλασσας μπορεί να οδηγήσει σε κίνδυνο συχνής ή και μόνιμης πλημμύρισης τόσο του ίδιου του δρόμου όσο και συνοδών έργων του (π.χ. κτίρια). Τέτοιες καταστάσεις είναι προφανές ότι επιδρούν αρνητικά στη λειτουργία του οδικού έργου και στην παροχή μεταφορικού έργου.
- **Διάβρωση των ακτών.** Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να μην οδηγήσει σε άμεση πλημμύριση ενός οδικού έργου αλλά να προκαλέσει διάβρωση της ακτής κοντά στην οποία διέρχεται ο δρόμος. Όπως η άνοδος της στάθμης έτσι και η διάβρωση της ακτής ενδέχεται να είναι ένας σημαντικός χρόνιος κίνδυνος που ενδέχεται να οδηγήσει στην καταστροφή τόσο του δρόμου όσο και επιμέρους κατασκευαστικών στοιχείων του. Τέτοιες καταστάσεις είναι προφανές ότι επιδρούν αρνητικά στη λειτουργία του οδικού έργου και στην παροχή μεταφορικού έργου.

Για τη διενέργεια της ανάλυσης διακινδύνευσης έχει οριστεί ποσοτική κλίμακα πιθανότητας εμφάνισης κινδύνου και κλίμακα μεγέθους/ δριμύτητας των επιπτώσεων.

Πίνακας: Βαθμονόμηση κλίμακας πιθανότητας εμφάνισης πηγών κινδύνου

Κλίμακα	Βαθμολογία	Περιγραφή
Σπάνιο	1	5% πιθανότητα εμφάνισης στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της υποδομής
Απίθανο	2	20% πιθανότητα εμφάνισης στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της υποδομής
Μέτριο	3	50% πιθανότητα εμφάνισης στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της υποδομής
Πιθανό	4	80% πιθανότητα εμφάνισης στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της υποδομής
Σχεδόν Βέβαιο	5	95% πιθανότητα εμφάνισης στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της υποδομής

Πίνακας: Βαθμονόμηση κλίμακας μεγέθους/ δριμύτητας επιπτώσεων

Κλίμακα	Βαθμολογία	Περιγραφή
Αμελητέες	1	Ελάχιστη επίπτωση η οποία μπορεί να απορροφηθεί από την συνηθισμένη δραστηριότητα
Ήσσονος σημασίας	2	Δυσμενές γεγονός το οποίο επηρεάζει την κανονική λειτουργία της υποδομής, και οδηγεί σε τοπικές επιπτώσεις
Μέτριες	3	Ένα σοβαρό συμβάν που απαιτεί πρόσθετες ενέργειες διαχείρισης και έχει σαν αποτέλεσμα μέτριες επιπτώσεις
Σημαντικές	4	Ένα κρίσιμο γεγονός που απαιτεί έκτακτη δράση, με αποτέλεσμα σημαντικές, εκτεταμένες ή μακροπρόθεσμες επιπτώσεις
Καταστροφικές	5	Καταστροφικό γεγονός που ενδέχεται να οδηγήσει σε διακοπή λειτουργίας ή κατάρρευση του στοιχείου/ δικτύου, προκαλώντας σημαντική βλάβη και εκτεταμένες επιπτώσεις

Το γινόμενο των βαθμολογιών της πιθανότητας εμφάνισης και του μεγέθους των επιπτώσεων κάθε πηγής κινδύνου, αποτελεί τη βαθμολογία εγγενή κινδύνου για την οποία ορίζεται η ακόλουθη βαθμονόμηση της σημαντικότητας του :

Πίνακας: Βαθμονόμηση κλίμακας σημαντικότητας εγγενούς κινδύνου (διακινδύνευσης)

Βαθμολογία	Κλίμακα	Περιγραφή
1-3	Αμελητέος	Δεν απαιτούνται μέτρα μείωσης του κινδύνου
4-6	Χαμηλός	Η λήψη μέτρων μείωσης του κινδύνου εξαρτάται από τις περιστάσεις του Έργου
7-10	Μέτριος	Η λήψη μέτρων μείωσης του κινδύνου εξαρτάται από τις περιστάσεις του Έργου
11-19	Σημαντικός	Προτείνεται η λήψη μέτρων μείωσης του κινδύνου
20-25	Πολύ σημαντικός	Απαιτείται η λήψη μέτρων μείωσης του κινδύνου

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τις ανωτέρω κλίμακες βαθμολόγησης πραγματοποιείται ανάλυση διακινδύνευσης. Για το παράδειγμα η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το υπολογιστικό εργαλείο excel που αναπτύχθηκε από τη Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας : Ανάλυση διακινδύνευσης για το Έργο του παραδείγματος

Πηγή Κινδύνου	Πιθανότητα εμφάνισης	Κλίμακα συνεπειών	Εγγενής κίνδυνος	
			Βαθμολογία	Περιγραφή
Καύσωνας	Μέτριο	Ήσσονος σημασίας	6	Χαμηλός
Κύμα ψύχους	Πιθανό	Σημαντικές	16	Σημαντικός
Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$)	Πιθανό	Σημαντικές	16	Σημαντικός
Δασική πυρκαγιά	Μέτριο	Μέτριες	9	Μέτριος
Ισχυρός υετός	Σχεδόν βέβαιο	Σημαντικές	20	Πολύ σημαντικός
Πλημμύρα	Απίθανο	Σημαντικές	8	Μέτριος
Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους	Απίθανο	Καταστροφικές	10	Μέτριος
Καθίζηση	Απίθανο	Καταστροφικές	10	Μέτριος
Θερμική καταπόνηση	Απίθανο	Ήσσονος σημασίας	4	Χαμηλός
Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας	Μέτριο	Ήσσονος σημασίας	6	Χαμηλός
Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Απίθανο	Καταστροφικές	10	Μέτριος
Διάβρωση των ακτών	Απίθανο	Καταστροφικές	10	Μέτριος

Από τον πίνακα προκύπτει:

- ο ισχυρός υετός χαρακτηρίζεται ως πολύ σημαντικός εγγενής κίνδυνος (βαθμολογία: $5 \times 4 = 20$ πόντοι)
- το κύμα ψύχους και ο παγετός χαρακτηρίζονται ως σημαντικοί εγγενείς κίνδυνοι (βαθμολογία: $4 \times 4 = 16$ πόντοι)
- Η δασική πυρκαγιά, η πλημμύρα, η κατολίσθηση, η καθίζηση, η άνοδος της θάλασσας και η διάβρωση των ακτών χαρακτηρίζονται ως μέτριοι κίνδυνοι
- Ο καύσωνας, η θερμική καταπόνηση και η μεταβλητότητα της θερμοκρασίας χαρακτηρίζονται ως χαμηλής κλίμακας κίνδυνοι

Ο δικαιούχος του έργου πρέπει να λάβει μέτρα προσαρμογής για τον ισχυρό υετό και να αποφασίσει αν και για ποιους από τους υπόλοιπους κινδύνους πρέπει επίσης να λάβει επιπρόσθετα μέτρα έτσι ώστε να μειωθεί ο εγγενής κίνδυνος.

3.2.2 Μέτρα για την ενίσχυση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή

Εάν, βάσει των αποτελεσμάτων της ανάλυσης διακινδύνευσης, αξιολογείται ότι υποδομή δεν είναι ανθεκτική στην κλιματική αλλαγή και χρειάζεται να αναληφθούν (πρόσθετα) μέτρα προσαρμογής, τότε για κάθε αξιόλογο κίνδυνο που εντοπίζεται, εξετάζονται και αξιολογούνται στοχευμένα μέτρα προσαρμογής και, όπου κρίνεται δικαιολογημένο, ενσωματώνονται στην υποδομή. Η αξιολόγηση των διαφόρων εναλλακτικών μέτρων προσαρμογής μπορεί να είναι ποσοτική ή ποιοτική.

Το επόμενο βήμα είναι η ενσωμάτωση των μέτρων προσαρμογής στην υποδομή και στο ενδεδειγμένο στάδιο ανάπτυξής της. Η ενσωμάτωση θα πρέπει να περιλαμβάνει τον επενδυτικό/χρηματοοικονομικό σχεδιασμό, τον σχεδιασμό παρακολούθησης και διαχείρισης των κινδύνων, τον καθορισμό αρμοδιοτήτων, τις οργανωτικές ρυθμίσεις, το σχέδιο κατάρτισης και εκπαίδευσης, τον κατασκευαστικό σχεδιασμό. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να διασφαλίζεται η συμμόρφωση των επιλογών με την ισχύουσα νομοθεσία.

Η εξέταση των μέτρων προσαρμογής αποσκοπεί στην επίτευξη ενός αποδεκτού επιπέδου υπολειπόμενου κλιματικού κινδύνου, λαμβάνοντας δεόντως υπόψη όλες τις νομικές, τεχνικές ή άλλες απαιτήσεις.

Παράδειγμα Γ: Μέτρα προσαρμογής στην Περιφερειακή Οδό

Από την ανάλυση διακινδύνευσης του Έργου που προηγήθηκε, ο δικαιούχος αποφάσισε ότι μέτρα προσαρμογής απαιτούνται για τους εξής εγγενείς κινδύνους:

- Ισχυρός υετός: πολύ σημαντικός εγγενής κίνδυνος (20 πόντοι)
- Κύμα ψύχους και παγετός: σημαντικοί εγγενείς κίνδυνοι (16 πόντοι ο καθένας) που εξετάζονται από κοινού
- Κατολίσθηση και καθίζηση: σημαντικοί εγγενείς κίνδυνοι (10 πόντοι ο καθένας) που εξετάζονται από κοινού

Πίνακας: Αξιολόγηση υπολειπόμενου κινδύνου

Πηγή κινδύνου	Εγγενής κίνδυνος		Μέτρα προσαρμογής	Μείωση κινδύνου	Υπολειπόμενος κίνδυνος	
	Βαθμολογία	Περιγραφή			Βαθμολογία	Περιγραφή
Κύμα ψύχους	16	Σημαντικός	Σχεδιασμός οδοστρώματος, Καθαρισμός και συντήρηση, σήμανση, αλυσίδες	8	8	Μέτριος
Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$)	16	Σημαντικός		8	8	Μέτριος
Ισχυρός υετός	20	Πολύ σημαντικός	Κατάλληλη κλίση, επαρκής αποστράγγιση, σήμανση, διαγράμμιση	10	10	Μέτριος
Κατολίσθηση	10	Μέτριος	Γεωλογική μελέτη, έργα αντιστήριξης, παρακολούθηση εδάφους, μοντέλα πρόβλεψης	4	6	Χαμηλός
Καθίζηση	10	Μέτριος		4	6	Χαμηλός

Κύμα ψύχους και Παγετός

- Στο σχεδιασμό της κατασκευής του οδοστρώματος μπορεί να χρησιμοποιηθούν υλικά (π.χ. ασφαλικά μείγματα) που κάνουν πιο ανθεκτικό το οδόστρωμα και

πιο ασφαλή τη χρήση του δρόμου σε περιπτώσεις παγετού

- Τακτικός καθαρισμός και συντήρηση του Έργου από τον Δικαιούχο τη χειμερινή περίοδο, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος του παγετού. Εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων αλατιού και αριθμού μηχανημάτων εκχιονισμού.
- Χρήση σήμανσης παγετού σε ορεινά τμήματα του Έργου
- Απαγόρευση κυκλοφορίας οχημάτων χωρίς αντιολισθητικές αλυσίδες κατά τη χειμερινή περίοδο
- Χρήση ψηφιακών θερμομέτρων με φωτεινή σήμανση επικινδυνότητας

Ισχυρός υετός και Πλημμύρα

- Κατασκευή του Έργου με κατάλληλη κλίση, ώστε οι διάφορες περιπτώσεις υετού να μη συσσωρεύονται εντός του δρόμου, αλλά να απομακρύνονται από αυτό
- Κατασκευή επαρκών δικτύων αποστράγγισης. Ο σχεδιασμός των δικτύων αποστράγγισης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις εκτιμώμενες μεταβολές τόσο στο αναμενόμενο ύψος βροχόπτωσης όσο, κυρίως στη ραγδαιότητα. Ιδιαίτερα η ραγδαιότητα ή αλλιώς η ένταση της βροχής (mm βροχής/ώρα) φαίνεται ότι αυξάνεται λόγω της κλιματικής αλλαγής ακόμη και αν για κάποιες περιοχές αναμένεται μείωση της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης
- Χρήση κατάλληλης σήμανσης και διαγράμμισης σε όλα τα τμήματα του έργου που βρίσκονται σε περιοχές επιρρεπείς σε ισχυρά φαινόμενα υετού
- Χρήση ψηφιακών πινακίδων με φωτεινή σήμανση επικινδυνότητας

Κατολίσθηση και Καθίζηση

- Γεωλογική μελέτη του εδάφους στο οποίο κατασκευάζεται το Έργο, ώστε να προσδιοριστεί η ποιότητα και η ανθεκτικότητα του εδάφους και να αξιολογηθεί ο κίνδυνος καθίζησης. Αν απαιτείται, πρέπει να αλλάξει η χάραξη του δρόμου έτσι ώστε να αποφευχθούν περιοχές μεγάλης επικινδυνότητας
- Έργα αντιστήριξης. Τα έργα αντιστήριξης θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να προβλέπονται πιθανές κατολισθήσεις και καθιζήσεις λόγω φαινομένων όπως μεγαλύτερης ραγδαιότητας βροχόπτωσης ή δασικών πυρκαγιών σε κοντινές περιοχές. Επιπλέον, τα έργα αντιστήριξης και η μορφολογία της περιοχής θα πρέπει να ελέγχονται συστηματικά.
- Παρακολούθηση μοντέλων που προβλέπουν την καθίζηση εδάφους. Έτσι, θα μπορεί να αξιολογηθεί η τοποθεσία κατασκευής του Έργου αλλά και η ποιότητα του εδάφους με το χρόνο, μετά την κατασκευή του Έργου

3.2.3 Πρόγραμμα παρακολούθησης

Δεδομένου ότι η αξιολόγηση πηγών κινδύνου είναι μια συνεχής διαδικασία, είναι σημαντικό να καθοριστεί πρόγραμμα παρακολούθησης της προσαρμογής του Έργου στην κλιματική αλλαγή και υλοποίηση πρόσθετων μέτρων προσαρμογής εάν κάτι τέτοιο απαιτηθεί από την εξέλιξη των κλιματικών συνθηκών της περιοχής.

Παράδειγμα Γ: Παρακολούθηση και επανεξέταση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή Περιφερειακής Οδού

Στο πλαίσιο της παρακολούθησης και της εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής και των επιδόσεων των μέτρων προσαρμογής του έργου σε αυτή προτείνεται να αναπτυχθεί και να εφαρμοστεί από τον διαχειριστή του οδικού έργου ένα ευρύτερο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14001 ή/και ένα σύστημα διαχείρισης κινδύνου σύμφωνα με το πρότυπο ISO 31000. Μέσω συστημάτων όπως αυτά μπορεί να παρακολουθείται συστηματικά το οδικό έργο και να υπάρχει ένας εκ των προτέρων σχεδιασμός για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.

Ο διαχειριστής του οδικού έργου προτείνεται να δημιουργήσει ομάδα περιβαλλοντικής διαχείρισης και ομάδα πολιτικής προστασίας καθώς και να ορίσει υπεύθυνους λειτουργίας των ομάδων αυτών. Στα συστήματα θα ενσωματωθούν διαδικασίες όπως:

Μεθοδολογία παρακολούθησης της κλιματικής αλλαγής και ιδιαίτερα παραμέτρων που αφορούν στην ασφαλή λειτουργία του οδικού έργου. Σχετικά δεδομένα και προβλέψεις είναι διαθέσιμα σε:

- Πύλη Γεωχωρικών Πληροφοριών του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας στην Ενότητα για την Κλιματική Αλλαγή. Περιλαμβάνει τις τελευταίες κλιματικές προβλέψεις για την Ελλάδα.
- Εθνικός Κόμβος Πληροφοριών για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή στην ενότητα Εργαλεία και Χάρτες Προοπτικής Διάγνωσης του Κλίματος.
- Περιφερειακά Σχέδια Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή, τα οποία, ως στρατηγικά κείμενα, παρέχουν ένα πολύ γενικό πλαίσιο για πιθανούς κλιματικούς κινδύνους.

Τα αποτελέσματα της παρακολούθησης θα αποτυπώνονται στην ετήσια ανασκόπηση και θα αποφασίζεται αν, με βάση τα νέα δεδομένα, κάποια νέα πηγή κινδύνου ενδέχεται να επηρεάσει το Έργο και τι πρόσθετα μέτρα θα απαιτηθούν. Επίσης, θα εξετάζονται οι αναγνωρισμένες πηγές κινδύνου ως προς την ένταση της επιρροής τους στο Έργο.

Μεθοδολογία παρακολούθησης και αξιολόγησης των εφαρμοζόμενων μέτρων προσαρμογής. Η αξιολόγηση θα γίνεται με την εφαρμογή κατάλληλων δεικτών, που ανταποκρίνονται κατάλληλα σε κάθε μέτρο προσαρμογής κάθε πηγής κινδύνου:

- **Μετεωρολογικές παράμετροι.** Σε μεγάλα οδικά έργα μπορεί να εξεταστεί η δυνατότητα τοποθέτησης αυτόνομων μετεωρολογικών σταθμών. Σε μικρότερα οδικά έργα, οι μετεωρολογικές παράμετροι της περιοχής μπορούν να λαμβάνονται από ένα δημόσιο δίκτυο όπως η ΕΜΥ και το Εθνικό Αστεροσκοπείο. Στις παρακολουθούμενες παραμέτρους πρέπει να περιλαμβάνονται η πρόβλεψη ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων, όπως ο υετός, τα οποία έχουν αναγνωριστεί ως κλιματικοί κίνδυνοι του έργου

- **Γεωλογικές παράμετροι.** Εφόσον οι κατολισθήσεις και οι καθιζήσεις αποτελούν σημαντικούς κινδύνους, η παρακολούθηση της γεωλογίας και της γεωμορφολογίας της περιοχής που διασχίζει το οδικό έργο θα πρέπει να είναι συστηματική και συχνή έτσι ώστε να αναγνωριστούν εγκαίρως τυχόν αλλαγές που αυξάνουν τον κίνδυνο.

Στην περίπτωση πιστοποιημένων συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης, όπως τα συστήματα ISO, η εφαρμογή των σχετικών διαδικασιών που αναφέρθηκαν ελέγχεται και κατά την εξωτερική ετήσια επιθεώρηση κάθε συστήματος από φορέα πιστοποίησης. Τέτοιες επιθεωρήσεις αποτελούν μια επιπλέον δικλείδα προστασίας για την ορθή και πλήρη εφαρμογή του συστήματος παρακολούθησης που έχει προδιαγραφεί.

3.2.4 Συνέπεια με στρατηγικές και σχέδια προσαρμογής

Το τελευταίο βήμα στη διαδικασία ενίσχυσης της κλιματικής ανθεκτικότητας είναι να διασφαλιστεί ότι το Έργο είναι ευθυγραμμισμένο με τις στρατηγικές και σχέδια της ΕΕ και, κατά περίπτωση, με τις ελληνικές εθνικές, περιφερειακές και τοπικές στρατηγικές και σχέδια για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.

Ο Ευρωπαϊκός Νόμος για το κλίμα (2021/1119/ΕΕ), στο άρθρο 5, παρ. 1, αναφέρει «Τα αρμόδια θεσμικά όργανα της Ένωσης και τα κράτη μέλη διασφαλίζουν διαρκή πρόοδο στη βελτίωση της προσαρμοστικής ικανότητας, την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και τη μείωση της ευπάθειας στην κλιματική αλλαγή, σύμφωνα με το άρθρο 7 της συμφωνίας του Παρισιού.»

Κατά την εκπόνηση της έκθεσης κλιματικής ανθεκτικότητας και ιδιαίτερα κατά την αξιολόγηση των πηγών κινδύνου και των επιπτώσεων αυτών στο Έργο μελετάται η ανάλυση που έχει πραγματοποιηθεί στο οικείο εγκεκριμένο Περιφερειακό Σχέδιο Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία του Έργου και η ενίσχυση της κλιματικής του ανθεκτικότητας θα πρέπει να είναι συμβατά με τα συμπεράσματα του ΠΕΣΠΚΑ.

Επεξηγηματικό κείμενο 7: Έλεγχος συμβατότητας ενός οδικού έργου με τις σχετικές εθνικές στρατηγικές και σχέδια δράσης

Η Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ)

Η Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ), εγκρίθηκε με το άρθρο 45 του ν.4414/2016. Η ΕΣΠΚΑ είναι το πρώτο βήμα για μια συνεχή και ευέλικτη διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης των απαραίτητων μέτρων προσαρμογής σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο και φιλοδοξεί να αποτελέσει το μοχλό κινητοποίησης των δυνατοτήτων της ελληνικής πολιτείας, οικονομίας και ευρύτερα της κοινωνίας για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα χρόνια που έρχονται. Η ΕΣΠΚΑ αναλύει ζητήματα τρωτότητας και ανθεκτικότητας σε 15 επιμέρους τομείς και προτείνει δράσεις για καθένα από αυτούς τους τομείς.

Στην Ενότητα 3.3. της ΕΣΠΚΑ αναφέρεται:

«Παράλληλα, οι υψηλής έντασης βροχοπτώσεις αναμένεται να γίνουν πιο συχνές στα επόμενα 70 χρόνια, με συνέπεια στις αστικές περιοχές οι ξαφνικές πλημμύρες, λόγω των έντονων τοπικών βροχοπτώσεων, να γίνονται όλο και πιο συχνές. Οι αλλαγές σε αυτά τα ακραία φαινόμενα αναμένεται να επηρεάσουν ιδιαίτερα τομείς όπως τη γεωργία, την αλιεία, την ανθρώπινη υγεία, τους υδάτινους πόρους, τη βιοποικιλότητα, τα οικοσυστήματα καθώς και τις υποδομές, τις **μεταφορές** και την ενέργεια. Ως εκ τούτου, η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή όσον αφορά στα ακραία φαινόμενα, αποτελεί μέρος των στρατηγικών προσαρμογής για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας αυτών των τομέων και λαμβάνονται υπόψη στις προτεινόμενες στρατηγικές.»

Η Ενότητα 4.10 της ΕΣΠΚΑ αφορά ειδικά στις υποδομές και τις μεταφορές. Η Ενότητα περιλαμβάνει τέσσερις διακριτές δράσεις, καθεμία από τις οποίες κάνει αναφορά στις οδικές μεταφορές.

- Δράση 1: Οργάνωση και διαδικασία λήψης αποφάσεων

Μέτρο 1: Ρύθμιση και εφαρμογή διεθνών προτύπων για πληροφορίες δελτίων καιρού και έκτακτης ανάγκης

Μέτρο 2: Δημιουργία δικτύων αστικών, περιφερειακών και εθνικών ενδιαφερόμενων φορέων: εταιρειών μεταφορών, αρχών και χρηστών

Μέτρο 3: Έκδοση εκπαιδευτικού και ενημερωτικού υλικού για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης

Μέτρο 4: Διενέργεια δημόσιων εκστρατειών για την ενημέρωση της κοινής γνώμης σχετικά με την κατάσταση κινδύνου σε τοπικό επίπεδο

- Δράση 2: Τεχνικό περιεχόμενο

Μέτρο 1: Εξέταση αναγκαιότητας κατασκευής φραγμάτων και αντιπλημμυρικών έργων για την προστασία έναντι του καιρού

Μέτρο 2: Βελτιωμένη αποχέτευση σε διασταυρώσεις

Μέτρο 3: Εξέταση αναγκαιότητας ανύψωσης των παράκτιων οδικών δικτύων σε περιοχές ή σημεία υψηλής τρωτότητας

Μέτρο 4: Σχεδιασμός και επενδύσεις σε νέα υλικά με δυνατότητα «γρήγορης αντικατάστασης»

Μέτρο 5: Παροχή καταφυγίων για μη μηχανοκίνητα μέσα μεταφοράς

Μέτρο 6: Προετοιμασία για επαρκή αποθέματα αλατιού και διαθεσιμότητα εξοπλισμού εκκαθάρισης οδικού δικτύου πριν και κατά τη διάρκεια του χειμώνα ή εποχών καταιγίδων

Μέτρο 7: Ανάπτυξη σχεδίων έγκαιρης επικοινωνίας και συντονισμού με συμμετοχή των ενδιαφερόμενων φορέων και εταιρειών εμπορευματικών μεταφορών

Μέτρο 8: Σχεδιασμός νέων ασφαλικών μιγμάτων ανθεκτικών στη θερμότητα και με ιδιότητες ταχύτερης αποστράγγισης των λιμναζόντων υδάτων

Μέτρο 9: Ενίσχυση της οδικής διαστρωμάτωσης, για την πρόληψη των πλημμυρών

Μέτρο 10: Νέα σχεδιαστικά πρότυπα που αφορούν στα συστατικά του οδικού δικτύου (πινακίδες, φωτισμός) για την ενίσχυση της προστασίας των χρηστών

Μέτρο 11: Τακτικός καθαρισμός ποδηλατοδρόμων και πεζοδρομίων κατά τη διάρκεια του χειμώνα

- Δράση 3: Νομοθετικό περιεχόμενο

Μέτρο 1: Αυστηρή επιβολή ορίου ταχύτητας κατά τη διάρκεια καταιγίδων

Μέτρο 2: Επανεξέταση συμβάσεων διαδικασιών συντήρησης ώστε να καταστούν ευέλικτες και αποτελεσματικές ακόμα και κάτω από ταχέως μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες

- Δράση 4: Ροή πληροφοριών και χρήση τεχνολογιών επικοινωνίας και πληροφορικής

Μέτρο 1: Ανάπτυξη βιώσιμων επιχειρηματικών μοντέλων για την παροχή συστημάτων πληροφοριών έκτακτης ανάγκης. Τυποποίηση των πληροφοριών καιρού και των προειδοποιήσεων κινδύνου (π.χ. πλημμυρισμένο δίκτυο, κλπ)

Μέτρο 2: Ανάπτυξη ευφυών συστημάτων ανάδρασης στα οχήματα για να επικοινωνούν τις ανάγκες των χρηστών

Μέτρο 3: Υιοθέτηση επιχειρησιακής, φυσικής, τεχνικής, διαδικαστικής και θεσμικής ενσωμάτωσης των υπηρεσιών ελέγχου καιρού και κυκλοφορίας

4. Βιβλιογραφία

- ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΠΟΥ ΥΠΟΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΠΡΟΣ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ ΕΣΠΑ 2021 – 2027
- Τεχνικές κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των υποδομών στην κλιματική αλλαγή κατά την περίοδο 2021-2027 (2021/C 373/01)
- ΚΥΑ 76/2016 (ΦΕΚ Β 4217/28.12.2016)
- 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol.2 Energy
- ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΜΕΙΓΜΑ 2020 & 2021, ΔΑΠΕΕΠ
- Κ.Εν.Α.Κ (ΦΕΚ 2367/Β/12-07-2017)
- European Investment Bank, EIB Project Carbon Footprint Methodologies, Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations, July 2020
- INTERNATIONAL FINANCIAL INSTITUTIONS TECHNICAL WORKING GROUP ON GREENHOUSE GAS ACCOUNTING, International Financial Institutions Guideline for a Harmonized Approach to Greenhouse Gas Accounting, June 2021
- 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* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp., chapter 8
- NATIONAL INVENTORY REPORT OF GREECE FOR GREENHOUSE AND OTHER GASES FOR THE YEARS 1990-2020, April 2022
- ΕΚΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2021/447 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 12ης Μαρτίου 2021 σχετικά με τον καθορισμό των αναθεωρημένων τιμών των δεικτών αναφοράς για τη δωρεάν κατανομή δικαιωμάτων εκπομπής για την περίοδο από το 2021 έως το 2025 κατ' εφαρμογή του άρθρου 10α παράγραφος 2 της οδηγίας 2003/87/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου
- ΦΕΚ 185Α/29-9-2020
- Ν. 4936 (ΦΕΚ 105Α/27-5-2022) Εθνικός κλιματικός νόμος - Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, επείγουσες διατάξεις για την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης και την προστασία του περιβάλλοντος
- Κανονισμός (ΕΕ) 2021/1119 θέσπιση πλαισίου με στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 401/2009 και (ΕΕ) 2018/1999 («ευρωπαϊκό νομοθέτημα για το κλίμα»)
- Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΦΕΚ 4893/Β/31-12-2019)
- ΕΘΝΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ, ΥΠΕΝ, 2016