

ΕΠΑνεΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ • ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ • ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

ΔΡΑΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ:
« ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ »

Έργο: Παραγωγή τροποποιημένης ασφάλτου και αύξηση ποσοστού ανακύκλωσης ασφαλτικού σκυροδέματος χρησιμοποιώντας ανακυκλωμένο ελαστικό (RAP-ELT)

Κωδικός Έργου: Τ1ΕΔΚ-ο1656

Π 5.2 Έκθεση για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χρήσης τρίμηματος ελαστικού σε τροποποιημένη άσφαλτο

Υπεύθυνος Δράσης:

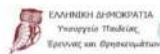


ECOELASTIKA AE
Οικολογική Διαχείριση Ελαστικών
Σωρού 14, 151 25 Μαρούσι
Τηλ: 2106128260 • 2106128370
Fax: 2106128659

Υπεργολάβος:



ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων	2
1. Εισαγωγή.....	3
1.1. Σκοπός παραδοτέου	3
2. Μεθοδολογία AKZ	3
2.1. Λογισμικό SimaPro	7
3. Σενάρια.....	9
3.1. Συμβατική ασφαλτος	9
3.2. Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού.....	15
3.3. Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 30% RAP	19
3.4. Τροποποιημένη ασφαλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50%RAP	24
4. Συγκριτικά αποτελέσματα	28
5. Ανάλυση ευαισθησίας	34
6. Συμπεράσματα.....	43
7. Βιβλιογραφία.....	45

1. Εισαγωγή

1.1. Σκοπός παραδοτέου

Σκοπός του Παραδοτέου 5.2 «Έκθεση για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χρήσης τρίμματος ελαστικού σε τροποποιημένη ασφάλτο» είναι η περιβαλλοντική αξιολόγηση των δράσεων του έργου σχετικά με τη χρήση τροποποιημένης ασφάλτου από τρίμμα ελαστικού και ανακυκλωμένου οδοστρώματος(RAP). Η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ). Η μοντελοποίηση των εξεταζόμενων σεναρίων για ερευνητικούς σκοπούς θα πραγματοποιηθεί μέσω της εμπορικής πλατφόρμας λογισμικού SimaPro. Για την εκτίμηση του συνολικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος θα χρησιμοποιηθούν προτυποποιημένες μέθοδοι εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς επίσης και διεθνώς αναγνωρισμένες βάσεις δεδομένων. Τα εξεταζόμενα σενάρια θα διαμορφωθούν σύμφωνα με τις προηγούμενες εργασιακές ενότητες λαμβάνοντας υπόψιν ως κύρια παράμετρο το ποσοστό ανακύκλωσης του ασφαλτικού σκυροδέματος χρησιμοποιώντας το τρίμμα ελαστικών. Συγκεκριμένα θα εξετασθούν τα εξής 4 σενάρια:

- 1 Συμβατική ασφάλτος
- 2 Τροποποιημένη ασφάλτος με τρίμμα ελαστικού
- 3 Τροποποιημένη ασφάλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 30%RAP
- 4 Τροποποιημένη ασφάλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50%RAP

Οι αποφευχθείσες εκπομπές θα υπολογιστούν βάσει των υφιστάμενων πρακτικών παραγωγής ασφαλτομίγματος σε όρους ανάλυσης κύκλου ζωής.

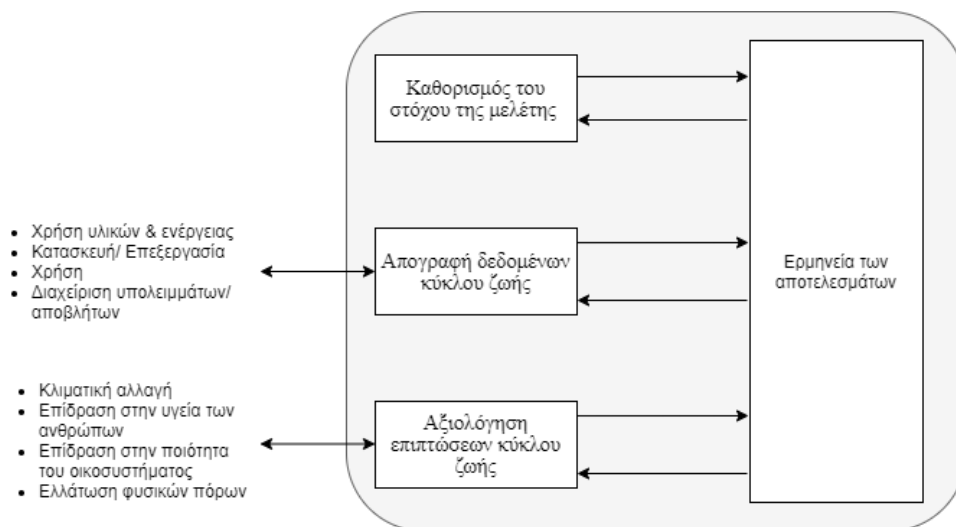
2. Μεθοδολογία AKZ

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ) ή Life Cycle Analysis (LCA) μελετά τις περιβαλλοντικές πτυχές και τις πιθανές επιπτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός

προϊόντος ή μιας υπηρεσίας (cradle-to-grave). Ο τυπικός κύκλος ζωής αποτελείται από μια σειρά σταδίων που ξεκινούν από την εξόρυξη πρώτων υλών, μέσω του σχεδιασμού και της διαμόρφωσης, της επεξεργασίας, της κατασκευής, της διανομής, της χρήσης, της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωσης και, τελικά, της διάθεσης αποβλήτων. Προβάλλει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός υπό μελέτη συστήματος στους τομείς των οικολογικών συστημάτων, της ανθρώπινης υγείας και της εξάντλησης των πόρων [1].

Το εργαλείο της ΑΚΖ μπορεί να διασφαλίσει ότι οι επιλογές μιας εταιρείας είναι περιβαλλοντικά ορθές, είτε στο σχεδιασμό, την κατασκευή ή τη χρήση ενός προϊόντος ή υπηρεσίας, αλλά δεν μπορεί - ή τουλάχιστον δεν πρέπει - να χρησιμοποιηθεί για να ισχυριστεί ότι ένα συγκεκριμένο προϊόν ή υπηρεσία είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Αυτή τη στιγμή αποτελεί επιλογή για τις εταιρείες και όχι υποχρέωση.

Η ΑΚΖ αποτελεί μια τυποποιημένη μεθοδολογία, η οποία προσφέρει αξιοπιστία και διαφάνεια. Τα πρότυπα παρέχονται από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization - ISO) στα ISO 14044, όπου και περιγράφουν τα τέσσερα κύρια στάδια της ΑΚΖ (**Error! Reference source not found.**):



Σχήμα 1: Στάδια της ΑΚΖ (μεταφρασμένο και προσαρμοσμένο από τις πρωτότυπες πηγές [2] και [3]).

1. Σαφής καθορισμός του στόχου της μελέτης - Επιλογή λειτουργικής μονάδας

Σε αυτό το στάδιο περιγράφονται οι πιο σημαντικές (συχνά υποκειμενικές) επιλογές, όπως ο λόγος για την εκτέλεση της ΑΚΖ, ο ακριβής ορισμός του συστήματος και του κύκλου ζωής του προϊόντος/ υπηρεσίας, και τα όρια του συστήματος. Περιλαμβάνει επίσης την επιλογή της «λειτουργικής μονάδας», ένα μοναδικό χαρακτηριστικό της ΑΚΖ που το ξεχωρίζει από τις άλλες προσεγγίσεις περιβαλλοντικής εκτίμησης. Η λειτουργική μονάδα είναι μια ποσοτικοποιημένη περιγραφή της απόδοσης του συστήματος, που ορίζεται από το προϊόν ή την υπηρεσία που παρέχεται από το σύστημα που μελετάται, και διαμορφώνεται επιπλέον από τον στόχο της μελέτης [4].

Στην παρούσα μελέτη, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα αποδοθούν ανά τόνο παραγόμενου ασφατομίγματος (δηλαδή $\text{kgCO}_2\text{eq} / \text{t}_{\text{ασφ/τος}}$) που εφαρμόζεται κατά την πιλοτική εφαρμογή.

2. Απογραφή δεδομένων κύκλου ζωής (Life Cycle Inventory analysis - LCI)

Η ανάλυση απογραφής εξετάζει όλες τις περιβαλλοντικές εισροές και εκροές που σχετίζονται με ένα σύστημα, όπως η χρήση πρώτων υλών και ενέργειας, η εκπομπή ρύπων και οι ροές αποβλήτων.

Τα δεδομένα σχετικά με τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε στάδιο της διαδικασίας, οι αποστάσεις μεταφοράς των πρώτων υλών, οι επιμέρους ενεργειακές καταναλώσεις των παραγωγικών διαδικασιών και οι καταναλώσεις καυσίμων κατά την πιλοτική εφαρμογή δόθηκαν από την εταιρία ΑΣΦΑΛΤΕΡ ΑΕ.

3. Αξιολόγηση επιπτώσεων κύκλου ζωής (Life Cycle Impact Assessment - LCIA)

Η αξιολόγηση επιπτώσεων κύκλου ζωής μπορεί να εκφραστεί ως η «ποσοτική ή/ και ποιοτική διαδικασία για τον χαρακτηρισμό και την αξιολόγηση των επιπτώσεων των περιβαλλοντικών παρεμβάσεων που προσδιορίζονται στον πίνακα απογραφής» [5].

Οι κατηγορίες επιπτώσεων που διερευνώνται είναι: i. Αβιοτικοί πόροι, ii. Βιοτικοί πόροι, iii. Χρήση γης, iv. Υπερθέρμανση του πλανήτη, v. Μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος, vi. Οικολογικές επιπτώσεις λόγω τοξικότητας από την χρήση χημικών, vii. Επιπτώσεις στον άνθρωπο λόγω τοξικότητας από την χρήση χημικών, viii. Σχηματισμός φωτοχημικών οξειδωτικών, ix. Οξύνιση, x. Ευτροφισμός.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης θα μελετηθεί η επίπτωση χρήσης συμβατικής και τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού και RAP στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

4. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της AKZ είναι μια συστηματική διαδικασία για τον εντοπισμό, την πιστοποίηση, τον έλεγχο και την αξιολόγηση πληροφοριών από τα συμπεράσματα της ανάλυσης ή/ και της εκτίμησης επιπτώσεων ενός συστήματος. Επίσης, περιλαμβάνει την παρουσίαση των συμπερασμάτων αυτών προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της εφαρμογής όπως περιγράφεται στον στόχο της μελέτης. Στόχος της συγκεκριμένης μελέτης αποτελεί η περιβαλλοντική αξιολόγηση των δράσεων σχετικά με τη χρήση τροποποιημένης ασφάλτου από τρίμμα ελαστικού. Το πρότυπο ISO 14044 περιγράφει έναν αριθμό ελέγχων με σκοπό να αξιολογηθεί εάν τα συμπεράσματα υποστηρίζονται επαρκώς από τα δεδομένα και από τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται.

Η ερμηνεία πραγματοποιείται σε αλληλεπίδραση με τις τρεις άλλες φάσεις της AKZ. Εάν τα αποτελέσματα της ερμηνείας της ανάλυσης ή της εκτίμησης επιπτώσεων διαπιστωθεί ότι δεν πληρούν τις απαιτήσεις που ορίζονται στη φάση καθορισμού του στόχου, η ερμηνεία της ανάλυσης πρέπει να βελτιωθεί π.χ. με αναθεώρηση των ορίων του συστήματος, περαιτέρω συλλογή δεδομένων κ.λπ., και μετά να ακολουθήσει βελτίωση στην εκτίμηση επιπτώσεων. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία πρέπει να γίνεται έως ότου εκπληρωθούν οι απαιτήσεις του στόχου της μελέτης.

2.1. Λογισμικό SimaPro

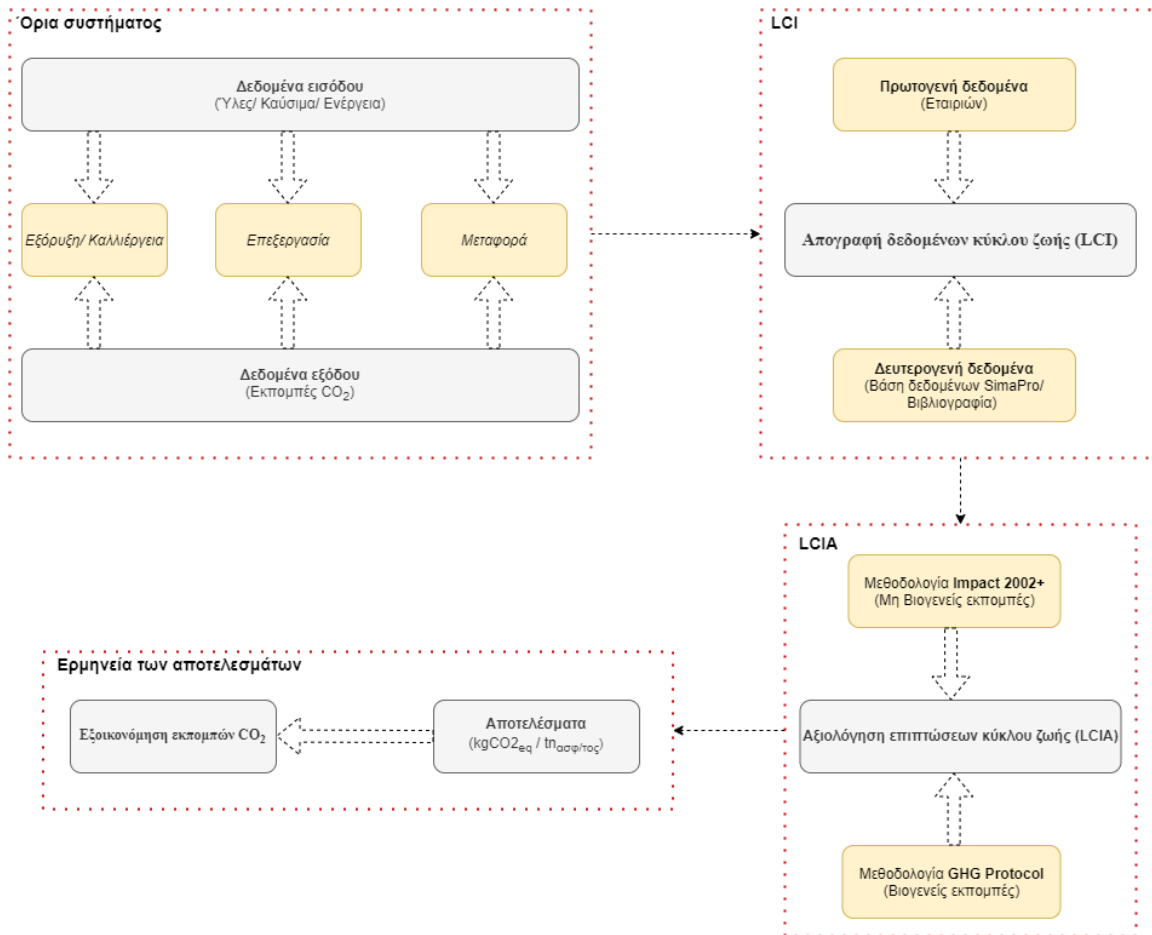
Στα πλαίσια του έργου RAP-ELT χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SimaPro PhD, έκδοση 8.2.3 για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μελετών περίπτωσης που αναλύθηκαν στο έργο για ερευνητικούς σκοπούς. [6,7].

Για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων κάθε εναλλακτικής δραστηριότητας, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα είτε από τις συμμετέχουσες εταιρίες του έργου, είτε από τη βάση δεδομένων Ecoinvent Database του SimaPro. Το Ecoinvent αποτελεί βάση δεδομένων AKZ η οποία έχει δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας ευρωπαϊκά βιομηχανικά δεδομένα [8].

Για την εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία IMPACT 2002+. Η IMPACT 2002+ είναι μια τυπική μεθοδολογία AKZ που αξιολογεί τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις βάσει κατάλληλα επιλεγμένων (κανονικοποιημένων - normalized) μετρήσεων και δεικτών που σχετίζονται με συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά περιβάλλοντος. Αυτή η μέθοδος συνδέει όλους τους τύπους αποτελεσμάτων απογραφής του κύκλου ζωής σε 14 κατηγορίες μεσαίου σημείου (mid-point) με τέσσερις κατηγορίες επίπτωσης, οι οποίες είναι: (i) η ανθρώπινη υγεία, (ii) η ποιότητα οικοσυστήματος, (iii) η κλιματική αλλαγή και (iv) οι φυσικοί πόροι. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι κατηγορίες «μεσαίου σημείου» αναφέρονται σε δείκτες που εκφράζουν επιπτώσεις κάπου μεταξύ της φάσης αιτίας (Απογραφή δεδομένων κύκλου ζωής - LCI) και του καταληκτικού αποτελέσματος (επιβλαβείς συνέπειες). Σύμφωνα με άλλες μεθόδους περιβαλλοντικής εκτίμησης (όπως Eco-indicator 99, ReCiPe, CML-2001), η IMPACT 2002+ λαμβάνει υπόψη μόνο τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από ορυκτά καύσιμα. Για την εκτίμηση των βιογενών εκπομπών άνθρακα, εφαρμόστηκε η μέθοδος Greenhouse Gas Protocol σε συνδυασμό με την IMPACT 2002+.

Η σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων απεικονίζεται στο Σχήμα 2. Οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε κάθε σενάριο χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των δράσεων

του έργου σχετικά με τη χρήση τροποποιημένης ασφάλτου από τρίμμα ελαστικού. Αυτό θα καθοριστεί από την εξοικονόμηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που επιτυγχάνονται από την χρήση τροποποιημένης ασφάλτου αντί της συμβατικής.



Σχήμα 2: Σχηματική απεικόνιση της συνολικής περιβαλλοντικής διαδικασίας.

3. Σενάρια

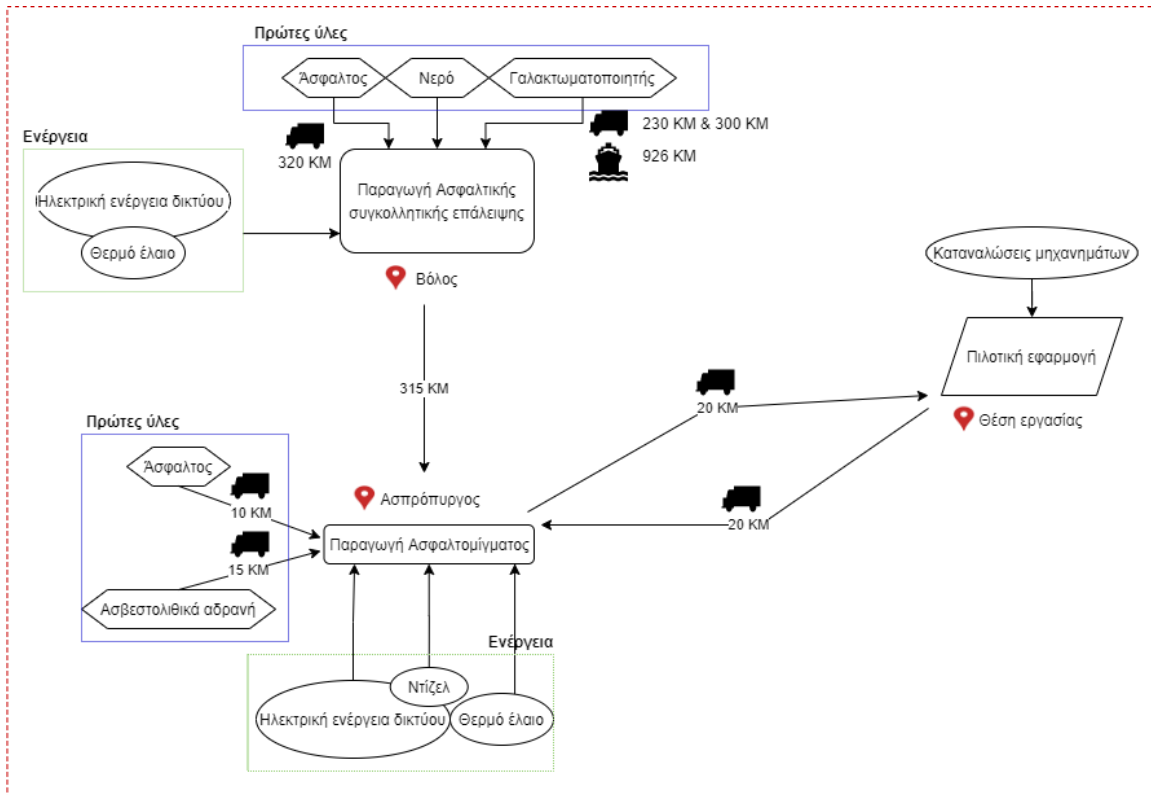
Τα εξεταζόμενα σενάρια διαμορφώθηκαν σύμφωνα με τις προηγούμενες εργασιακές ενότητες λαμβάνοντας υπόψιν ως κύρια παράμετρο την χρήση τρίμματος ελαστικού και το ποσοστό χρήσης ανακυκλωμένου ασφαλτικού σκυροδέματος(RAP)

Όπως έχει προαναφερθεί, η λειτουργική μονάδα του εξεταζόμενου συστήματος είναι τα κιλά διοξειδίου του άνθρακα ανά τόνο παραγόμενου ασφαλτομίγματος ($\text{kgCO}_{2\text{eq}} / \text{tn}_{\text{ασφ/τος}}$) που εφαρμόζονται κατά την πιλοτική εφαρμογή. Η πιλοτική εφαρμογή θα λάβει χώρα σε απόσταση 20 χλμ. από την μονάδα παραγωγής ασφαλτομίγματος ΑΣΦΑΛΤΕΡ στον Ασπρόπυργο. Έχει καθοριστεί ότι θα γίνει απόξεση και διάστρωση δρόμου επιφάνειας 2,000 m² και πάχους 5 cm.

Τα αποτελέσματα κάθε σεναρίου παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

3.1. Συμβατική άσφαλτος

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται αναλυτικά τα στάδια που ακολουθούνται και οι τοποθεσίες που λαμβάνουν χώρα, για την παραγωγή και μεταφορά των πρώτων υλών από την παραγωγή ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης και ασφαλτομίγματος μέχρι και την πιλοτική εφαρμογή αυτού στην θέση εργασίας.



Σχήμα 3: Όρια εξεταζόμενου συστήματος έργου RAP-ELT κατά την χρήση συμβατικής ασφάλτου για την παραγωγή του τελικού ασφαλομίγματος χρήσης (Σενάριο 1).

Το παραπάνω σύστημα διαιρείται σε 3 στάδια και περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω. Τα εξεταζόμενα στάδια είναι τα εξής:

1. Παραγωγή Ασφαλτικής Συγκολλητικής Επάλειψης

Για την παραγωγή της ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης χρησιμοποιούνται σαν πρώτες ύλες: (i) άσφαλτος, (ii) νερό και (iii) γαλακτωματοποιητής. Κατά τη διαδικασία παραγωγής καταναλώνεται θερμική ενέργεια από την καύση φυσικού αερίου για την θέρμανση της ασφάλτου και του νερού, και ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο κατά τη λειτουργία μηχανημάτων της παραγωγής (κολλοειδής μύλος, αναδευτήρας, κυκλοφορητές, κ.λπ.)¹.

¹ Τα δεδομένα για την καταναλισκόμενη θερμική και ηλεκτρική ενέργεια προέχονται από την βιβλιογραφία [9].

Η συγκεκριμένη μονάδα βρίσκεται στη ΒΙΠΕ Βόλου και η απαιτούμενη παραγόμενη ποσότητα μεταφέρεται από τον Βόλο στον Ασπρόπυργο σε απόσταση 315 χλμ. Επίσης, λαμβάνεται υπόψιν και η συνολική διαδρομή για τη μεταφορά των πρώτων υλών (άσφαλτος και γαλακτωματοποιητής). Ο γαλακτωματοποιητής εισάγεται από το Bergamo της Ιταλίας στη ΒΙΠΕ του Βόλου, όπου και παράγεται το γαλάκτωμα. Συγκεκριμένα, μεταφέρεται αρχικά από το Bergamo στο Λιμάνι της Βενετίας με φορτηγό σε απόσταση 230 χλμ., μετά από το Λιμάνι της Βενετίας στο Λιμάνι της Ηγουμενίτσας με φορτηγό πλοίο σε απόσταση 926 χλμ., και τέλος από το Λιμάνι της Ηγουμενίτσας στη ΒΙΠΕ Βόλου με φορτηγό σε απόσταση 300 χλμ. Η συνολικά μεταφερόμενη ποσότητα γαλακτωματοποιητή είναι 0.05 τόνοι. Η άσφαλτος μεταφέρεται από τα διυλιστήρια Ασπροπύργου στη ΒΙΠΕ Βόλου με φορτηγό σε απόσταση 320 χλμ.

Ο Πίνακας 1 περιλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά την μοντελοποίηση του σταδίου μεταφοράς των πρώτων υλών για την παραγωγή της ασφαλικής συγκολλητικής επάλειψης, της διαδικασίας παραγωγής και, τέλος, της μεταφοράς της ασφαλικής συγκολλητικής επάλειψης από την μονάδα παραγωγής στην μονάδα ΑΣΦΑΛΤΕΡ στον Ασπρόπυργο.

Πίνακας 1: Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή και μεταφορά 1 τόνου ασφαλικής συγκολλητικής επάλειψης.

Δεδομένα	Τιμή	Μονάδες
Μεταφορά γαλακτωματοποιητή		
Μεταφορά από το Bergamo της Ιταλίας στο Λιμάνι της Βενετίας με φορτηγό χωρητικότητας 7.5 τόνων (230 χλμ.)	11.5	tn·km
Μεταφορά από το Λιμάνι της Βενετίας στο Λιμάνι της Ηγουμενίτσας με φορτηγό πλοίο (926 χλμ.)	46.3	tn·km
Μεταφορά από το Λιμάνι της Ηγουμενίτσας στη ΒΙΠΕ Βόλου με φορτηγό χωρητικότητας 7.5 τόνων (300 χλμ.)	15	tn·km

Μεταφορά ασφάλτου		
Μεταφορά από τα διυλιστήρια Ασπροπύργου στη ΒΙΠΕ Βόλου με φορτηγό (320 χλμ.)	176	tn·km
Πρώτες ύλες		
Άσφαλτος	0.55	tn
Νερό	0.4	tn
Γαλακτωματοποιητής (οξύ)	0.05	tn
Συνολικά παραγόμενη ποσότητα	1	tn
Ενεργειακές καταναλώσεις [g]		
Θερμική ενέργεια από την καύση φυσικού αερίου	63.22	MJ _{th}
Ηλεκτρική ενέργεια δικτύου	0.68	kWh _{el}
Μεταφορά γαλακτώματος		
Μεταφορά παραγόμενης ποσότητας από τον Βόλο στον Ασπρόπυργο επί της συνολικής διαδρομής με βυτιοφόρο φορτηγό (315 χλμ.)	315	tn·km

Για την μοντελοποίηση του γαλακτωματοποιητή λήφθηκαν υπόψιν τα εξής πρόσθετα:

- i. 25% Διαμίνη (Alkyl-propylene diamine / tallow diamine) [10].
- ii. 25% Υδροχλωρικό οξύ, στο οποίο διαλύεται η διαμίνη. Κατόπιν το διάλυμα αυτό προστίθεται στο νερό.
- iii. 50% Flux Oil (Polyalkylate and stabilizer mixture) [11].
Αυτό το "πρόσθετο" προστίθεται στην άσφαλτο και αυξάνει τη δεισδυτικότητα της από 50/70 που έρχεται από τα διυλιστήρια σε 100/150 για να παραχθεί εν τέλει το ασφαλτικό γαλάκτωμα ΚΕ-1 βάσει προδιαγραφών.

2. Παραγωγή ασφαλτομίγματος

Για την παραγωγή ασφαλτομίγματος χρησιμοποιούνται σαν πρώτες ύλες: (i) άσφαλτος και (ii) ασβεστολιθικά αδρανή. Η μονάδα παραγωγής ασφαλτομίγματος ΑΣΦΑΛΤΕΡ βρίσκεται στον Ασπρόπυργο και προμηθεύεται την άσφαλτο από τα διυλιστήρια Ασπροπύργου σε απόσταση 10 χλμ. ενώ τα ασβεστολιθικά αδρανή από απόσταση 15 χλμ. Εντός των ορίων του συστήματος περιλαμβάνονται και οι ενεργειακές καταναλώσεις κατά την παραγωγή του ασφαλτομίγματος.

Ο Πίνακας 2 περιλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό για την μοντελοποίηση των σταδίων μεταφοράς πρώτων υλών και παραγωγής του ασφαλτομίγματος.

Πίνακας 2: Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την μεταφορά των πρώτων υλών και την παραγωγική διαδικασία 229.60 τόνων ασφαλτομίγματος (Σενάριο 1).

Δεδομένα	Τιμή	Μονάδες
Πρώτες ύλες		
Άσφαλτος	9.60	tn
Ασβεστολιθικά αδρανή	220	tn
Συνολικά παραγόμενη ποσότητα	229.60	tn
Ενεργειακές καταναλώσεις		
Ντίζελ σε καυστήρα	2,296	lt
Θερμοέλαιο σε καυστήρα για συντήρηση δεξαμενών ασφάλτου στους ~160°C	229.60	lt
Ηλεκτρική ενέργεια	1,377.60	kWh _{el}
Μεταφορές πρώτων υλών		
Μεταφορά ασφάλτου με βυτιοφόρο φορτηγό επί της συνολικής διαδρομής (10 χλμ.)	96	tn·km

Μεταφορά ασβεστολιθικών αδρανών με ελκυστήρα επί της συνολικής διαδρομής (15 χλμ.)	3,300	tn·km
--	-------	-------

3. Πιλοτική εφαρμογή

Κατά την πιλοτική εφαρμογή γίνεται χρήση του ασφαλτομίγματος και της ασφαλικής συγκολλητικής επάλειψης. Στο στάδιο αυτό, λαμβάνεται υπόψιν η συνολική κατανάλωση ντίζελ στα μηχανήματα και φορτηγά που χρησιμοποιούνται κατά την μεταφορά και πιλοτική εφαρμογή στην θέση εργασίας. Η θέση της πιλοτικής εφαρμογής (θέση εργασίας) βρίσκεται 20 χλμ. από την μονάδα παραγωγής ασφαλτομίγματος ΑΣΦΑΛΤΕΡ στον Ασπρόπυργο. Τέλος, η μεταφορά του ασφαλτομίγματος από την μονάδα στη θέση εργασίας γίνεται σταδιακά, μεταφέροντας 18 τόνους μίγματος ανά διαδρομή. Βάσει αυτών υπολογίζεται ότι θα πραγματοποιηθούν συνολικά 13 δρομολόγια για την μεταφορά της συνολικής ποσότητας ασφαλτομίγματος στην θέση εργασίας.

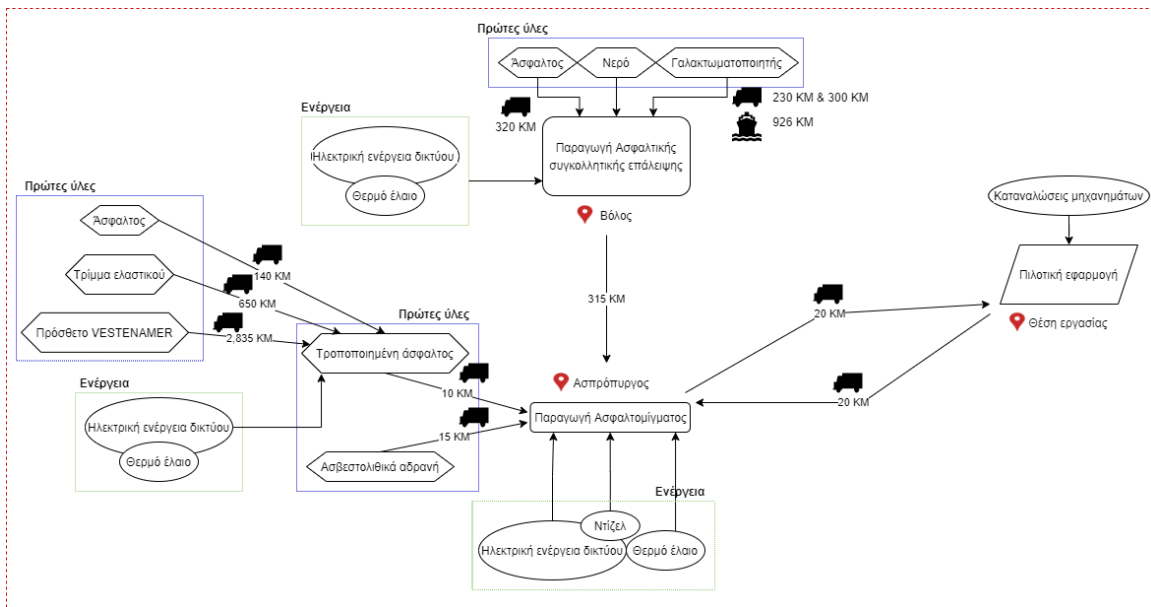
Ο Πίνακας 3 περιλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την μοντελοποίηση της πιλοτικής εφαρμογής. Συγκεκριμένα περιέχει δεδομένα σχετικά με την μεταφορά των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν στην πιλοτική εφαρμογή και τις καταναλώσεις καυσίμων για όλα τα μηχανήματα και φορτηγά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την απόξεση του παλιού ασφαλτοτάπητα και διάστρωση του νέου. Οι ώρες λειτουργίας κάθε μηχανήματος ορίστηκαν οι 8 ώρες για την απόξεση του παλιού ασφαλτοτάπητα και διάστρωση του νέου, ο οποίος έχει συνολική επιφάνεια 2,000 m² και πάχος 5 cm. Για το ψεκαστικό, λήφθηκε υπόψιν η κατανάλωση κατά τη διαδρομή όπου μεταφέρει και εφαρμόζει το ασφαλικό γαλάκτωμα στην πιλοτική εφαρμογή και επιστρέφει και πάλι στο συγκρότημα (1 διαδρομή).

Πίνακας 3: Δεδομένα σχετικά με την μεταφορά των πρώτων υλών και τις καταναλώσεις πετρελαίου μηχανήματων έργου που χρησιμοποιήθηκαν κατά την Πιλοτική εφαρμογή του έργου RAP-ELT.

Μηχάνημα	Κατανάλωση	Μονάδες
Μεταφορά πρώτων υλών		
Κατανάλωση πετρελαίου κίνησης για την μεταφορά μίγματος με ανατρεπόμενο όχημα από τον Ασπρόπυργο προς την θέση της Πιλοτικής εφαρμογής	208	lt
Εργασία απόξεσης παλαιού ασφαλτοτάπητα		
Φρέζα	280	lt
Φορτωτής	24	lt
Σάρωθρο	40	lt
Εργασία διάστρωσης νέου ασφαλτοτάπητα		
Διαστρωτήρας	120	lt
Οδοστρωτήρας	40	lt
Ψεκαστικό	4	lt

3.2. Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται αναλυτικά τα στάδια που ακολουθούνται και οι τοποθεσίες που λαμβάνουν χώρα, για την παραγωγή και μεταφορά των πρώτων υλών από την παραγωγή ασφαλτομίγματος με τρίμμα ελαστικού μέχρι και την πιλοτική εφαρμογή αυτού στην θέση εργασίας.



Σχήμα 4: Όρια εξεταζόμενου συστήματος έργου RAP-ELT κατά την χρήση τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού για την παραγωγή του τελικού ασφαλτομίγματος χρήσης (Σενάριο 2).

Το παραπάνω σύστημα διαιρείται σε 4 στάδια και περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω. Τα εξεταζόμενα στάδια είναι τα εξής:

1. Παραγωγή Ασφαλτικής Συγκολλητικής Επάλειψης

Τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση (α) του σταδίου μεταφοράς των πρώτων υλών για την παραγωγή ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης, (β) της διαδικασίας παραγωγής και, τέλος, (γ) της μεταφοράς της ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης από τη μονάδα παραγωγής στον Βόλο στην μονάδα ΑΣΦΑΛΤΕΡ στον Ασπρόπυργο παραμένουν τα ίδια όπως παρουσιάστηκαν στο Σενάριο 1 (σελ. 10) και στο Πίνακας 1.

2. Παραγωγή τροποποιημένης ασφάλτου

Για την παραγωγή τροποποιημένης ασφάλτου ως πρώτες ύλες χρησιμοποιείται: (i) απλή ασφαλτος, (ii) τρίμμα ελαστικού, και (iii) πρόσθετο VESTENAMER². Η μονάδα παραγωγής τροποποιημένης ασφάλτου βρίσκεται στη ΒΙΠΕ Τριπόλεως και προμηθεύεται την απλή ασφαλτο από τα διυλιστήρια Ασπροπύργου σε απόσταση 140 χλμ., την πούδρα ελαστικών από τη ΒΙΠΕ Δράμας σε απόσταση 650 χλμ., και το πρόσθετο VESTENAMER από το Marl της Γερμανίας σε απόσταση 2,835 χλμ. Οι ενεργειακές καταναλώσεις κατά την παραγωγή της τροποποιημένης ασφάλτου βρίσκονται εντός των ορίων του συστήματος.

Ο Πίνακας 4 περιλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την μοντελοποίηση των σταδίων μεταφοράς πρώτων υλών και παραγωγής τροποποιημένης ασφάλτου.

Πίνακας 4: Δεδομένα σχετικά με τη μεταφορά πρώτων υλών και την παραγωγή 10.91 τόνων τροποποιημένης ασφάλτου (Σενάριο 2).

Δεδομένα	Τιμή	Μονάδες
Πρώτες ύλες		
Άσφαλτος	10.37	tn
Τρίμμα ελαστικού	0.52	tn
Πρόσθετο VESTENAMER	0.02	tn
Συνολικά παραγόμενη ποσότητα τροποποιημένης ασφάλτου	10.91	tn
Ενεργειακές καταναλώσεις		
Θερμική κατανάλωση καυστήρα ελαιόθερμου	654.60	lt
Ηλεκτρική ενέργεια	545.50	kWh _{el}
Μεταφορά πρώτων υλών		

² Σχετικές πληροφορίες: <https://www.vestenamers.com/en/vestenamers-8012-128065.html>

Μεταφορά απλής ασφάλτου με συρόμενο βυτίο επί της συνολικής διαδρομής (140 χλμ.)	1,451.80	tn·km
Μεταφορά πούδρας ελαστικών με διαξονικό φορτηγό επί της συνολικής διαδρομής (650 χλμ.)	338	tn·km
Μεταφορά πρόσθετου VESTENAMER με φορτηγό επί της συνολικής διαδρομής (2,835 χλμ.)	56.70	tn·km

3. Παραγωγή ασφαλτομίγματος

Για την παραγωγή ασφαλτομίγματος χρησιμοποιούνται σαν πρώτες ύλες: (i) τροποποιημένη άσφαλτος και (ii) ασβεστολιθικά αδρανή. Η μονάδα παραγωγής ασφαλτομίγματος ΑΣΦΑΛΤΕΡ βρίσκεται στον Ασπρόπυργο και προμηθεύεται την τροποποιημένη άσφαλτο από τη ΒΙΠΕ Τριπόλεως σε απόσταση 10 χλμ. ενώ τα ασβεστολιθικά αδρανή από απόσταση 15 χλμ. Εντός των ορίων του συστήματος περιλαμβάνονται και οι ενεργειακές καταναλώσεις κατά την παραγωγή του ασφαλτομίγματος.

Ο Πίνακας 5 περιλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό για την μοντελοποίηση των σταδίων μεταφοράς πρώτων υλών και παραγωγής ασφαλτομίγματος.

Πίνακας 5: Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την μεταφορά των πρώτων υλών και την παραγωγική διαδικασία 232.20 τόνων ασφαλτομίγματος (Σενάριο 2).

Δεδομένα	Τιμή	Μονάδες
Πρώτες ύλες		
Τροποποιημένη άσφαλτος	10.91	tn

Ασβεστολιθικά αδρανή	221.29	tn
Συνολικά παραγόμενη ποσότητα ασφαλτομίγματος	232.20	tn
Ενεργειακές καταναλώσεις		
Ντίζελ σε καυστήρα	2,322	lt
Θερμοέλαιο σε καυστήρα για συντήρηση δεξαμενών ασφάλτου στους ~160°C	232.20	lt
Ηλεκτρική ενέργεια	1393.20	kWh _{el}
Μεταφορές πρώτων υλών		
Μεταφορά ασφάλτου με βυτιοφόρο φορτηγό επί της συνολικής διαδρομής (10 χλμ.)	109.10	tn·km
Μεταφορά ασβεστολιθικών αδρανών με ελκυστήρα επί της συνολικής διαδρομής (15 χλμ.)	3,319.35	tn·km

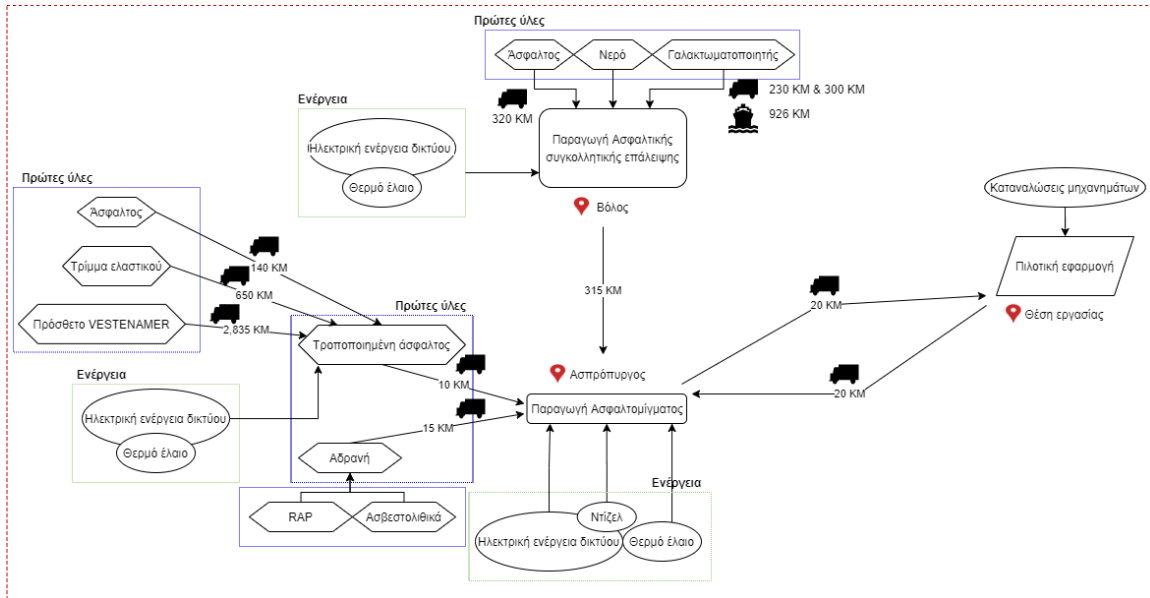
4. Πιλοτική εφαρμογή

Για τη μοντελοποίηση του συγκεκριμένου σταδίου, λαμβάνεται υπόψιν (α) η μεταφορά του ασφαλτομίγματος από τη μονάδα στη θέση εργασίας, και (β) η συνολική κατανάλωση ντίζελ στα μηχανήματα και φορτηγά που χρησιμοποιούνται κατά την απόξεση του παλιού ασφαλτοτάπητα και διάστρωση του νέου. Το σημείο της πιλοτικής εφαρμογής, οι καταναλώσεις καυσίμων των μηχανημάτων κατά την πιλοτική εφαρμογή και η μεταφορά των πρώτων υλών είναι ίδια όπως και στο Σενάριο 1 (σελ. 19) και παρουσιάζονται στο Πίνακα 3.

3.3. Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 30% RAP

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζονται αναλυτικά τα στάδια που ακολουθούνται και οι τοποθεσίες που λαμβάνουν χώρα, για την παραγωγή και μεταφορά των πρώτων υλών

από την παραγωγή ασφαλτομίγματος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 30% RAP μέχρι και την πιλοτική εφαρμογή αυτού στην θέση εργασίας.



Σχήμα 5: Όρια εξεταζόμενου συστήματος έργου RAP-ELT κατά την χρήση τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού και χρήση 30% RAP για την παραγωγή του τελικού ασφαλτομίγματος χρήσης (Σενάριο 3).

Το παραπάνω σύστημα διαιρείται σε 4 στάδια και περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω. Τα εξεταζόμενα στάδια είναι τα εξής:

1. Παραγωγή Ασφαλτικής Συγκολλητικής Επάλειψης

Τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση (α) του σταδίου μεταφοράς των πρώτων υλών για την παραγωγή ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης, (β) της διαδικασίας παραγωγής και, τέλος, (γ) της μεταφοράς της ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης από την μονάδα παραγωγής στον Βόλο στη μονάδα ΑΣΦΑΛΤΕΡ στον Ασπρόπυργο παραμένουν τα ίδια όπως παρουσιάστηκαν στο Σενάριο 1 (σελ. 10) και στο Πίνακας 1.

2. Παραγωγή τροποποιημένης ασφάλτου

Για την παραγωγή τροποποιημένης ασφάλτου, όπως και στο Σενάριο 2, ως πρώτες ύλες χρησιμοποιείται: (i) απλή ασφαλτος, (ii) τρίμμα ελαστικού, και (iii) πρόσθετο VESTENAMER. Η μονάδα παραγωγής τροποποιημένης ασφάλτου βρίσκεται στη ΒΙΠΕ Τριπόλεως και προμηθεύεται την απλή ασφαλτο από τα διυλιστήρια Ασπροπύργου σε απόσταση 140 χλμ., την πούδρα ελαστικών από τη ΒΙΠΕ Δράμας σε απόσταση 650 χλμ., και το πρόσθετο VESTENAMER από το Marl της Γερμανίας σε απόσταση 2,835 χλμ. Οι ενεργειακές καταναλώσεις κατά την παραγωγή της τροποποιημένης ασφάλτου βρίσκονται εντός των ορίων του συστήματος.

Ο Πίνακας 6 περιλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση των σταδίων μεταφοράς πρώτων υλών και παραγωγής τροποποιημένης ασφάλτου.

Πίνακας 6: Δεδομένα σχετικά με τη μεταφορά πρώτων υλών και την παραγωγή 10.29 τόνων τροποποιημένης ασφάλτου (Σενάριο 3).

Δεδομένα	Τιμή	Μονάδες
Πρώτες ύλες		
Άσφαλτος	9.78	tn
Τρίμμα ελαστικού	0.49	tn
Πρόσθετο VESTENAMER	0.02	tn
Συνολικά παραγόμενη ποσότητα τροποποιημένης ασφάλτου	10.29	tn
Ενεργειακές καταναλώσεις		
Θερμική κατανάλωση καυστήρα ελαιόθερμου	617.40	lt
Ηλεκτρική ενέργεια	514.50	kWh _{el}
Μεταφορά πρώτων υλών		

Μεταφορά απλής ασφάλτου με συρόμενο βυτίο επί της συνολικής διαδρομής (140 χλμ.)	1,369.20	tn·km
Μεταφορά πούδρας ελαστικών με διαξονικό φορτηγό επί της συνολικής διαδρομής (650 χλμ.)	318.50	tn·km
Μεταφορά πρόσθετου VESTENAMER με φορτηγό επί της συνολικής διαδρομής (2,835χλμ.)	56.70	tn·km

2. Παραγωγή ασφαλτομίγματος

Για την παραγωγή ασφαλτομίγματος χρησιμοποιούνται σαν πρώτες ύλες: (i) τροποποιημένη άσφαλτος και (ii) αδρανή από RAP και ασβεστολιθικά. Η μονάδα παραγωγής ασφαλτομίγματος ΑΣΦΑΛΤΕΡ βρίσκεται στον Ασπρόπυργο και προμηθεύεται την τροποποιημένη άσφαλτο από τη ΒΙΠΕ Τριπόλεως σε απόσταση 10 χλμ. ενώ τα ασβεστολιθικά αδρανή από απόσταση 15 χλμ. Εντός των ορίων του συστήματος περιλαμβάνονται και οι ενεργειακές καταναλώσεις κατά την παραγωγή του ασφαλτομίγματος.

Ο Πίνακας 7 περιλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό για τη μοντελοποίηση των σταδίων μεταφοράς πρώτων υλών και παραγωγής ασφαλτομίγματος.

Πίνακας 7: Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την μεταφορά των πρώτων υλών και την διαδικασία παραγωγής 233.90 τόνων ασφαλτομίγματος (Σενάριο 3).

Δεδομένα	Τιμή	Μονάδες
Πρώτες ύλες		
Τροποποιημένη άσφαλτος	10.29	tn

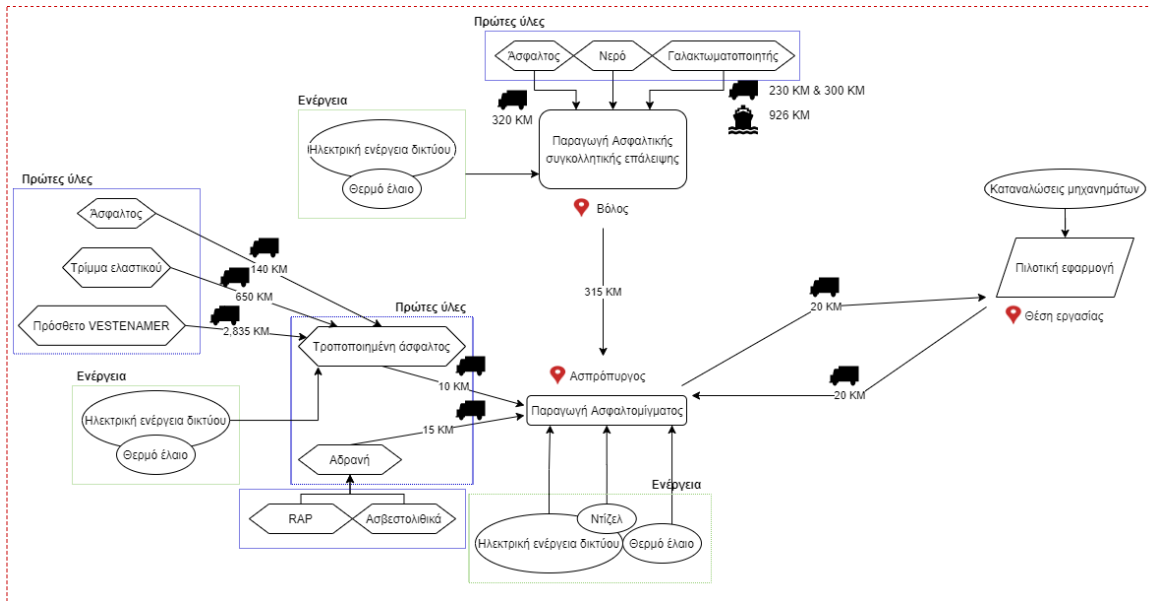
Αδρανή, εκ των οποίων:	223.61	tn
RAP	67.08	tn
Ασβεστολιθικά	156.53	tn
Συνολικά παραγόμενη ποσότητα ασφαλτομίγματος	233.90	tn
Ενεργειακές καταναλώσεις		
Ντίζελ σε καυστήρα	2,339	lt
Θερμοέλαιο σε καυστήρα για συντήρηση δεξαμενών ασφάλτου στους ~160°C	233.90	lt
Ηλεκτρική ενέργεια	1,403.40	kWh _{el}
Μεταφορές πρώτων υλών		
Μεταφορά τροποποιημένης ασφάλτου με βυτιοφόρο φορτηγό επί της συνολικής διαδρομής (10 χλμ.)	102.90	tn·km
Μεταφορά αδρανών με ελκυστήρα επί της συνολικής διαδρομής (15 χλμ.)	3,354.15	tn·km

3. Πιλοτική εφαρμογή

Για τη μοντελοποίηση του συγκεκριμένου σταδίου, λαμβάνεται υπόψιν (α) η μεταφορά του ασφαλτομίγματος από τη μονάδα στην θέση εργασίας, και (β) η συνολική κατανάλωση ντίζελ στα μηχανήματα και φορτηγά που χρησιμοποιούνται κατά την απόξεση του παλιού ασφαλτοτάπητα και διάστρωση του νέου. Το σημείο της πιλοτικής εφαρμογής, οι καταναλώσεις καυσίμων των μηχανημάτων κατά την πιλοτική εφαρμογή και η μεταφορά των πρώτων υλών είναι ίδιες όπως και στο Σενάριο 1 (σελ. 19) και παρουσιάζονται στο Πίνακα 3.

3.4. Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50%RAP

Στο Σχήμα 6 παρουσιάζονται αναλυτικά τα στάδια που ακολουθούνται και οι τοποθεσίες που λαμβάνουν χώρα, για την παραγωγή και μεταφορά των πρώτων υλών από την παραγωγή ασφαλτομίγματος με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50% RAP μέχρι και την πιλοτική εφαρμογή αυτού στη θέση εργασίας.



Σχήμα 6: Όρια εξεταζόμενου συστήματος έργου RAP-ELT κατά την χρήση τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50% RAP για την παραγωγή του τελικού ασφαλτομίγματος χρήσης (Σενάριο 4).

Το παραπάνω σύστημα διαιρείται σε 4 στάδια και περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

Τα εξεταζόμενα στάδια είναι τα εξής:

1. Παραγωγή Ασφαλτικής Συγκολλητικής Επάλειψης

Τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την μοντελοποίηση (α) του σταδίου μεταφοράς των πρώτων υλών για την παραγωγή ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης, (β) της διαδικασίας παραγωγής και, τέλος, (γ) της μεταφοράς της ασφαλτικής συγκολλητικής επάλειψης από την μονάδα παραγωγής στον Βόλο στην

μονάδα ΑΣΦΑΛΤΕΡ στον Ασπρόπυργο παραμένουν τα ίδια όπως παρουσιάστηκαν στο Σενάριο 1 (σελ. 10) και στο Πίνακα 1.

2. Παραγωγή τροποποιημένης ασφάλτου

Για την παραγωγή τροποποιημένης ασφάλτου, όπως και στο Σενάριο 2, ως πρώτες ύλες χρησιμοποιείται: (i) απλή άσφαλτος, (ii) τρίμμα ελαστικού, και (iii) πρόσθετο VESTENAMER. Η μονάδα παραγωγής τροποποιημένης ασφάλτου βρίσκεται στη ΒΙΠΕ Τριπόλεως και προμηθεύεται την απλή άσφαλτο από τα διυλιστήρια Ασπροπύργου σε απόσταση 140 χλμ., την πούδρα ελαστικών από τη ΒΙΠΕ Δράμας σε απόσταση 650 χλμ., και το πρόσθετο VESTENAMER από το Marl της Γερμανίας σε απόσταση 2,835 χλμ. Οι ενεργειακές καταναλώσεις κατά την παραγωγή της τροποποιημένης ασφάλτου βρίσκονται εντός των ορίων του συστήματος.

Ο Πίνακας 8 περιλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση των σταδίων μεταφοράς πρώτων υλών και παραγωγής της τροποποιημένης ασφάλτου.

Πίνακας 8: Δεδομένα σχετικά με τη μεταφορά πρώτων υλών και την παραγωγή 9.65 τόνων τροποποιημένης ασφάλτου (Σενάριο 4).

Δεδομένα	Τιμή	Μονάδες
Πρώτες ύλες		
Άσφαλτος	9.17	tn
Τρίμμα ελαστικού	0.46	tn
Πρόσθετο VESTENAMER	0.02	tn
Συνολικά παραγόμενη ποσότητα τροποποιημένης ασφάλτου	9.65	tn
Ενεργειακές καταναλώσεις		

Θερμική κατανάλωση καυστήρα ελαιόθερμου	577.90	lt
Ηλεκτρική ενέργεια	482.50	kWh _{el}
Μεταφορά πρώτων υλών		
Μεταφορά απλής ασφάλτου με συρόμενο βυτίο επί της συνολικής διαδρομής (140 χλμ.)	1,283.80	tn·km
Μεταφορά πούδρας ελαστικών με διαξονικό φορτηγό επί της συνολικής διαδρομής (650 χλμ.)	299	tn·km
Μεταφορά πρόσθετου VESTENAMER με φορτηγό επί της συνολικής διαδρομής (2,835 χλμ.)	56.70	tn·km

3. Παραγωγή ασφαλτομίγματος

Για την παραγωγή ασφαλτομίγματος χρησιμοποιούνται σαν πρώτες ύλες: (i) τροποποιημένη άσφαλτος και (ii) αδρανή από RAP και ασβεστολιθικά. Η μονάδα παραγωγής ασφαλτομίγματος ΑΣΦΑΛΤΕΡ βρίσκεται στον Ασπρόπυργο και προμηθεύεται την τροποποιημένη άσφαλτο από τη ΒΙΠΕ Τριπόλεως σε απόσταση 10 χλμ. ενώ τα ασβεστολιθικά αδρανή από απόσταση 15 χλμ. Εντός των ορίων του συστήματος περιλαμβάνονται και οι ενεργειακές καταναλώσεις κατά την παραγωγή του ασφαλτομίγματος.

Ο Πίνακας 9 περιλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό για την μοντελοποίηση των σταδίων μεταφοράς πρώτων υλών και παραγωγής ασφαλτομίγματος.

Πίνακας 9: Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την μεταφορά των πρώτων υλών και την παραγωγή 235.50 τόνων ασφαλτομίγματος (Σενάριο 4).

Δεδομένα	Τιμή	Μονάδες
Πρώτες ύλες		
Τροποποιημένη άσφαλτος	9.65	tn
Αδρανή, εκ των οποίων:	225.85	tn
<i>RAP</i>	112.925	tn
<i>Ασβεστολιθικά</i>	112.925	tn
Συνολικά παραγόμενη ποσότητα ασφαλτομίγματος	235.50	tn
Ενεργειακές καταναλώσεις		
Ντίζελ σε καυστήρα	2,355	Lt
Θερμοέλαιο σε καυστήρα για συντήρηση δεξαμενών ασφάλτου στους ~160°C	235.50	Lt
Ηλεκτρική ενέργεια	1,413	kWh _{el}
Μεταφορές πρώτων υλών		
Μεταφορά τροποποιημένης ασφάλτου με βυτιοφόρο φορτηγό επί της συνολικής διαδρομής (10 χλμ.)	96.50	tn·km
Μεταφορά αδρανών με ελκυστήρα επί της συνολικής διαδρομής (15 χλμ.)	3,387.75	tn·km

4. Πιλοτική εφαρμογή

Για τη μοντελοποίηση του συγκεκριμένου σταδίου, λαμβάνεται υπόψιν (α) η μεταφορά του ασφαλτομίγματος από την μονάδα στην θέση εργασίας, και (β) η συνολική κατανάλωση ντίζελ στα μηχανήματα και φορτηγά που χρησιμοποιούνται κατά την απόξεση του παλιού ασφαλτοτάπητα και διάστρωση του νέου. Οι ποσότητες των πρώτων υλών, το σημείο της πιλοτικής εφαρμογής, οι καταναλώσεις καυσίμων

των μηχανημάτων κατά την πιλοτική εφαρμογή και την μεταφορά των πρώτων υλών είναι ίδιες όπως και στο Σενάριο 1 (σελ. 19) και παρουσιάζονται στο Πίνακα 3.

4. Συγκριτικά αποτελέσματα

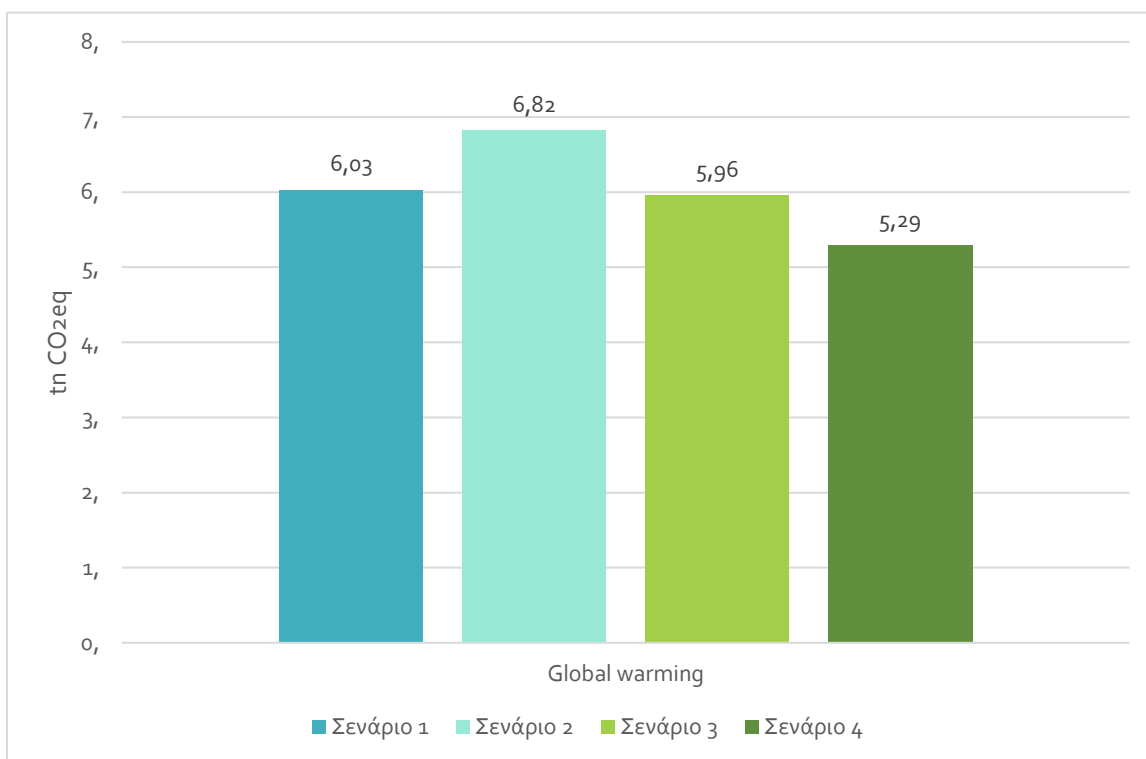
Στο Πίνακα 10 και στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της περιβαλλοντικής αξιολόγησης για κάθε σενάριο το οποίο εξετάστηκε στην συγκεκριμένη μελέτη. Από το πίνακα είναι φανερό ότι η παραγωγή ασφαλτομίγματος έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά στις συνολικές εκπομπές της συνολικής διαδικασίας, λαμβάνοντας υπόψιν τα στάδια μεταφοράς των πρώτων υλών μέχρι και την πιλοτική εφαρμογή στη θέση εργασίας, όπως παρουσιάστηκαν αναλυτικά παραπάνω. Εν αντιθέσει, το στάδιο της πιλοτικής εφαρμογής, στο οποίο λήφθηκαν υπόψη η μεταφορά των υλών στην θέση εργασίας και οι καταναλώσεις καυσίμου των μηχανημάτων κατά την πιλοτική εφαρμογή, έχει τη μικρότερη συνεισφορά.

Ως βέλτιστο σενάριο προκύπτει η εφαρμογή τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50% RAP κατά το Σενάριο 4. Οι περισσότερες εκπομπές προκύπτουν κατά το Σενάριο 2 στο οποίο γίνεται χρήση τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού. Κατά το Σενάριο 3, στο οποίο γίνεται χρήση τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού και χρήση 30% RAP επιτυγχάνεται 3% εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ σε σύγκριση με το Σενάριο 1, όπου γίνεται χρήση συμβατικής ασφάλτου.

Πίνακας 10: Επισκόπηση των αποτελεσμάτων της περιβαλλοντικής αξιολόγησης χρήσης τρίμματος ελαστικού σε τροποποιημένη ασφάλτο.

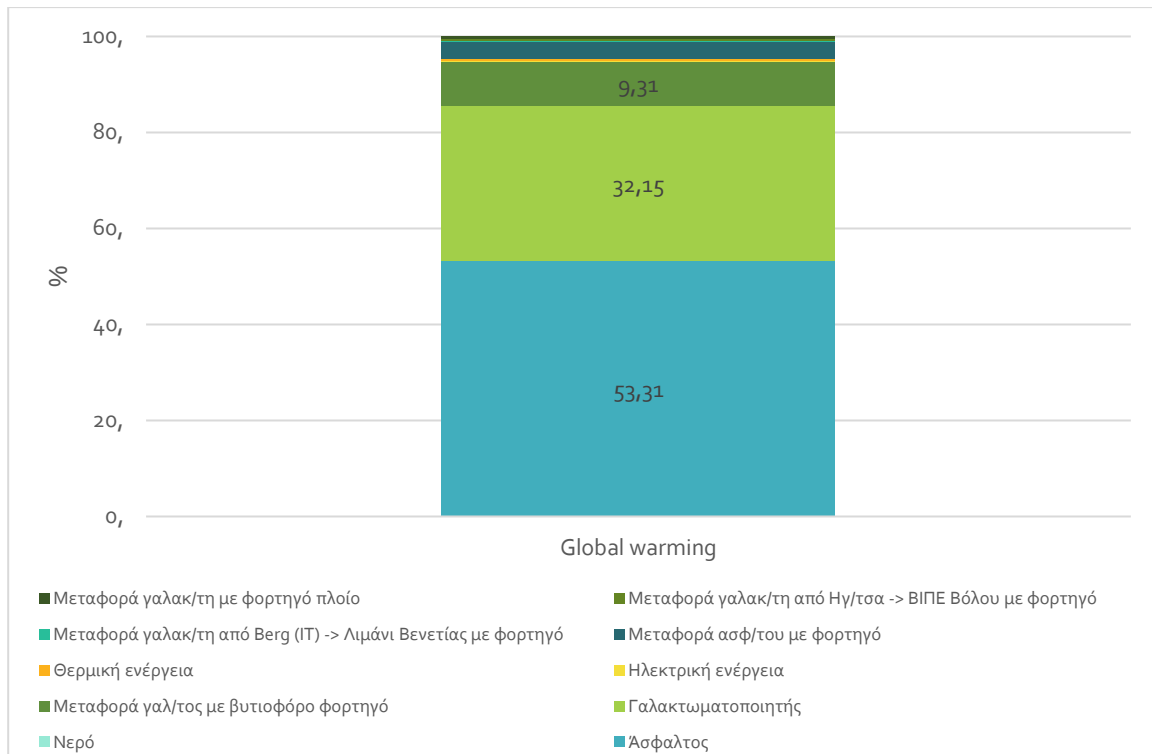
Σενάρια	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
	Συμβατική Άσφαλτος	Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού	Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού και 30% RAP	Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού και 50% RAP
Ασφαλτομίγμα	5.42	6.21	5.35	4.68

(tn CO _{2eq})				
Γαλάκτωμα (tn CO _{2eq})	0.36			
Πιλοτική εφαρμογή (tn CO _{2eq})	0.25			
Συνολικές εκπομπές (tn CO_{2eq})	6.03	6.82	5.96	5.29
Εκπομπές CO_{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO_{2eq}/tn ασφ/τος)	26.26	29.37	25.48	22.46
Εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ (%)	-	11.84 (▲)	- 2.97 (▼)	- 14.47 (▼)



Διάγραμμα 1: Συγκριτικά αποτελέσματα χαρακτηρισμού που σχετίζονται με τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για κάθε Σενάριο (1 – 4), χρησιμοποιώντας τη μέθοδο IMPACT 2002+.

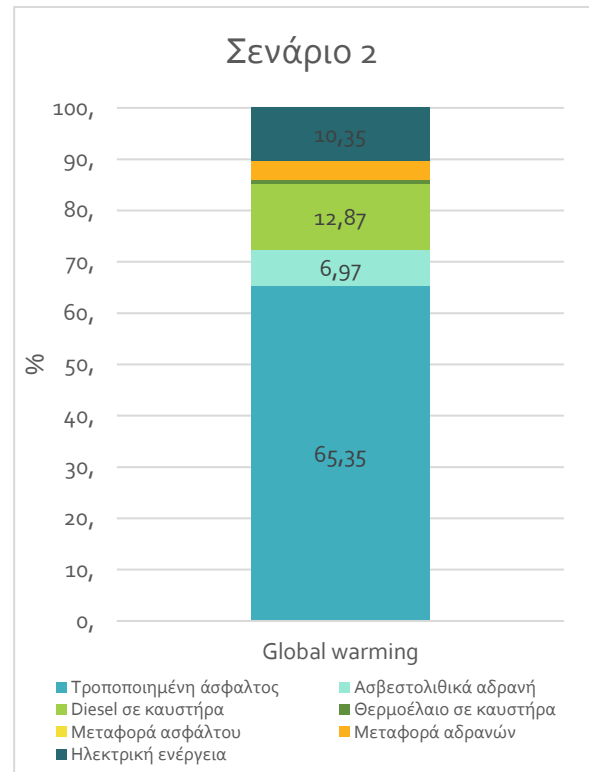
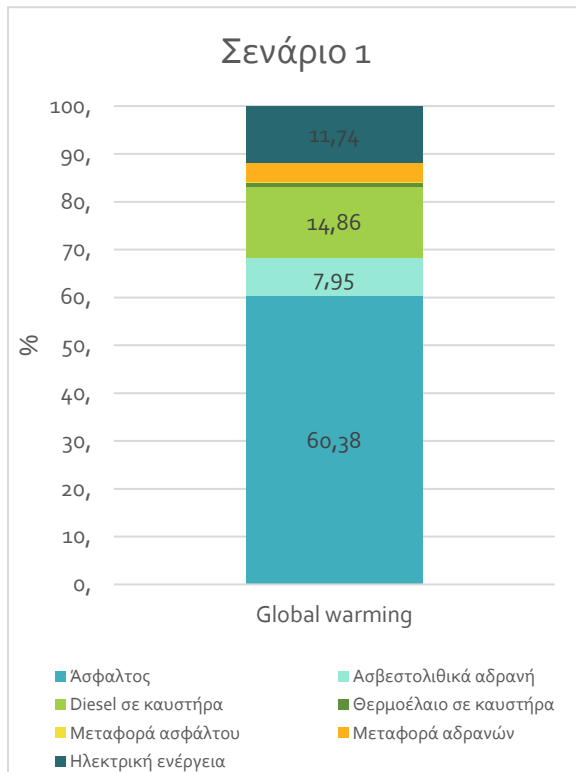
Αναφορικά με την παραγωγή του γαλακτώματος, από το Διάγραμμα 2 γίνεται φανερό ότι τη μεγαλύτερη συνεισφορά φέρει η ασφάλτος και ο γαλακτωματοποιητής σε ποσοστό 53.31% και 32.15% επί του συνολικού αποτυπώματος. Σημαντική συνεισφορά φέρει επίσης και το στάδιο μεταφοράς του γαλακτώματος από τη ΒΙΠΕ Βόλου στον Ασπρόπυργο σε απόσταση 315 χλμ., με ποσοστό 9.31% επί του συνολικού αποτυπώματος. Τα υπόλοιπα στάδια κατά τη διαδικασία παραγωγής του γαλακτώματος, δηλαδή τα στάδια των ενεργειακών καταναλώσεων, της κατανάλωσης νερού και της μεταφοράς των πρώτων υλών έχουν συγκριτικά αμελητέα συνεισφορά στο συνολικό αποτύπωμα σε σχέση με τα στάδια παραγωγής του γαλακτωματοποιητή και της ασφάλτου.

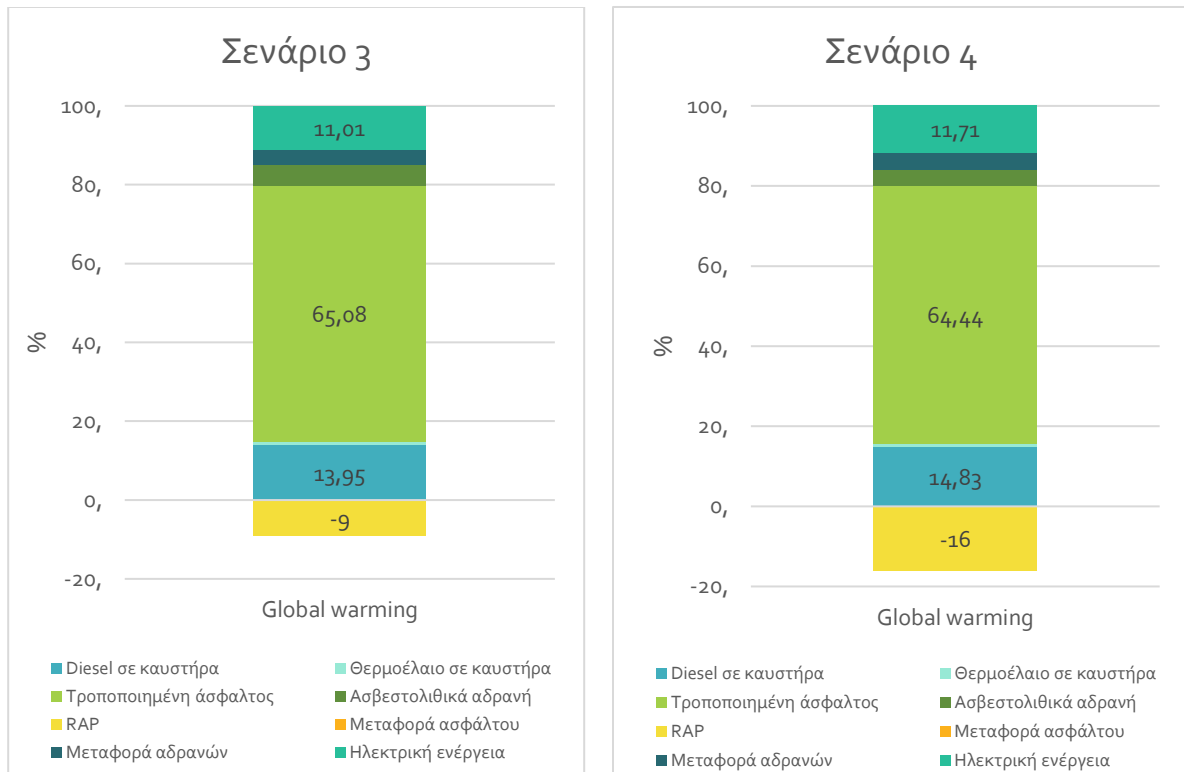


Διάγραμμα 2: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού που σχετίζονται με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά την παραγωγή Γαλακτώματος χρησιμοποιώντας τη μέθοδο IMPACT 2002+.

Όσον αφορά το στάδιο παραγωγής ασφαλτομίγματος, από το

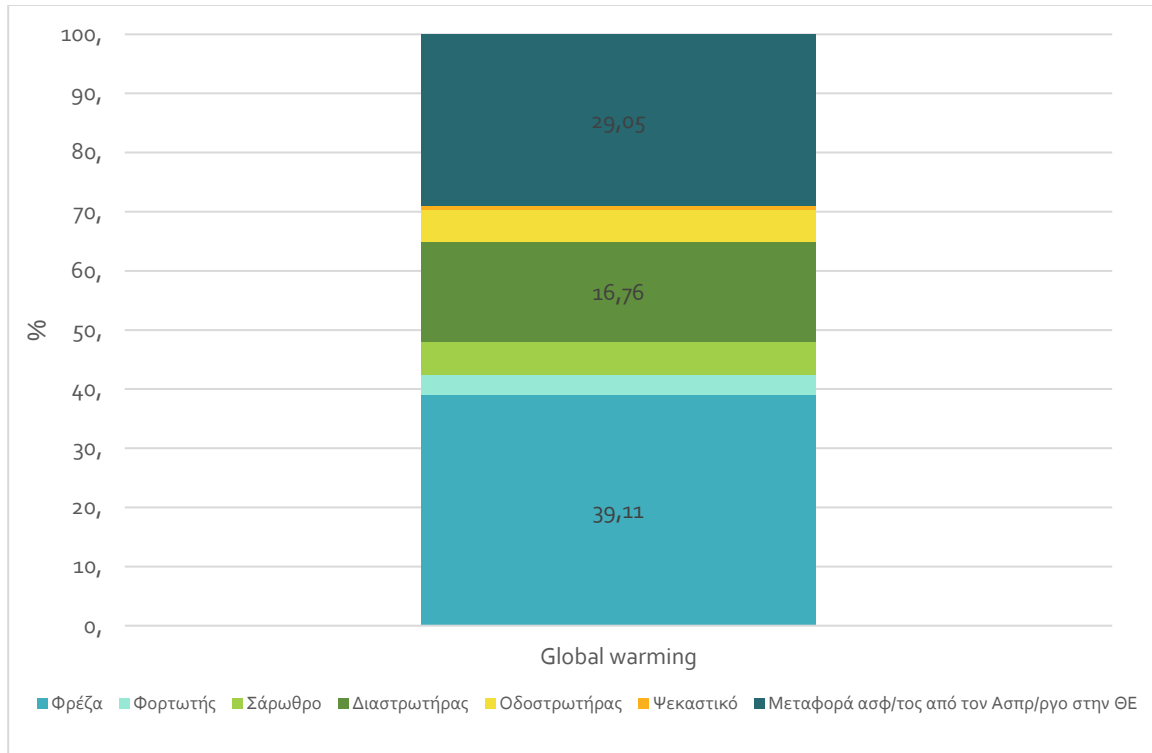
Διάγραμμα 3 γίνεται φανερό ότι σε κάθε σενάριο τη μεγαλύτερη συνεισφορά την φέρει η παραγωγή ασφάλτου (Σενάριο 1) και τροποποιημένης ασφάλτου (Σενάριο 2-4) (60.38 – 65.35 % επί της συνολικής συνεισφοράς). Σημαντική επίσης συνεισφορά έχει η χρήση καυσίμου ντίζελ στον καυστήρα (12.87 – 14.86 % επί της συνολικής συνεισφοράς) και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (10.35 – 11.74% επί της συνολικής συνεισφοράς) σε όλα τα σενάρια. Για τα Σενάρια 1 και 2, όπου δεν γίνεται χρήση RAP, σημαντική συνεισφορά φέρει και η χρήση των ασβεστολιθικών αδρανών (7.95 % και 6.97 % κατ' αντιστοιχία). Για τα Σενάρια 3 και 4, όπου γίνεται χρήση RAP, η συνεισφορά του επί του συνολικού αποτυπώματος είναι αρνητικό ποσοστό (-9% και -16% κατ' αντιστοιχία) λόγω της χρήσης RAP. Σε αυτό το σημείο σημειώνεται ότι οι αποφευχθείσες εκπομπές αντιστοιχούν σε εκείνες της αποφυγής απόθεσής των αδρανών και των εξορυκτικών δραστηριοτήτων του λατομείου, λαμβάνοντας όμως υπόψιν τις διεργασίες μεταφοράς και επεξεργασίας του RAP.





Διάγραμμα 3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα χαρακτηρισμού που σχετίζονται με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά την παραγωγή Ασφαλτομίγματος σε κάθε σενάριο χρησιμοποιώντας τη μέθοδο IMPACT 2002+.

Σχετικά με την Πιλοτική εφαρμογή, σύμφωνα με το Διάγραμμα 4 παρουσιάζεται ότι τη μεγαλύτερη συνεισφορά στις συνολικές εκπομπές αερίου του θερμοκηπίου κατά την πιλοτική εφαρμογή φέρει η κατανάλωση καυσίμου στην φρέζα κατά την απόξεση του παλιού ασφαλτοτάπητα, με ποσοστό 39,11% επί των συνολικών εκπομπών κατά την πιλοτική εφαρμογή. Ομοίως, σημαντική συνεισφορά φέρει η μεταφορά του ασφαλτομίγματος από τον Ασπρόπυργο στη θέση εργασίας (29,05% επί του συνολικού αποτυπώματος) και η κατανάλωση καυσίμου στον διαστρωτήρα (16,76% επί του συνολικού αποτυπώματος) κατά την εφαρμογή του νέου ασφαλτοτάπητα. Τα υπόλοιπα μηχανήματα έχουν συγκριτικά μικρότερη συνεισφορά επί των συνολικών εκπομπών κατά το στάδιο της πιλοτικής εφαρμογής.



Διάγραμμα 4: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού που σχετίζονται με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά την Πιλοτική Εφαρμογή χρησιμοποιώντας τη μέθοδο IMPACT 2002+.

5. Ανάλυση ευαισθησίας

Με σκοπό να εξετασθεί η περίπτωση όπου γίνεται χρήση καυσίμων φιλικά προς το περιβάλλον στους καυστήρες κατά την παραγωγική διαδικασία της τροποποιημένης ασφάλτου και του ασφαλτομίγματος και το ενεργειακό μείγμα για την ηλεκτροπαραγωγή βασίζεται στη κυρίως σε ΑΠΕ, πραγματοποιήθηκε η παρακάτω ανάλυση ευαισθησίας. Στη συγκεκριμένη ανάλυση θα εξετασθεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα όλων των Σεναρίων για τις παρακάτω περιπτώσεις:

1^η Περίπτωση: Ποσοστιαία μεταβολή συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα εξετασθούν οι περιπτώσεις όπου:

A) Η συμμετοχή των ΑΠΕ είναι 50% επί του συνολικού ενεργειακού μείγματος.

Β) Η συμμετοχή των ΑΠΕ είναι 70% επί του συνολικού ενεργειακού μείγματος.

Γ) Η συμμετοχή των ΑΠΕ είναι 90% επί του συνολικού ενεργειακού μείγματος.

2^η Περίπτωση: Χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες κατά τη διαδικασία παραγωγής της τροποποιημένης ασφάλτου και του ασφαλτομείγματος.

3^η Περίπτωση: Ποσοστιαία μεταβολή συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας και χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες κατά τη διαδικασία παραγωγής της τροποποιημένης ασφάλτου και του ασφαλτομείγματος.

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ανάλυσης παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες. Συγκεκριμένα, με σκοπό να παρουσιαστεί η προοπτική βελτίωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος κατά τη χρήση τρίμματος ελαστικού και RAP (Σενάρια 2-4) έναντι της χρήσης συμβατικής ασφάλτου (Σενάριο 1), εξετάστηκε η εξοικονομηση εκπομπών CO₂ για την περίπτωση όπου το Σενάριο 1 παραμένει στην υφιστάμενη κατάσταση (Πίνακας 11) και στην περίπτωση όπου στο Σενάριο 1 αντιστοιχεί και αυτό στα σενάρια με χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες και αύξηση συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα (

Πίνακας 12). Τέλος σημειώνεται ότι στην παρούσα μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής δεν έχουν ληφθεί επιπρόσθετες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την κατασκευή νέου εξοπλισμού και υποδομών που αφορά τη χρήση βιοκαυσίμων.

Πίνακας 11. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας – Σενάριο 1: Υφιστάμενη κατάσταση

Σενάριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
	Συμβατική Άσφαλτος	Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού	Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού και 30% RAP	Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού και 50% RAP
Περίπτωση 1: 50% ΑΠΕ και 50% ορυκτά καύσιμα				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	6.03	6.65	5.79	5.11
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	26.26	28.64	24.75	21.70
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	9.05 (▲)	- 5.74 (▼)	- 17.38 (▼)
Περίπτωση 1: 70% ΑΠΕ και 30% ορυκτά καύσιμα				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	6.03	6.17	5.33	4.66
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	26.26	26.57	22.79	19.79
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	1.18 (▲)	- 13.23 (▼)	- 24.66 (▼)
Περίπτωση 1: 90% ΑΠΕ και 10% ορυκτά καύσιμα				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	6.03	5.71	4.87	4.22

Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	26.26	24.59	20.82	17.92
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	- 6.37 (▼)	- 20.72 (▼)	- 31.77 (▼)
Περίπτωση 2: Χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	6.03	5.23	4.98	4.29
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	26.26	22.52	21.29	18.22
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	- 14.24 (▼)	- 18.93 (▼)	- 30.64 (▼)
Περίπτωση 3: 50% ΑΠΕ και 50% ορυκτά καύσιμα / Χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	6.03	5.66	4.79	4.12
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	26.26	24.38	20.48	17.50
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	- 7.19 (▼)	- 22.02 (▼)	- 33.39 (▼)
Περίπτωση 3: 70% ΑΠΕ και 30% ορυκτά καύσιμα / Χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	6.03	5.19	4.33	3.67
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	26.26	22.35	18.51	15.58

Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	- 14.90 (↘)	- 29.51 (↘)	- 40.66 (↘)
Περίπτωση 3: 90% ΑΠΕ και 10% ορυκτά καύσιμα / Χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	6.03	4.73	3.87	3.23
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	26.26	20.37	16.54	13.72
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	- 22.44 (↘)	- 37.00 (↘)	- 47.78 (↘)

Πίνακας 12. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας – Σενάριο 1: χρήση βιοντίζελ και ΑΠΕ

Σενάριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
	Συμβατική Άσφαλτος	Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού	Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού και 30% RAP	Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού και 50% RAP
Περίπτωση 1: 50% ΑΠΕ και 50% ορυκτά καύσιμα				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	5.89	6.65	5.79	5.11
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	25.65	28.64	24.75	21.70
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	11.64 (▲)	- 3.51 (▼)	- 15.42 (▼)
Περίπτωση 1: 70% ΑΠΕ και 30% ορυκτά καύσιμα				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	5.53	6.17	5.33	4.66
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	24.09	26.57	22.79	19.79
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	10.32 (▲)	- 5.39 (▼)	- 17.84 (▼)
Περίπτωση 1: 90% ΑΠΕ και 10% ορυκτά καύσιμα				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	5.16	5.71	4.87	4.22

Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	22.47	24.59	20.82	17.92
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	9.42 (▲)	- 7.36 (▼)	- 20.27 (▼)
Περίπτωση 2: Χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	5.17	5.23	4.98	4.29
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	22.51	22.52	21.29	18.22
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	0.04 (▲)	- 5.42 (▼)	- 19.07 (▼)
Περίπτωση 3: 50% ΑΠΕ και 50% ορυκτά καύσιμα / Χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	5.04	5.66	4.79	4.12
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	21.95	24.38	20.48	17.50
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	11.04 (▲)	- 6.71 (▼)	- 20.30 (▼)
Περίπτωση 3: 70% ΑΠΕ και 30% ορυκτά καύσιμα / Χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	4.67	5.19	4.33	3.67
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	20.34	22.35	18.51	15.58

Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	9.89 (▲)	- 8.99 (▼)	- 23.38 (▼)
Περίπτωση 3: 90% ΑΠΕ και 10% ορυκτά καύσιμα / Χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες				
Συνολικές εκπομπές (tn CO _{2eq})	4.31	4.73	3.87	3.23
Εκπομπές CO _{2eq} ανά τόνο ασφ/τος (kg CO _{2eq} /tn ασφ/τος)	18.77	20.37	16.54	13.72
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ (%)	-	8.52 (▲)	- 11.86 (▼)	- 26.94 (▼)

Βάσει των αποτελεσμάτων του Πίνακα 11 όπου εξετάζεται η υφιστάμενη κατάσταση του Σεναρίου 1, για να επιτευχθεί εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ για την περίπτωση όπου γίνεται αποκλειστική χρήση τρίμματος ελαστικού (Σενάριο 2) πρέπει είτε το μείγμα της ηλεκτρικής ενέργειας να αποτελείται κυρίως από ΑΠΕ (90% επί του συνολικού μείγματος), είτε να γίνεται αποκλειστική χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες κατά την παραγωγική διαδικασία της τροποποιημένης ασφάλτου και του ασφαλτομείγματος. Στην περίπτωση όπου γίνεται χρήση βιοντίζελ και η συμμετοχή των ΑΠΕ είναι από 50% και άνω επί του συνολικού μείγματος, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ από 7% μέχρι και 23% σε σύγκριση με το σενάριο χρήσης τροποποιημένης ασφάλτου. Τέλος, μπορεί να επιτευχθεί έως και 48% εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ στην ιδανική περίπτωση όπου γίνεται χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες και η συμμετοχή των ΑΠΕ είναι 90% επί του συνολικού μείγματος κατά την παραγωγική διαδικασία τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού και χρήση 50% RAP.

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 12 όπου εξετάζεται η χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες και αύξηση συμμετοχής των ΑΠΕ στο ηλεκτρικό μείγμα συμπεραίνουμε ότι η αποκλειστική χρήση ελαστικού (Σενάριο 2) δεν επιφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη έναντι της συμβατικής ασφάλτου λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας ασφάλτου στο ασφαλτομείγμα, των επιπρόσθετων ενεργειακών καταναλώσεων και του σταδίου μεταφοράς των επιπρόσθετων πρώτων υλών. Ωστόσο, στην Περίπτωση 2, όπου γίνεται χρήση βιοντίζελ στους καυστήρες, παρατηρείται παρόμοιο περιβαλλοντικό προφίλ με την περίπτωση της συμβατικής ασφάλτου (Σενάριο 1). Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι κατά την παραγωγή της ασφάλτου έχουμε κατανάλωση μόνο ηλεκτρικής ενέργειας ενώ κατά την παραγωγή της τροποποιημένης ασφάλτου έχουμε κατανάλωση βιοντίζελ. Τα Σενάρια 3 & 4 παρουσιάζουν καλύτερο περιβαλλοντικό προφίλ από το Σενάριο 1 σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν.

6. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά η αποκλειστική χρήση τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού (Σενάριο 2) δεν επιφέρει περιβαλλοντικά οφέλη στην παρούσα κατάσταση έναντι της χρήσης συμβατικής ασφάλτου, λόγω ότι η ποσότητα ασφάλτου που απαιτείται στο μίγμα παραμένει υψηλή. Επιπλέον, στο συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα χρήσης τροποποιημένης ασφάλτου προστίθενται και οι εκπομπές από την κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται κατά την παραγωγή της τροποποιημένης ασφάλτου, οι οποίες ανέρχονται σε 387 kg CO₂, και οι εκπομπές κατά την μεταφορά των πρώτων υλών, δηλαδή του τρίμματος ελαστικού και του χημικού πρόσθετου VESTENAMER, οι οποίες είναι αντίστοιχα περίπου 193 kg CO₂. Οι πρόσθετες αυτές εκπομπές αντισταθμίζουν το περιβαλλοντικό όφελος της ανακύκλωσης των ελαστικών μέσω της χρήσης του τρίμματος ελαστικού, οι οποίες είναι ίσες περίπου με 54 kg CO₂. Δεδομένου ότι οι εκπομπές από την παραγωγή της συμβατικής ασφάλτου στο Σενάριο 1 είναι ίσες με 3,270 kg CO₂ έναντι της χρήσης τροποποιημένης ασφάλτου με τρίμμα ελαστικού στο Σενάριο 2, που είναι ίσες με 4,060 kg CO₂, υπολογίζεται ότι περίπου 527 kg CO₂ πρέπει να εξοικονομηθούν από τα στάδια ενεργειακών καταναλώσεων και μεταφοράς των πρώτων υλών και 263 kg CO₂ από τη διαδικασία παραγωγής της ασφάλτου στο μίγμα, κατά το Σενάριο 2 έτσι ώστε να επιτυγχάνονται περιβαλλοντικά οφέλη κατά την αποκλειστική χρήση τρίμματος ελαστικού στο ασφαλτομίγμα. Μείωση των εκπομπών κατά τα στάδια μεταφοράς των πρώτων υλών θα μπορούσε να επιτευχθεί στην περίπτωση όπου το χημικό πρόσθετο μεταφερόταν από κοντινή απόσταση και η παραγωγή της πούδρας ελαστικών και της ασφάλτου γινόταν στον χώρο παραγωγής του ασφαλτομίγματος.

Ωστόσο, η ταυτόχρονη χρήση τρίμματος ελαστικού και RAP δείχνει να έχει περιβαλλοντικά οφέλη γιατί μεγάλο μέρος ασβεστολιθικών αδρανών αντικαθίσταται από RAP, το οποίο έχει αποφευχθείς εκπομπές λόγω της μη εναπόθεσης των αδρανών στους ΧΥΤΑ και της αποφυγή των αντίστοιχων εξορυκτικών δραστηριοτήτων του λατομείου.

Εν κατακλείδι, η αποκλειστική χρήση τρίμματος ελαστικού (Σενάριο 2) θα μπορούσε να είναι περιβαλλοντικά βιώσιμη στην περίπτωση όπου καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον, λόγω χάρη βιοντίζελ, αντικαταστήσουν το ντίζελ και το θερμό έλαιο κατά την παραγωγική διαδικασία της τροποποιημένης ασφάλτου και του ασφαλτομίγματος. Επίσης, κρίνεται σημαντικό να αναφερθεί ότι στο ηλεκτρικό μείγμα της Ελλάδας το οποίο και έχει ληφθεί υπόψιν στη συγκεκριμένη περίπτωση, βάσει των στοιχείων της ΔΑΠΕΕΠ για το 2020³, την μεγαλύτερη συμμετοχή έχουν τα ορυκτά καύσιμα με ποσοστό περίπου 62% επί του συνόλου, ενώ οι ΑΠΕ έχουν συμμετοχή περίπου 38%. Συγκεκριμένα, το καύσιμο με το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής φέρει το φυσικό αέριο 41% επί του συνολικού μίγματος, το οποίο έχει σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα (201.6 tn CO₂/GWh ή 1,775 tn CO₂/ tn καυσίμου). Δεδομένου αυτού, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά την παραγωγή της τροποποιημένης ασφάλτου επιβαρύνει περιβαλλοντικά την περίπτωση χρήσης τρίμματος ελαστικού, το οποίο και θα μπορούσε να αποφευχθεί στην περίπτωση χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας αποκλειστικά από ΑΠΕ. Στην περίπτωση αυτή, η ταυτόχρονη χρήση τρίμματος ελαστικού και RAP θα επιφέρει μεγαλύτερη εξοικονόμηση αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με την περίπτωση χρήσης συμβατικής ασφάλτου.

³ <https://www.dapeep.gr/viosimi-anaptixi/energeiako-meigma/>

7. Βιβλιογραφία

- [1] Jensen AA, Elkington J, Christiansen K, Hoffmann L, Møller BT, Schmidt A, et al. Life Cycle Assessment (LCA) - A guide to approaches, experiences and information sources 1997.
- [2] SETAC. Guidelines for Life-Cycle Impact Assessment: " Code of Practice " 1993.
- [3] ISO (International Organization for Standardization. Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework (ISO 14040:2006). Environ Manag Syst Requir 2004;44.
- [4] Curran MA. Life Cycle Assessment: A review of the methodology and its application to sustainability. Curr Opin Chem Eng 2013;2:273–7. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2013.02.002>.
- [5] UDO DE HAES HA (Hrsg. . Towards a methodology for Life Cycle Impact Assessment. Brussels : SETAC-Europe. Brussels: Brussels : SETAC-Europe; 1996.
- [6] Tam WYV, Le KN, Tran CNN, Wang JY. A review on contemporary computational programs for Building's life-cycle energy consumption and greenhouse-gas emissions assessment: An empirical study in Australia. J Clean Prod 2018;172:4220–30. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.130>.
- [7] Herrmann IT, Moltesen A. Does it matter which Life Cycle Assessment (LCA) tool you choose? - A comparative assessment of SimaPro and GaBi. J Clean Prod 2015;86:163–9. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.004>.
- [8] Frischknecht R, Rebitzer G. The ecoinvent database system: A comprehensive web-based LCA database. J Clean Prod 2005;13:1337–43. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.05.002>.
- [9] Goyer S, Dauvergne M, Wendling L, Gaudefroy V, Ropert C, Envi CR, et al. Environmental data of cold mix using emulsified bitumen for a better selection of road materials. ISAP, Fr 2012:1–12.

[10] Properties P. STABILOIL | ADDITIVE FOR SPECIAL BITUMINOUS EMULSIONS
n.d.:5–6.

[11] Properties P. Iteracid id 10 | n.d.:0–1.

{Bibliography