

**Σκυρόδεμα με ανακυκλωμένο ελαστικό για δάπεδα  
αθλοπαιδιών**  
Concrete modified with recycled rubber for use in school-  
yard surfaces

Αλέξανδρος ΜΠΑΤΣΙΟΣ<sup>1</sup>, Ιωάννα ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗ<sup>2</sup>, Θεοφάνης  
ΔΗΜΗΤΡΟΓΙΑΝΝΗΣ<sup>3</sup>, Γεώργιος ΦΡΑΓΚΟΥΛΗΣ<sup>4</sup>, Σοφία ΜΑΥΡΙΔΟΥ<sup>5</sup>,  
Βασίλης ΠΑΝΟΥΤΣΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<sup>6</sup>

*Λέξεις κλειδιά: σκυρόδεμα, ανακυκλωμένα ελαστικά αυτοκινήτων, κατακόρυφες  
αντιδράσεις εδάφους*

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Στόχο της παρούσας εργασίας αποτέλεσε η δυνατότητα χρήσης ανακυκλωμένου ελαστικού υλικού από τα απόβλητα ελαστικών αυτοκινήτου σε μίγματα σκυροδέματος για την κατασκευή δαπέδων αθλοπαιδιών.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα τροποποιημένα με ανακυκλωμένο ελαστικό σκυροδέματα παρουσιάζουν σχευικά μειωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά εν σχέσει με τα αντίστοιχα των συμβαικών μιγμάτων. Παράλληλα, στις μετρήσεις στο δυναμοδάπεδο παρουστάσπεκε μείωση της απόλυτης υμής της κατακόρυφης αντίδρασης του εδάφους με παράλληλη καθυστέρηση στο χρόνο ηκδήλωσης της μέγσττης υμής της.

**ABSTRACT:** The aim of this paper was to examine the possible use of recycled rubber from worn automobile tires in concrete for the production of school yard surfaces. Laboratory results showed a relative loss in mechanical strengths of such mixtures compared to the ones of the conventional ones. Moreover, values of maximum vertical ground reaction forces were found to be smaller compared to the ones of conventional mixtures, while the time to achieve the maximum of vGRF value delays.

---

<sup>1</sup> ΕΕΔΠ Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., email : abatsios@civil.auth.gr

<sup>2</sup> Καθηγήτρια Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., email: papayian@civil.auth.gr

<sup>3</sup> Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ

<sup>4</sup> Προπτυχ. Φοιτητής Πολιτικός Μηχανικός, Α.Π.Θ.

<sup>5</sup> Υποψ. Διδακτ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ, email: smavrido@civil.auth.gr

<sup>6</sup> Υποψ. Διδάκτ. Τ.Ε.Φ.Α.Α Α.Π.Θ, email: panouts01@yahoo.com

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ικανότητα για αποτελεσματική προσγείωση με τα πόδια, είναι βασικής σημασίας για την ασφαλή συμμετοχή των παιδιών σε ποικίλες παιγνιώδεις και αθλητικές δραστηριότητες. Οι ισχυρές δυνάμεις που αναπτύσσονται στις αρθρώσεις κατά την κρούση δημιουργούν προϋποθέσεις για τραυματισμούς. Το μέγεθος των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους σε ενήλικες, καίνεται να αυξάνεται, καθώς η ταχύτητα της κρούσης αυξάνει (McNitt-Gray, 1991). Οι μέγιστες δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους κατά την εκτέλεση μιας απλής προσγείωσης μετά από πτώση από ύψος, αυξάνονται σταδιακά από 3 φορές το σωματικό βάρος (ύψος πτώσης 50 εκ.) μέχρι και 12 φορές το σωματικό βάρος (ύψος πτώσης 2 μ.), (Gross & Nelson, 1987; Hyoku, et al., 1984; Nigg, Denoth, & Neukomm, 1981; Valiant & Cavanagh, 1983). Οι McKay, Tsang, Heinoen, MacKelvie, Sanderson & Khan (2005), εξετάζοντας, με δυναμοδάπεδο ως ανιδράσεις που αναπτύσσονται από το έδαφος κατά την εκτέλεση αλμάτων ύψους 10, 30 και 50 cm, σε μαθητές ηλικίας 8,3 έως 11,7 ετών, βρήκαν ότι αναπτύσσονται κατακόρυφες ανιδράσεις έως και 10 φορές το βάρος του σώματος.

Το πρόβλημα ανιμετωπίζεται σήμερα μόνο μερικώς, με κατάλληλα υποδήματα και με ειδικά συνθετικά δάπεδα με υψηλό όμως κόστος κατασκευής. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η δυνατότητα ανιμετώπισης του προβλήματος με χρήση δαπέδων σκυροδέματος με ανακυκλωμένο ελαστικό ως αδρανές υλικό.

Στην Ελλάδα οι ετήσιες ποσότητες φθαρμένων ελαστικών ανέρχονται σε περισσότερους από 58.500 τόνους. Σύμφωνα με το υπ' αριθμόν 109/75/2004 Προεδρικό Διάταγμα στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, η αρμόδια αρχή ηπιβάλλει μέτρα διοικητικά και νομοθετικά για την ανακύκλωση και αξιοποίηση των ελαστικών αποβλήτων με στόχο την αξιοποίηση τουλάχιστον του 65% και ταυτόχρονη ανακύκλωση του 10% της συνολικής τους ποσότητας από το τέλος του Ιουλίου του 2006 (ΠΔ, 2006). Τα φθαρμένα ελαστικά αυτοκινήτων επεξεργάζονται παρέχοντας τρίμματα διαφόρων κοκκομετρικών διαβαθμίσεων μέσω είτε μηχανικής είτε κρυογενούς κοκκοποίησης (Κανακόπουλος, 2005). Το παραγόμενο προϊόν χρησιμοποιείται ως εναλλακτικό καύσιμο στις τσιμεντοβιομηχανίες και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ έχουν πραγματοποιηθεί και εξακολουθούν να πραγματοποιούνται παγκοσμίως μελέτες σχετικά με την αξιοποίησή τους σε σκυροδέματα καθώς και σε προϊόντα τσιμέντου ειδικών εφαρμογών (Torcu, I.B. 1995, Siddique and Naik, 2004, Oikonomou and Mavridou, 2008).

Η παρούσα εργασία, η οποία αποτελεί συμπλήρωση και επέκταση παλαιότερης εργασίας με αντικείμενο τη μελέτη σκυροδέματος με ανακυκλωμένο ελαστικό για δάπεδα αυλών σχολικών κτιρίων (Μπάτσιος κ.α, 2008) εξετάζει τη δυνατότητα προσθήκης ελαστικών αυτοκινήτου, είτε ως υλικό ανικατάστασης των φυσικών αδρανών του σκυροδέματος είτε ως πρόσθετο αδρανές υλικό για την κατασκευή δαπέδων αθλοπαιδιών με τους παρακάτω στόχους:

1. Να καθορισθεί η πυκνότητα και η κοκκομετρική διαβάθμιση του τεμαχισμένου ελασικού
2. Να καθορισθούν μίγματα σκυροδέματος με συγκεκριμένες ιδιότητες
3. Να αξιολογηθούν οι ιδιότητες του τροποποιημένου με ανακυκλωμένο ελασικό σκυροδέματος κατ'έλος
4. Να καθορισθεί η κατακόρυφη αντίδραση σε διάφορα είδη αλάτων.

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Υλικά, συνθέσεις

Για το σκοπό της εργασίας παρασκευάστηκαν μίγματα σκυροδέματος κατηγορίας C16/20 με χρήση τσιμέντου CEM IV 32.5N και CEM I 42.5, αδρανών υλικών διαφόρων κοκκομετρικών διαβαθμίσεων (άμμος-ρύζι-γαρμπίλι), ανακυκλωμένου ελαστικού, ειδικού πρόσμικτου Glenium 51 της BASF HELLAS S.A και νερού.

Το τσιμέντο αποτέλεσε προσφορά της εταιρείας TITAN A.E.

Η προμήθεια του ανακυκλωμένου ελαστικού έγινε από το εργοστάσιο ΚΑΡΑΜΠΙΑΣ ΑΒΕΕ με έδρα τις Λιβανάτες Λοκρίδος του νομού Φθιώιδας καθώς και από τη μονάδα επεξεργασίας και τεμαχισμού ελαστικών HELESI A.E που εδρεύει στη ΒΙ.ΠΕ Κομοτηνής. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε ανακυκλωμένο ελαστικό 3 κοκκομετρικών διαβαθμίσεων: 0 - 4 mm, 2 - 8 mm και 8 - 16 mm. (Εικ.1). Το ειδικό βάρος του ελαστικού υπολογίστηκε εργαστηριακά ίσο με  $1\text{gr}/\text{cm}^3$  ενώ η υδατοαπορρόφησή του βρέθηκε μηδενική. Το ειδικό βάρος των φυσικών ασβεστολιθικών αδρανών υπολογίστηκε ίσο με  $2.65\text{gr}/\text{cm}^3$ .



Εικόνα 1. Λάστιχο μέγιστου κόκκου 16mm

Συγκεκριμένα το ανακυκλωμένο ελαστικό τοποθετήθηκε στις διάφορες συνθέσεις ως εξής :

**A)** ανικατάσταση της άμμου του συμβαικού αναμίγματος σε ποσοστό 30% κ.ο με ανακυκλωμένο ελαστικό αυτοκινήτων αντίστοιχης κοκκομετρίας

**B)** ανικατάσταση της άμμου και του ρυζιού σε ποσοστό 15% έκαστο κ.ο με ανακυκλωμένο ελαστικό αυτοκινήτων αντίστοιχης κοκκομετρίας

**Γ)** ανικατάσταση της άμμου, του ρυζιού και του γαρμπιλιού σε ποσοστό 15% έκαστο κατ' όγκο με ανακυκλωμένο ελαστικό αυτοκινήτων αντίστοιχης κοκκομετρίας (15%-15%-15%) κατ τέλος

**Δ)** επιπλέον προθήκη 30% κ.ο ανακυκλωμένου ελαστικού αυτοκινήτων, κοκκομετρίας άμμου, στις αρχικές συνθέσεις του μάρτυρα (control).

Για οργανωτικούς λόγους, θεωρούμε με «1» την ομάδα που περιέχει ισιμέντο CEM IV B 32.5 και με «2» την ομάδα που περιέχει ισιμέντο CEM I 42.5, ενώ συμβολίζουμε τις συνθέσεις του μάρτυρα με «C». Οι διάφορες αντικαταστάσεις με ελαστικό έχουν οριστεί παραπάνω με τους συμβολισμούς «A», «B», «Γ» και «Δ». Οι παραγόμενες συνθέσεις παρατίθενται λεπτομερώς στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Συνθέσεις και ποσότητες συστατικών στο 1m<sup>3</sup>

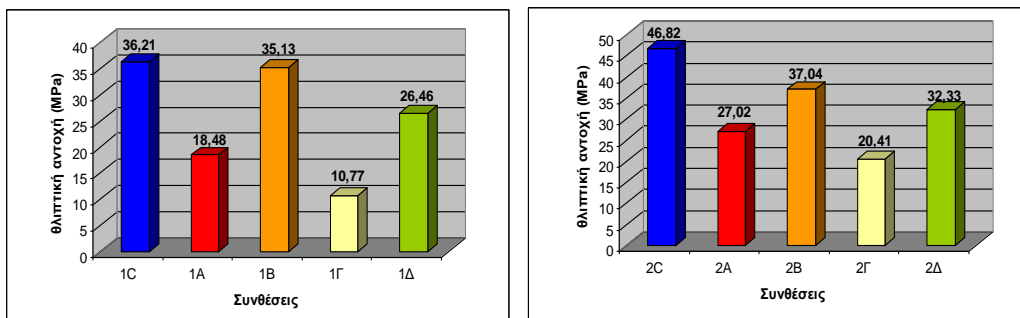
ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΣΥΝΘΕΣΗ										
	1C	1A	1B	1Γ	1Δ	2C	2A	2B	2Γ	2Δ	
Τσιμέντο CEM IV/B 32.5N, (kg)	300	300	300	300	300						
Τσιμέντο CEM I 42.5R (kg)						300	300	300	300	300	
Άμμος (0-4mm), (kg)	657	459	559	559	657	644	450	546	546	644	
Ρύζι (4-8mm), (kg)	538	538	457	457	538	527	527	448	448	527	
Γαρμπίλι(8-16mm), (kg)	797	797	797	677	797	781	781	781	664	781	
Ελαστικό (0-4mm), (kg)		74	37	37	74		73	36	36	73	
Ελαστικό (2-8mm), (kg)			30	30				30	30		
Ελαστικό (8-16mm), (kg)				45					44		
Ρευστοποιητής, (kg)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Νερό, (kg)	150	150	150	150	150	165	165	165	165	165	

Τα δοκίμια που ελέχθησαν ήταν κυβικά, κυλινδρικά, πρισμαικά ενώ για τη μέτρηση των κατακόρυφων αντιδράσεων παρήχθησαν πλάκες διαστάσεων 36x36x5cm. Οι έλεγχοι που διενεργήθηκαν αφορούσαν τα μηχανικά χαρακτηριστικά των μιγμάτων -το δυναμικό και στατικό μέτρο ηλασικότητας, την θλιπτική και καμπική αντοχή καθώς και την αντοχή σε διάρρηξη- καθώς και τις κατακόρυφες αντιδράσεις του εδάφους. Όλοι οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν

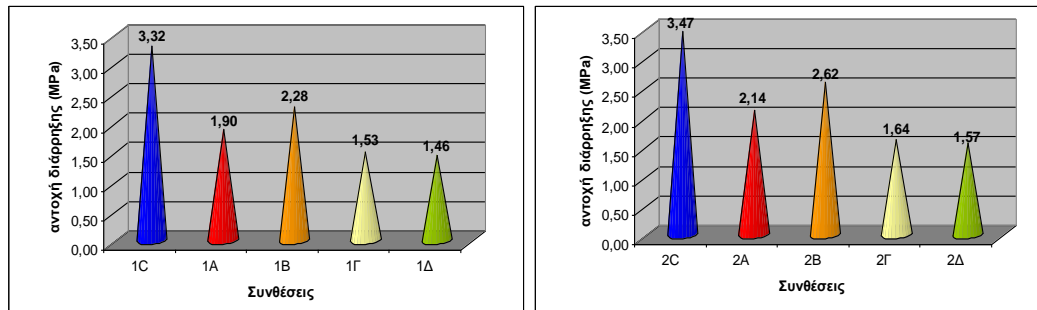
σε δοκίμια 28 ημερών για οποία συντηρήθηκαν σε ειδικό θάλαμο θερμοκρασίας  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  και υγρασία  $>95\%$ .

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

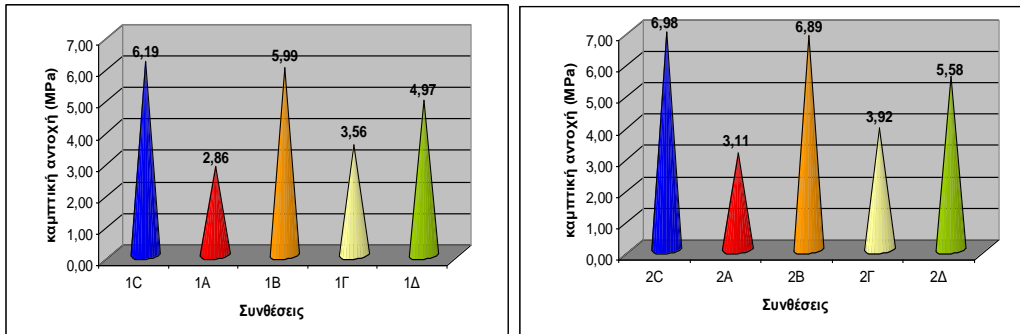
Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων μιγμάτων φαίνονται στα παρακάτω τστογράμματα. Οι ιμές των μεγεθών αποτελούνται από το μέσο όρο ιρών ιμ ών.



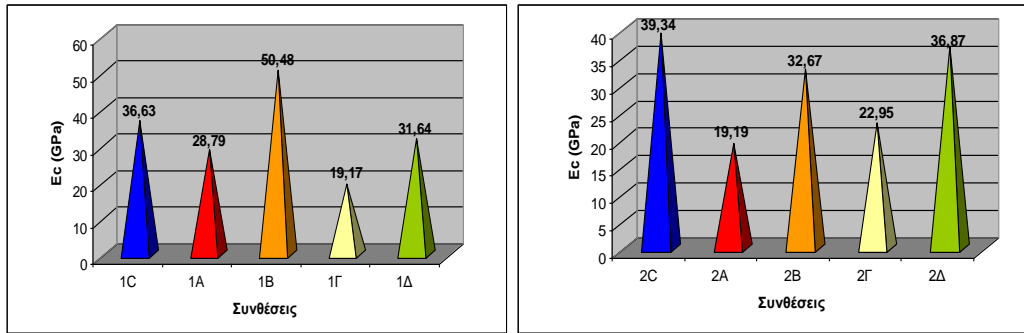
Σχήμα 2. Θλιπτική αντοχή δοκιμών για ις συνθέσεις 1 και 2 αντίστοιχα



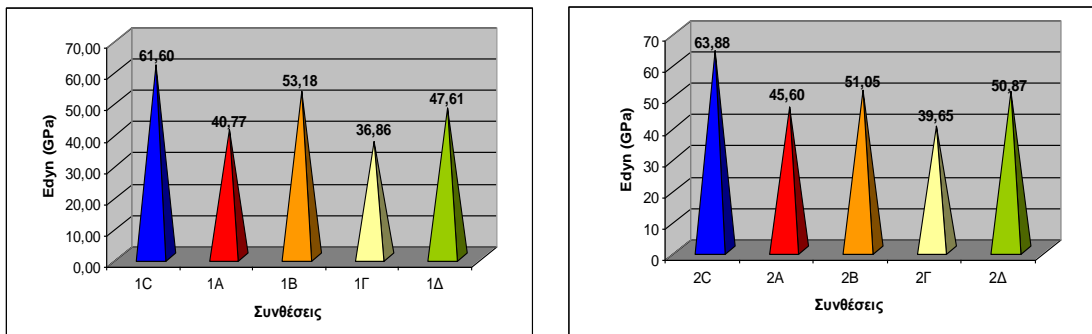
Σχήμα 3. Αντοχή σε διάρρηξη για ις συνθέσεις 1 και 2 αντίστοιχα



Σχήμα 4. Αντοχή σε κάμψη για τις συνθέσεις 1 και 2 αντίστοιχα



Σχήμα 5. Στατικό μέτρο ελαστικότητας για τις συνθέσεις 1 και 2 αντίστοιχα

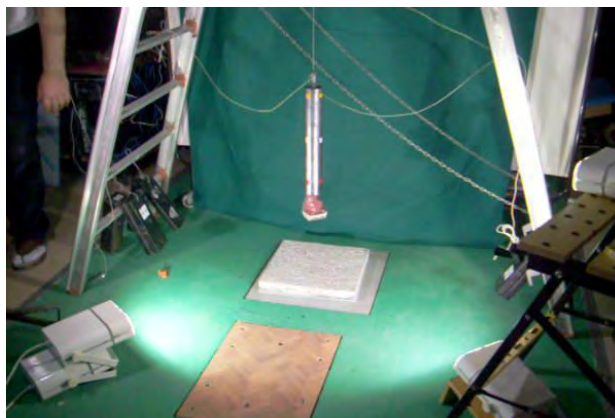


Σχήμα 6. Δυναμικό μέτρο ελαστικότητας για τις συνθέσεις 1 και 2 αντίστοιχα

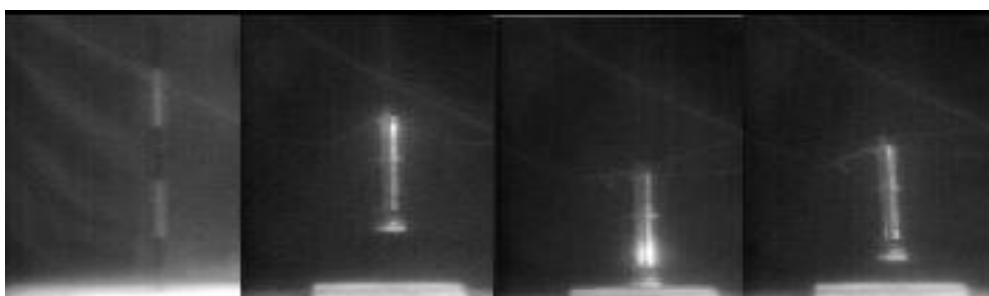
## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΔΥΝΑΜΟΔΑΠΕΔΑ

### Όργανα

Οι βιοκινητικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Βιοκινητικής του Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Α.Π.Θ. Κατασκευάστηκε προσομοιωτής σκέλους και μηχανισμός απελευθέρωσής του από ελεγχόμενο ύψος σε δυναμοδάπεδο AMTI OR6-5-1 (AMTI, Newton, MA). Το δυναμοδάπεδο είναι ένα όργανο μέτρησης της δύναμης, με ορθογώνια επίπεδη επιφάνεια διαστάσεων συνήθως 50X60 cm, που τοποθετείται στο δάπεδο με την επιφάνειά του να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με αυτή του δαπέδου. Λόγω της χρησιμοποίησης τεσσάρων ιριδιάσιων μετατροπέων δύναμης, έναν σε κάθε γωνία, το δυναμοδάπεδο έχει την δυνατότητα της μέτρησης της εφαρμοζόμενης δύναμης στους τρεις καρτεσιανούς άξονες X, Y, Z και την δυνατότητα ορισμού του σημείου όπου εφαρμόζεται η συνισταμένη δύναμη (κέντρο πίεσης). Επίσης καταγράφηκε η κίνηση με κάμερα υψηλής ανάλυσης Redlake Motionscope PCI 1000S (1000 καρέ/sec). (Εικόνα 8).



Εικόνα 7. Δτάταξη μέτρησης



Εικόνα 8: Σιγμότοπα από κάμερα υψηλής ανάλυσης Redlake Motionscope PCI 1000S (1000 καρέ/sec).

Για τις βιοκινητικές μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν οι τυποποιημένες πλάκες σκυροδέματος διαστάσεων 36cm x 36cm x 5cm. Για την ομοιόμορφη έδραση των τάσεων επάνω στο δυναμοδάπεδο, επικολλήθηκε στην μία πλευρά των πλακών συνθετικό κομμάτι plexiglass με τη χρήση ειδικής κόλλας πολυουρεθάνης (Εικ. 9).



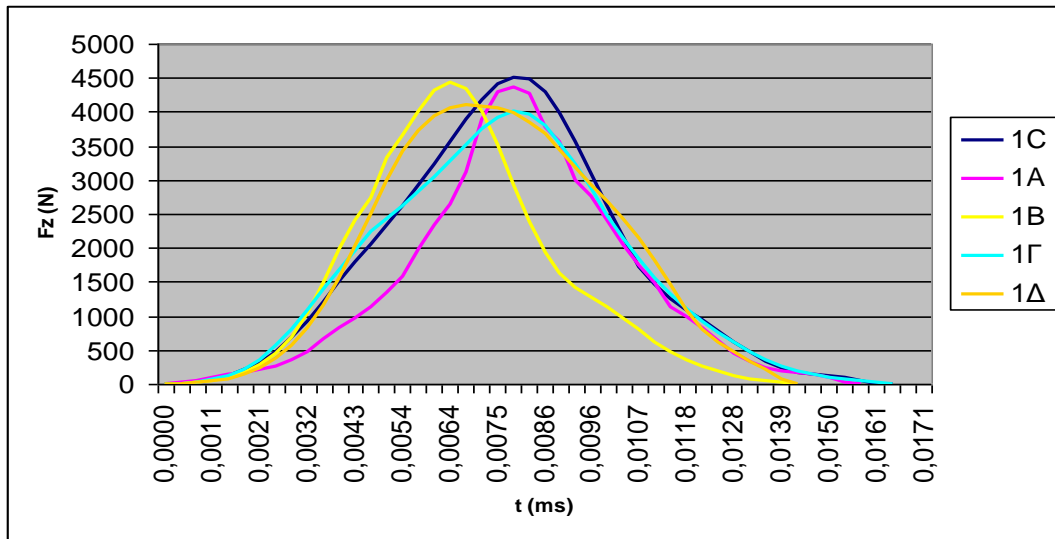
Εικόνα 9 . Προετοιμασία τυποποιημένων πλακών

### **Μεθοδολογία**

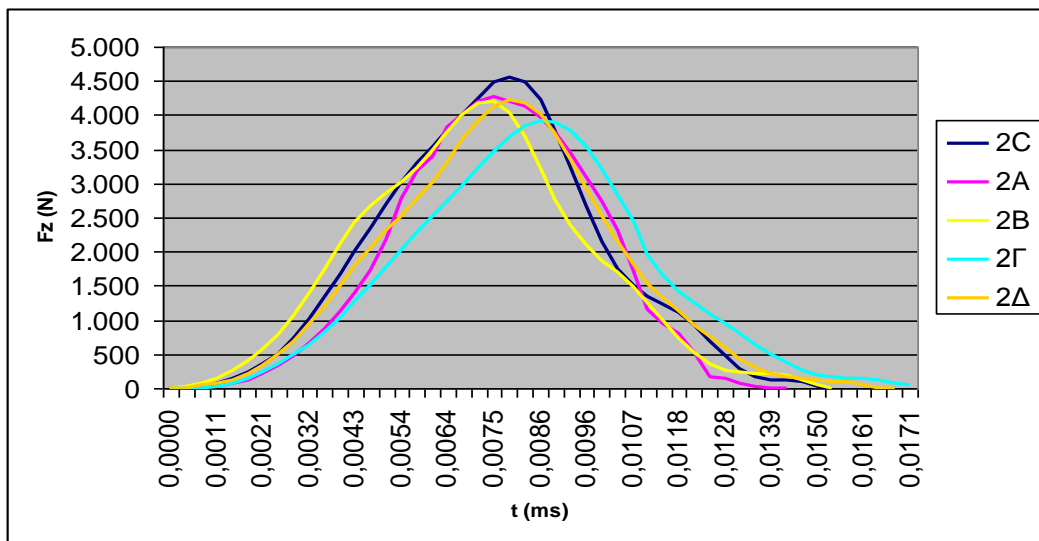
Υπολογίστηκε η κινητική ενέργεια που παράγεται σε άλμα ύψους 30 εκατοστών για μέσο όρο βάρους 76,5kg που ανταποκρίνεται για μαθητές λυκείου (Κόλλιας, 1997). Κατά την προσομοίωση, σκέλος βάρους 11,2kg απελευθερώθηκε από ύψος 8.5cm, ώστε να αναπαράγονται δυνάμεις αντίδρασης σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (McKay, 2005; Kollias, 2004). Κάθε δοκίμιο τοποθετήθηκε με τυχαία σειρά στο δυναμοδάπεδο συνδεδεμένο με Η/Υ (2kHz) μέσω A/D κάρτας (PCL-812PG, Advantech Co, Taiwan). Πραγματοποιήθηκαν 12 ρίψεις για κάθε δοκίμιο.

Με βάση τις απαιτήσεις και τους στόχους της παρούσας εργασίας, τα μεγέθη που μετρήθηκαν για κάθε πλάκα των συνδέσεων ήταν η κατακόρυφη αντίδραση εδάφους (Fz), ο χρόνος επαφής (contact) και ο χρόνος εκδήλωσης της μέγιστης κατακόρυφης αντίδρασης (tFz).





Σχήμα 10. Κατακόρυφες ανιδράσεις εδάφους συναρτήσει του χρόνου για τις συνθέσεις 1



Σχήμα 11 . Κατακόρυφες ανιδράσεις εδάφους συναρτήσει του χρόνου για τις συνθέσεις 2

Παρατηρήθηκε μείωση της απόλυτης τιμής της κατακόρυφης αντίδρασης του εδάφους ( $F_z$ ) για τις συνθέσεις με το ελαστικό σε σύγκριση με τον μάρτυρα με παράλληλη καθυστέρηση στο χρόνο ηκδήλωσης της μέγιστης τιμής ( $t_{Fz}$ ), που είναι σημαντική στην προετοιμασία του μυοτενόντιου συστήματος του ατόμου ώστε να δεχθεί την αντίδραση. Τέλος η κλίση της καμπύλης της αντίδρασης

δηλώνει καθυστέρηση στο ρυθμό εμφάνισης της κατακόρυφης αντίδρασης στα δοκίμια με το ελασικό. Οι τιμές αυτές φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2. Βιοκινητικές μετρήσεις

Σύνθεση	Contact (msec)	Fz (N)	Μείωση Fz (Kg)	tFz (msec)
1C	16,4	4505	-	7,9
1A	15,7	4362	14,3	7,9
1B	14,3	4431	7,4	6,4
1Γ	16,4	3998	50,7	7,9
1Δ	14,3	4098	40,7	6,8
2C	15,3	4559	-	7,9
2A	14,3	4279	28,0	7,5
2B	15,3	4200	35,9	7,5
2Γ	17,5	3916	64,3	8,6
2Δ	16,8	4218	34,1	7,9

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Σύμφωνα με τα πειραματικά αποτελέσματα, η αντικατάσταση με ελασικό και των ιριών κλασμάτων αδρανών υλικών του σκυροδέματος (άμμος, ρύζι, γαρμπίλι) σε ποσοστό 15% κατ' όγκο έδωσε πολύ μειωμένες μηχανικές αντοχές σε σχέση με το μάρτυρα, αλλά ικανοποιητικές για δάπεδα αθλοπαιδιών (κατηγορία C12/16) όπως είναι οι αυλές σχολείων. Παράλληλα, οι βιοκινητικές μετρήσεις των συγκεκριμένων συνθέσεων έδειξαν μείωση όχι μόνο της απόλυτης τιμής της κατακόρυφης αντίδρασης του εδάφους, αλλά ταυτόχρονα ομαλοποίηση του ρυθμού εκδήλωσης της αντίδρασης και καθυστέρηση του χρόνου εκδήλωσης της μέγιστης τιμής της. Οι τιμές αυτές είναι πολύ σημαντικές καθώς τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν κασιστούν τα δάπεδα σκυροδέματος με ελασικό κατάλληλα για αυτή τη χρήση.

Από τις υπόλοιπες συνθέσεις ξεχωρίζουν αυτές με την επιπλέον προθήκη (ελασικού) 30% κατ' όγκο της άμμου στις αρχικές συνθέσεις του μάρτυρα. Οι συνθέσεις αυτές, παρόλο που δεν εμφάνισαν μεταβολές στο χρόνο επαφής και στο χρόνο εκδήλωσης της μέγιστης αντίδρασης στις βιοκινητικές μετρήσεις, παρουσίασαν σημαντική μείωση της κατακόρυφης αντίδρασης του εδάφους σε συνδυασμό με πολύ καλές μηχανικές αντοχές (κατηγορία C16/20).

Οι υπόλοιπες συνσέσεις, από πλευράς βιοκινητικών χαρακτηριστικών, εκτός από μια μεσαίου μεγέθους μείωση της κατακόρυφης αντίδρασης, δεν παρουσίασαν κάποιες αξιόλογες μεταβολές. Αξίζει όμως να αναφέρουμε ότι ο συνδυασμός δύο κοκκομεριών ελαστικού με μέγιστο ποσοστό αντικατάστασης 30% (15% άμμου – 15% ρυζιού) έδωσε τις καλύτερες μηχανικές αντοχές σκυροδέματος με ελαστικό (συνσέσεις 1B – 2B), γεγονός που επιβεβαιώνει τις προηγούμενες μελέτες.

Τέλος, παρατηρήθηκε ότι η χρήση ισιμένου υψηλής αντοχής παρουσίασε σχεδόν τα ίδια ποσοστά μείωσης των μηχανικών αντοχών, χωρίς να αποφέρει θεαμαικά αποτελέσματα σε κάποια συγκεκριμένα ιδιότητα. Αυτό, σε συνδυασμό με οικονομικούς λόγους (υψηλότερο κόστος παραγωγής), το κασισταά άνωφελo για τη χρήση του στις συγκεκριμένες εφαρμογές.

Εν κατακλείδι, η προσθήκη ελαστικού σε μίγματα σκυροδέματος δαπέδων αθλοπαιδιών φαίνεται να λειτουργεί τεκνοποτηκά για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Η βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών του σκυροδέματος με ανακυκλωμένο ελαστικό, καθώς επίσης και η διερεύνηση των ιδιοτήτων που αφορούν την αντοχή σε πυρκαγιά, την αντοχή σε κύκλο ψύξης-απόψυξης, την θερμομόνωση και την ηχομόνωση, αποτελούν θέματα περαττέρω έρευνας. Το μόνο σίγουρο είναι ότι υπάρχουν πολλά πεδία εφαρμογής για το ανακυκλωμένο ελαστικό, που θα δώσουν όχι μόνο μια οικολογική άνασα αλλά και νέες τεχνολογίες.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Κανακόπουλος, Δ., “Ολοκληρωμένες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης ελαστικών”, Πρακτικά 5ης Διεθνούς Εκθέσεως και Συνεδρίου για την Τεχνολογία Περιβάλλοντος, Heleco (2005), Αθήνα

Καταρτζή Ε., Γκαντήραγα Ε., Αραμπατζή Φ., & Παπαδόπουλος Χρ. “Έλεγχος των Βιομηχανικών Χαρακτηριστικών της Δεξιότητας Προσγείωσης σε Παιδιά με Διαφορετικό Επίπεδο Κινητικής Συναρμογής”, ΤΕΦΑΑ Σερρών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Μπάτσος Α., Παπαγιάννη Ι., Μαυρίδου Σ., Η. Κόλλιας, “Σκυρόδεμα με προσθήκη ανακυκλωμένου ελαστικού αυτοκινήτων για χρήση σε δάπεδα αθλοπαιδιών”, Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Συνεδρίου Δομικών Υλικών και Στοιχείων, Αθήνα, 21-23 Μαΐου (2008)799-810.

Προεδρικό Διάταγμα ΥΠ’ ΑΡΙΘΜ.109 2004. Μέτρα και όροι για την εναλλακτική διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών των οχημάτων. Πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείρισή τους, 5 Μαρτίου 2004, Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Πρώτο

BME315 Biomechanics Experiment 2. Fall 2006, Use of force platform to analyze dynamic force and moment .

Gross T.S., & Nelson R.C., “The shock attenuation role of the ankle during landing from a vertical jump”, North Reading, MA: Converse, 1987.

Hyoku, C., Shibukawa, K., Ae, M., Hashihara, Y., Yokoi, T., & Kawabata, A., “Effect of dropping height on a buffer action in landing”, Proceedings for Japanese Society of Biomechanics, (1984) 203-207.

Κόλλιας Η. Α, (1997), «Βιοκινητική της Αθλητικής Κίνησης», Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ελίμια

Kollias I., Panoutsakopoulos V., & Papaiakovou G., “Comparing jumping ability among athletes of various sports: vertical drop jumping from 60 cm”, Journal of Strength and Conditioning Research,18(3), 2004, 546-550

McKay H., Tsang G., Heinonen A., MacKelvie K., Sanderson D., Khan K., “Ground reaction forces associated with an effective elementary school based jumping intervention”, 2005

McNitt-Gray, J.L. (1991), “Kinematics and impulse characteristics of drop landings from three heights”, International Journal of Sport Biomechanics, 7, (1991) 201-224.

Nigg, B.M., Denoth, J., & Neukomm, P.A., “Quantifying the load on the human body: Problems and some possible solutions”, In A. Morecki, K. Fidelus, K. Kedzior, & S. Wit (Eds.), Biomechanics VII-B, (1981) 1041-1052, Baltimore: University Park Press.

Oikonomou N., Mavridou S., “Use of bitumen emulsion and worn mobile tires in the production of concrete paving blocks”, International Journal of Pavement, Engineering and Asphalt Technology, Volume 9, Issue 2, (2008) 49-59.

Siddique Rafat, Naik R T. 2004. Properties of concrete containing scrap-tire rubber-an overview, Waste Management 24, (2004) 563-569

Topçu, I.B. 1995. The properties of rubberized concrete, Cement and Concrete Research 25 (2), (1995) 304–310

Turatsinze A. Bonnet S., Granju J.-L., “Mechanical characterization of cement-based mortar incorporating rubber aggregates from recycled worn tyres”, Building and Environment, Vol.40, (2005) 221-226

Valliant G A & Cavanagh P. R. A Study of Landing from a Jump: Implications for the Design of a Basketball Shoe, 1983 117-122, Biomechanics IX ed.