

**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-01656

Π 3.2 Έκθεση αποτελεσμάτων από αναλύσεις ιδιοτήτων τροποποιημένης ασφάλτου και τροποποιημένου ασφαλτομίγματος

Υπεύθυνος Δράσης:



**ΑΣΦΑΛΤΕΡ ΑΕ**

Πρωτεσιλάου 116, 131 26 Ίλιον

Τηλ: 2102691077

Fax: 2102633710

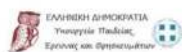
ΑΘΗΝΑ ΜΑΙΟΣ 2020



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Ταμείο  
Περιφερειακής Ανάπτυξης



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ  
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΠΑ & ΤΕ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΑΝΕΚ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Υπουργείο Παιδείας  
Εθνικες και θρησκευτικές



ΓΓΕΤ  
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ  
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΠΑνεΚ 2014-2020  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



ΕΣΠΑ  
2014-2020  
ανάπτυξη • εργασία • αλληλεγγύη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

## Πίνακας Περιεχομένων

1.	Εισαγωγή.....	3
1.1.	Σκοπός παραδοτέου.....	3
2.	Τροποποιημένη ασφαλτος (υγρή μέθοδος) .....	3
3.	Τροποποιημένο ασφαλτόμιγμα (ξηρή μέθοδος).....	4
4.	Τροποποιημένο ασφαλτόμιγμα (υγρή μέθοδος).....	10

## 1. Εισαγωγή

### 1.1. Σκοπός παραδοτέου

Στόχος του Παραδοτέου 3.2 «Έκθεση αποτελεσμάτων από αναλύσεις ιδιοτήτων τροποποιημένης ασφάλτου και τροποποιημένου ασφαλτομίγματος» είναι η παράθεση των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στα δοκίμια από τροποποιημένη ασφαλτο και τροποποιημένο ασφαλτόμιγμα, τα οποία παρασκευάστηκαν κατά την Δράση 3.2.

Το παρόν αποτελεί μια πρώτη μερική έκδοση του συγκεκριμένου παραδοτέου, καθώς η Δράση 3,2 αναμένεται να ολοκληρωθεί τον μήνα 27 υλοποίησης του έργου λόγω καθυστερήσεων.

## 2. Τροποποιημένη ασφαλτος (υγρή μέθοδος)

Οι εργαστηριακές αναλύσεις της τροποποιημένης ασφάλτου πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια της Bitulab ΕΠΕ στα Γιαννιτσά.

Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις σε δοκίμια τροποποιημένης ασφάλτου με περιεκτικότητα σε τρίμμα ελαστικού 5%, 10%, 15% και 20%.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

*Πίνακας 1: Αποτελέσματα δοκιμών στην τροποποιημένη ασφαλτο*

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Ποσοστό τρίμματος ελαστικού			
		5%	10%	15%	20%
Διεισδυτικότητα 25°C	0,1 mm	19	22	25	29
Κλάση		2	2	3	3

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Ποσοστό τρίμματος ελαστικού			
		5%	10%	15%	20%
Σημείο μάλθωσης	°C	69,2	69,4	69,6	74,0
Κλάση		5	5	5	4
Αντίσταση σε σκλήρυνση-Μεταβολή μάζας	%	-0,16	-0,12	-0,06	-0,30
Κλάση		2	2	2	2
Παραμένουσα διεισδυτικότητα	%	80,7	80,3	106,7	82,8
Κλάση		7	7	7	7
Αύξηση σημείου μάλθωσης	°C	3,2	1,2	2,0	1,8
Κλάση		2	2	2	2
Ελαστική επαναφορά 25°C	°C	40	58	71	75
Κλάση		-	5	3	3
Σημείο ανάφλεξης	°C	336	316	312	312
Κλάση		2	2	2	2
Σταθερότητα αποθήκευσης-διαφορά σημείου μάλθωσης	°C	1,7	3,4	9,2	8,8
Κλάση		2	2	-	-
Ελαστική επαναφορά 25°C μετά από αντίσταση σε σκλήρυνση	%	36	51	70	62
Κλάση		-	4	2	3
Σημείο καύσης	°C	348	328	324	324
Δυναμικό ιξώδες (60°C – 40000 mmHg)	Paxs	2024.0	1787.2	1600.0	5200.0
Ολκιμότητα (25°C – 5cm/min)	cm	25,8	30	33,5	33,5

### 3. Τροποποιημένο ασφαλτόμιγμα (ξηρή μέθοδος)

Οι εργαστηριακές αναλύσεις του τροποποιημένου ασφαλτομίγματος πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια της ΑΛΦΑΤΕΣΤ στην Παιανία.

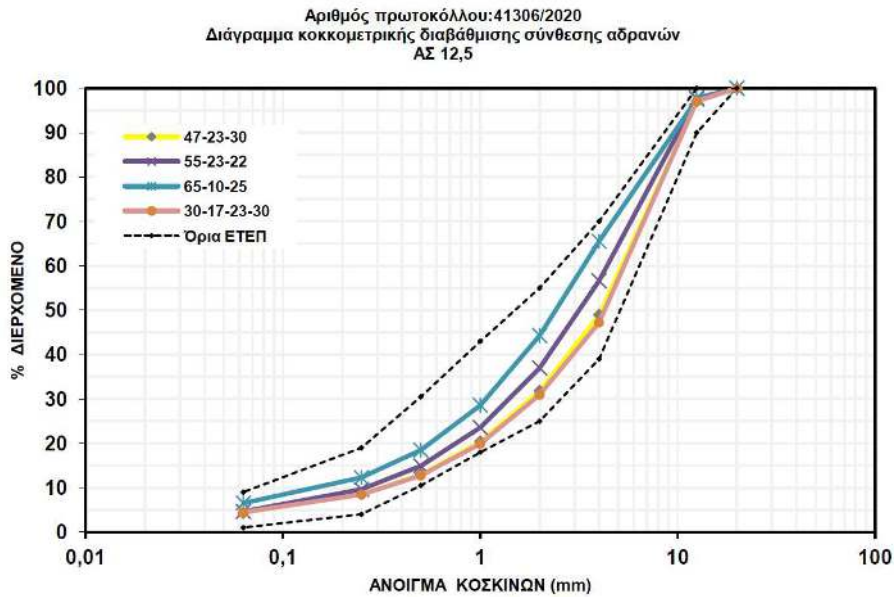
Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις σε δοκίμια τροποποιημένου ασφαλτομίγματος με την ξηρή μέθοδο με περιεκτικότητα σε τρίμμα ελαστικού 1% και 2%.

Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές στα παρακάτω αναμίγματα:

	Αδρανή	Τρίμμα ελαστικού	Άσφαλτος
#1	Άμμος 47% - Ρυζάκι 23% - Γαρμπίλι 30%	2%	4,2 κ.β. αδρανών, 4,5 κ.β. αδρανών, 4,8% κ.β. αδρανών
#2	Άμμος 55% - Ρυζάκι 23% - Γαρμπίλι 22%	2%	4,8 κ.β. αδρανών, 5,2% κ.β. αδρανών
#3	Άμμος 65% - Ρυζάκι 10% - Γαρμπίλι 25%	2%	4,8 κ.β. αδρανών, 5,2% κ.β. αδρανών
#4	Άμμος 47% - Ρυζάκι 23% - Γαρμπίλι 30%	1%	4,8% κ.β. αδρανών
#5	Άμμος 30% - RAP 17% - Ρυζάκι 23% - Γαρμπίλι 30%	2%	4,2 κ.β. αδρανών, 4,5 κ.β. αδρανών, 4,8% κ.β. αδρανών

Αναμένεται επίσης η παρασκευή και ανάλυση δοκιμών τροποποιημένου ασφαλτομίγματος με την ξηρή μέθοδο με μεγαλύτερες περιεκτικότητες σε RAP.

Τα δοκίμια Marshall που παρασκευάστηκαν ελέγχθηκαν σε ευστάθεια και παραμόρφωση, ενώ προσδιορίστηκε η πυκνότητα και το ποσοστό των κενών στο ασφαλτόμιγμα.



Εικόνα 1: Κοκκομετρικές καμπύλες μιγμάτων αδρανών που χρησιμοποιήθηκαν

Τα αποτελέσματα των δοκιμών για κάθε ανάμιγμα παρουσιάζονται στους παρακάτω Πίνακες.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα δοκιμών για το ανάμιγμα #1

Χαρακτηριστικά	Ανάμιγμα #1		
Άσφαλτος κ.β. ασφαλτομίγματος (%)	4,0	4,3	4,6
Άσφαλτος κ.β. αδρανών (%)	4,2	4,5	4,8
Φαινόμενη πυκνότητα συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος (kg/m <sup>3</sup> )	2204	2213	2224
Μέγιστη θεωρητική πυκνότητα ασφαλτομίγματος (kg/m <sup>3</sup> )	2421	2417	2398
Κενά αέρα (%)	9,0	8,4	7,3
Κενά αδρανών (%)	17,6	17,7	17,2
Κενά που πληρώθηκαν με άσφαλο (%)	49,2	52,4	57,8
Ευστάθεια (kN)	8,4	9,0	8,9

Χαρακτηριστικά	Ανάμιγμα #1		
	Παραμόρφωση (mm)	5,3	6,8
Λόγος αντοχών υδρεμποτισθέντων προς μη υδρεμποτισθέντων δοκιμίων		0,76	

Πίνακας 3: Αποτελέσματα δοκιμών για το ανάμιγμα #2

Χαρακτηριστικά	Ανάμιγμα #2	
	Άσφαλτος κ.β. ασφαλτομίγματος (%)	4,6
Άσφαλτος κ.β. αδρανών (%)	4,8	5,2
Φαινόμενη πυκνότητα συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος (kg/m <sup>3</sup> )	2211	2226
Μέγιστη θεωρητική πυκνότητα ασφαλτομίγματος (kg/m <sup>3</sup> )	2408	2406
Κενά αέρα (%)	8,2	7,5
Κενά αδρανών (%)	18,1	18,2
Κενά που πληρώθηκαν με άσφαλτο (%)	54,7	58,9
Ευστάθεια (kN)	6,1	7,3
Παραμόρφωση (mm)	5,4	5,3

Πίνακας 4: Αποτελέσματα δοκιμών για το ανάμιγμα #3

Χαρακτηριστικά	Ανάμιγμα #3	
	Άσφαλτος κ.β. ασφαλτομίγματος (%)	4,6
Άσφαλτος κ.β. αδρανών (%)	4,8	5,2
Φαινόμενη πυκνότητα συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος (kg/m <sup>3</sup> )	2212	2210
Μέγιστη θεωρητική πυκνότητα ασφαλτομίγματος (kg/m <sup>3</sup> )	2388	2385
Κενά αέρα (%)	7,4	7,3

Χαρακτηριστικά	Ανάμιγμα #3	
Κενά αδρανών (%)	17,3	18,0
Κενά που πληρώθηκαν με άσφαλτο (%)	57,3	59,2
Ευστάθεια (kN)	8,0	8,0
Παραμόρφωση (mm)	4,8	5,5

Πίνακας 5: Αποτελέσματα δοκιμών για το ανάμιγμα #4

Χαρακτηριστικά	Ανάμιγμα #4
Άσφαλτος κ.β. ασφαλτομίγματος (%)	4,6
Άσφαλτος κ.β. αδρανών (%)	4,8
Φαινόμενη πυκνότητα συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος (kg/m <sup>3</sup> )	2245
Μέγιστη θεωρητική πυκνότητα ασφαλτομίγματος (kg/m <sup>3</sup> )	2414
Κενά αέρα (%)	7,0
Κενά αδρανών (%)	17,0
Κενά που πληρώθηκαν με άσφαλτο (%)	58,9
Ευστάθεια (kN)	8,1
Παραμόρφωση (mm)	5,5

Πίνακας 6: Αποτελέσματα δοκιμών για το ανάμιγμα #5

Χαρακτηριστικά	Ανάμιγμα #5		
Άσφαλτος κ.β. ασφαλτομίγματος (%)	4,0	4,3	4,6
Άσφαλτος κ.β. αδρανών (%)	4,2	4,5	4,8
Φαινόμενη πυκνότητα συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος (kg/m <sup>3</sup> )	2164	2212	2225
Μέγιστη θεωρητική πυκνότητα ασφαλτομίγματος (kg/m <sup>3</sup> )	2418	2406	2395



Χαρακτηριστικά	Ανάμιγμα #5		
Κενά αέρα (%)	10,5	8,1	7,1
Κενά αδρανών (%)	19,0	17,4	17,0
Κενά που πληρώθηκαν με άσφαλτο (%)	44,8	53,5	58,3
Ευστάθεια (kN)	7,7	8,8	8,2
Παραμόρφωση (mm)	6,3	6,5	6,7
Λόγος αντοχών υδρεμποτισθέντων προς μη υδρεμποτισθέντων δοκιμίων		0,80	

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προέκυψε ότι για κανένα ανάμιγμα δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των σχετικών προδιαγραφών ως προς το ποσοστό κενών και ως προς την παραμόρφωση, ενώ η ευστάθεια βρέθηκε ίση ή λίγο μεγαλύτερη από 8 kN στα αναμίγματα 1, 3, 4 και 5.



Εικόνα 2: Από αριστερά προς τα δεξιά: δοκιμή θλίψης, υδρεμποτισμός, κατεστραμένο δοκίμιο μετά από δοκιμή θλίψης

#### 4. Τροποποιημένο ασφαλτόμιγμα (υγρή μέθοδος)

Στο επόμενο διάστημα θα προκριθεί το βέλτιστο ποσοστό τρίμματος ελαστικού για την τροποποίηση της ασφάλτου. Για το ποσοστό αυτό, θα παρασκευαστούν 2 kg τροποποιημένης ασφάλτου από την Bitulab και θα αποσταλούν στην ΑΛΦΑΤΕΣΤ, η οποία θα προχωρήσει στην παρασκευή και ανάλυση των δοκιμίων τροποποιημένου ασφαλτομίγματος με την υγρή μέθοδο. Από προκαταρκτικά αποτελέσματα που είναι αυτή τη στιγμή διαθέσιμα, φαίνεται πως το βέλτιστο ποσοστό προσθήκης τρίμματος ελαστικών είναι 15%, λόγω του χαμηλότερου ιξώδους του συγκεκριμένου δοκιμίου.