

# Η Συμβολή της Διογκωμένης Πολυστερίνης στην Εξοικονόμηση Ενέργειας

Παντελής Πατενιώτης

Γενικός Διευθυντής Πανελληνίου Συνδέσμου Παραγωγών Διογκωμένης Πολυστερίνης

Λέξεις κλειδιά: EPS, διογκωμένη πολυστερίνη, γεωαφρός

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διογκωμένη πολυστερίνη ή εν συντομία EPS (Expanded Polystyrene), και ο γεωαφρός είναι από τα πλέον γνωστά διεθνώς δομικά υλικά τα τελευταία σαράντα χρόνια. Στη χώρα μας το EPS είναι γνωστό κυρίως για τις μονωτικές του ιδιότητες και για τα πλεονεκτήματα που έχει σαν υλικό συσκευασίας. Σύμφωνα με την πρόσφατη διεθνή εμπειρία, ειδικά στον γεωαφρό, με εμπειριστατωμένες μελέτες και με ερευνητικά προγράμματα, τα οποία τεκμηριώνουν πλήρως τις ιδιότητες του υλικού, καλείται σήμερα να παίζει κυρίαρχο ρόλο σε έργα Πολιτικού & Αρχιτέκτονα Μηχανικού κατά κύριο λόγο, αλλά και σε έργα Μηχανολόγου Μηχανικού. Τα προϊόντα EPS παράγονται στην Ελλάδα από Ελληνικές βιομηχανίες.

## 1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ (EPS) – ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΧΡΟΝΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η διογκωμένη πολυστερίνη ή εν συντομία EPS (Expanded Polystyrene), είναι ένα ελαφρύ, άκαμπτο, πλαστικό και αφρώδες, υλικό που παράγεται από συμπαγείς σταγόνες πολυστυρολίου και αποτελείται κατά 98% από αέρα. Η μέση θερμική αγωγιμότητα του είναι  $\lambda_d = 0.035 \text{ W/(m.K.)}$ , σε πυκνότητα 19 gr/lit και μπορεί να κατασκευαστεί με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda_d = 0.031 \text{ W/(m.K.)}$ .

Είναι ένα οικονομικό, εύχρηστο και ευέλικτο υλικό, ανθεκτικό στην υγρασία, ανακυκλώσιμο και περιβαλλοντολογικά ασφαλές που χρησιμοποιείται σχεδόν παντού.

Η διάρκεια ζωής του είναι απεριόριστη, αφού δεν υφίσταται γήρανση, αποδόμηση ή απώλεια διαστάσεων, όπως άλλα θερμομονωτικά υλικά. Η διεθνής εμπειρία σε έργα υποδομής, αλλά επίσης σχετικές μελέτες ελέγχου γήρανσης και εργαστηριακές δοκιμές που έγιναν στο Πανεπιστήμιο της Πάτρας και σε άλλα διεθνή ερευνητικά κέντρα, με βάση την αρχή επαλληλίας χρόνου και θερμοκρασίας, έδωσαν εργαστηριακά αποτελέσματα τα οποία αποδεικνύουν ότι οι ιδιότητες του υλικού παραμένουν αμετάβλητες μετά από 100 χρόνια συνεχούς καταπόνησης σε έργα υποδομής.

Η σταθερότητα του όγκου της διογκωμένης πολυστερίνης είναι δεδομένη και μοναδική και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σαν υλικό θεμελίωσης στις κατασκευές και σε έργα οδοποιίας, παρέχοντας ταυτόχρονα αντισεισμική προστασία και πλήρη απορρόφηση των διαφορικών καθιζήσεων.

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 13163

Τα προϊόντα EPS παράγονται και τυποποιούνται σύμφωνα με το διεθνές Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13163, ελέγχονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές και σημαίνονται με Σήμανση CE πριν κυκλοφορήσουν στην αγορά.

Η παραγωγική διαδικασία ξεκινά από την παραγωγή της πρώτης ύλης από τη διάλυση πεντανίου σε ένα υλικό που έχει ως βάση την πολυστερίνη και το οποίο όταν θερμανθεί με ατμό, παράγει

τέλεια κλειστές σφαιρικές κυψέλλες EPS. Η διαστολή επιτυγχάνεται λόγω των μικρών ποσοτήτων πεντανίου αερίου που απελευθερώνονται μέσα στο πολυστυρόλιο κατά τη διάρκεια της παραγωγής.

Το αέριο διαστέλλεται με την ενέργεια της θερμότητας που χρησιμοποιείται σε μορφή ατμού, και σχηματίζει ερμητικά κλειστές κυψέλες EPS. Αυτές οι κυψέλες καταλαμβάνουν περίπου 40 φορές τον όγκο της αρχικής σταγόνας της πολυστερίνης. Στη συνέχεια οι κυψέλες EPS τοποθετούνται μέσα σε κατάλληλες φόρμες (καλούπια), που είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να παράγουν διάφορα προϊόντα, όπως μονωτικές πλάκες, πρίσματα ποικίλων διαστάσεων, κορνίζες ή σε διάφορες άλλες μορφές για τις κατασκευές και την βιομηχανία συσκευασίας.

### 3. ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ & ΣΗΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ EPS, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ 89/106/ΕΟΚ

Ο Πανελλήνιος Σύνδεσμος Παραγωγών EPS, στα πλαίσια της εναρμόνισης των υποχρεώσεων της χώρας μας με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες και σεβόμενος τις απαιτήσεις και τα δικαιώματα του Έλληνα καταναλωτή για Πιστοποιημένα προϊόντα, έθεσε σε εφαρμογή υποχρεωτικές διαδικασίες για πιστοποίηση του ελέγχου παραγωγής και σήμανσης των προϊόντων EPS προς τους Έλληνες παραγωγούς.

Παράλληλα, μέσα από αυτοχρηματοδοτούμενα σεμινάρια, τους ενημέρωσε και τους εκπαίδευσε για την τήρηση των υποχρεώσεων που απορρέουν από την 89/106/ΕΟΚ.

Τέλος, έθεσε σε εφαρμογή το ειδικό σήμα ποιότητας dipol για τα προϊόντα EPS που παράγονται, ελέγχονται και σημαίνονται με Σήμανση CE. Το σήμα αυτό είναι ιδιοκτησία του Συνδέσμου και απονέμεται με τις αυστηρότερες προϋποθέσεις.

### 4. ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ EPS ΣΕ ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ EN

Το EPS, με βάση τις μοναδικές του ιδιότητες και το χαμηλό του κόστος, αποτελεί την ιδανική λύση για όλα τα έργα πολιτικού μηχανικού.

#### 4.1 Θερμομόνωση τοίχων και δομικών στοιχείων σε κτίρια, ΕΛΟΤ EN 13163

Σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN13163, η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ένα υλικό με εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες που χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευαστική βιομηχανία, από τα θεμέλια ως την οροφή.

Ενδεικτικές χρήσεις σε συνήθη οικοδομικά έργα είναι οι εξής: περιμετρική υγρομόνωση και προστασία τοιχίων στα υπόγεια των κτιρίων, θερμομόνωση διπλής τοιχοποιίας, με τοποθέτηση του ανάμεσα στα τούβλα, θερμομόνωση στοιχείων από σκυρόδεμα (κολώνες, δοκάρια), θερμομόνωση οροφών κτιρίων, κατασκευή ανεστραμμένων μονώσεων σε οροφές κτιρίων, θερμομόνωση στεγών κτιρίων πάσης μορφής σε συνεργασία με όλα τα υλικά επικάλυψης, συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης, πλάκες με δοκίδες.

Θα πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτηση των μονωτικών υλικών στα καλούπια κατά την σκυροδέτηση, όπου η πιθανότητα αστοχιών (φωλιές - ακάλυπτοι οπλισμοί) είναι πολύ μεγάλη. Ειδικά στις περιπτώσεις που τοποθετούνται άλλης κατεργασίας υλικά που έχουν μειωμένη ή ανύπαρκτη δυνατότητα αναπνοής, δημιουργείται επιπλέον κίνδυνος από την εμφάνιση του σημείου δρόσου. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του μονωτικού υλικού και του σκυροδέματος με αποτέλεσμα την ταχεία διάβρωση του σιδηρού οπλισμού στα δομικά στοιχεία. Εξάλλου, υπάρχει η δυνατότητα της συγκόλλησης των πλακών σε οποιαδήποτε επιφάνεια ή η επιλογή της λύσης της εξωτερικής θερμομόνωσης.

#### 4.2 Εξωτερική θερμομόνωση τοίχων σε νέα και παλαιά κτίρια, EN 13499 και ΠΕΤΕΠ 03-06-02-04.

Το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης τοίχων με EPS (ETICS) θερμομονώνει και στεγανοποιεί, με εφαρμογή του μονωτικού υλικού στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας. Η εφαρμογή είναι τόσο αποτελεσματική που παρατηρείται εξοικονόμηση του ενεργειακού κόστους σε ποσοστό άνω του 50%, με αντίστοιχη μείωση στο κόστος κλιματισμού.

Τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης κατασκευών με EPS είναι τα εξής:

- Οι μεγαλύτερες παγκοσμίως εταιρείες, οι οποίες διαθέτουν στην αγορά συστήματα λεπτότοιχων σοβάδων κατάλληλων για την εφαρμογή, προδιαγράφουν τα προϊόντα τους σε EPS.
- Η εφαρμογή με EPS διέπεται τόσο από Ευρωπαϊκό Πρότυπο όσο και από Ελληνική Εθνική προδιαγραφή.
- Η διεθνής πρακτική και εμπειρία βασίζεται κυρίως σε εφαρμογές με EPS και καλύπτει ποσοστό 83 ~ 90% παγκοσμίως.
- Εξασφαλίζει την καλλίτερη δυνατή αναπνοή της τοιχοποιίας με αποτέλεσμα να μην επιτρέπει την εμφάνιση σημείου δρόσου, τόσο μεταξύ των δομικών στοιχείων όσο και στις εσωτερικές επιφάνειες των τοίχων. Με αυτό τον τρόπο αποκλείει την εμφάνιση μούχλας στους τοίχους ακόμη και έπειτα από μακροχρόνια παραμονή της κατοικίας χωρίς αερισμό.
- Προστατεύει το κτίριο και ειδικότερα τα δομικά του στοιχεία από τα θερμικά σοκ που δημιουργούν οι έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος και συνεπώς αυξάνει το όριο ζωής του φέροντος οργανισμού του κτιρίου.
- Η εφαρμογή του συστήματος με EPS υλοποιεί κάθε αρχιτεκτονικό σχέδιο, ανεξαρτήτως μεγέθους και πολυπλοκότητας, κατασκευάζοντας την όλη εξωτερική όψη του κτιρίου, περιλαμβανομένων των χρωματισμών και του όλου διάκοσμου.

#### 4.3 Θερμομόνωση Δαπέδων, ΕΛΟΤ EN 13163

Μια από τις πλέον δημοφιλείς παραδοσιακές εφαρμογές του EPS είναι οι θερμομονώσεις δαπέδων οι οποίες είναι εφικτό να γίνουν τόσο από το άνω μέρος των δαπέδων όσο και από το κάτω μέρος, με την ενσωμάτωση του υλικού στην πλάκα από σκυρόδεμα ή στην ψευδοροφή.

Με την επικράτηση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης το EPS αποτελεί πλέον την μοναδική λύση στις κατασκευές καθότι συνεργάζεται άψογα με τα υλικά και τα συστήματα αυτά, προσφέροντας τις υπηρεσίες του για όλο το χρονικό διάστημα λειτουργίας του κτιρίου.

#### 4.4 Θερμομόνωση Οροφών, ΕΛΟΤ EN 13163

Στις οροφές των κτιρίων θεωρείται η κλασική λύση για άριστη θερμομόνωση, ανεξάρτητα με την μορφή της οροφής (επίπεδη, κεκλιμένη, καμπύλη, πολυμορφική) ή με την τεχνική που θα ακολουθηθεί (βατές οροφές, κεραμοσκεπές, ανεστραμμένες μονώσεις, υγρομονώσεις με ασφαλιστικές ή πλαστικές μεμβράνες, βιτουμενικά, ακριλικά, σιλικονούχα υλικά τόσο στις επίπεδες .

#### 4.5 Αντισεισμική θωράκιση κατασκευών, υπό ένταξη Πρότυπο prEN 14933:2006

Η χρήση του γεωαφρού EPS σε γεωτεχνικές εφαρμογές, σε συνεργασία με εδαφικά υλικά, ξεκίνησε σε Ευρώπη, ΗΠΑ και Ιαπωνία στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και περιλαμβάνει τη χρήση αφρών διογκωμένης πολυστερίνης με τη μορφή επιμηκών πρισμάτων, επειδή το υλικό χαρακτηρίζεται από πολύ μικρό ειδικό βάρος και από πολύ υψηλό λόγο αντοχής προς πυκνότητα.

Η μεθοδολογία του συμπιεστού παρεμβλήματος γεωαφρού EPS, έχει ήδη αρχίσει να χρησιμοποιείται στην Ελλάδα για τη μείωση των στατικών ωθήσεων που ασκούνται σε κατασκευές εδαφικής αντιστήριξης (και σε ακρόβαθρα γεφυρών μονολιθικής σύνδεσης), οι οποίες μάλιστα σε περίπτωση σεισμού μέτριας έντασης, τριπλασιάζονται.

Ο Πανελλήνιος Σύνδεσμος Παραγωγών Διογκωμένης Πολυστερίνης ανέθεσε στο Πανεπιστήμιο Πατρών έρευνα για την σεισμική μόνωση των κατασκευών όταν χρησιμοποιείται EPS. Η έρευνα του Πανεπιστημίου Πατρών βασίστηκε στην αριθμητική ανάλυση της συμπεριφοράς συμβατικών τοίχων αντιστήριξης κάτω από τη δράση οριζόντιας σεισμικής διέγερσης βάσης. Οι αναλύσεις διεξήχθησαν τόσο για μη μονωμένους τοίχους όσο και για τοίχους σεισμικά μονωμένους με παρέμβλημα γεωαφρού διογκωμένης πολυστερίνης. Το παρέμβλημα έχει τη μορφή κατακόρυφου φύλλου, μικρούς σχετικά πάχους, που τοποθετείται σε επαφή με την πίσω όψη του τοίχου, παρεμβαλλόμενο μεταξύ τοίχου και επιχώματος. Το προτεινόμενο πάχος κυμαίνεται από 5~8% του ύψους του επιχώματος. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι είναι δυνατή η επίτευξη των τιμών της αποτελεσματικότητας σεισμικής μόνωσης:  $A_r > 50\%$ .

#### 4.6 Σκυροδέτηση θεμελίων και δαπέδου υπογείου χωρίς τη χρήση ξυλοτύπων, Πρότυπο prEN 14933:2006

Σύμφωνα με πρόσφατη ερευνητική εργασία που έγινε από το Εργαστήριο Αντισεισμικής Μηχανικής του ΕΜΠ, αποδεικνύεται ότι η χρήση του γαιωαφρού EPS στην διαμόρφωση και πλήρωση των θεμελίων κτιρίου, όχι μόνο μειώνει τις αλληλεπιδράσεις των στοιχείων της θεμελίωσης της κατασκευής, αλλά παράλληλα είναι δυνατή η μείωση του πάχους και του οπλισμού της πλάκας υπογείου στα ελάχιστα προβλεπόμενα από τον κανονισμό. Παράλληλα, μειώνει δραματικά τον χρόνο κατασκευής και σκυροδέτησης των θεμελίων, καταργεί την χρήση ξυλοτύπου στην μόρφωση των πεδύλων – πεδילוδοκών και συνδετηρίων δοκών και διασφαλίζει την ομαλή συνεργασία μεταξύ πλάκας υπογείου και στοιχείων θεμελίωσης, επιτρέποντας την ενιαία σκυροδέτησή τους.

#### 4.7 Οδοποιία – γεφυροποιία, Γερμανικοί Κανονισμοί 1995, Πρότυπο prEN 14933:2006, Αμερικανικά Πρότυπα: (2004) “Geofoam Applications in the design and Construction of Highway Embankments” Transportation Research Board, Ολλανδικοί κανονισμοί: Duškov, M., (1999) “Dutch Design Manual for Light-Weight Pavements with EPS Geofoam.”

Η χρήση του γαιωαφρού σε έργα οδοποιίας και γεφυροποιίας είναι ευρύτατα γνωστή τόσο στις Ευρωπαϊκές χώρες όσο και στις Η.Π.Α. Πιο συγκεκριμένα έχουν εκδοθεί και εφαρμόζονται από 20ετίας ειδικοί κανονισμοί και προδιαγραφές για την μελέτη τον σχεδιασμό και την κατασκευή επιχωμάτων σε αυτοκινητοδρόμους και μεταβατικών επιχωμάτων σε γέφυρες με την χρήση γαιωαφρού EPS.

#### 4.8 Ελαφρά γεμίσματα στις κατασκευές, υπό έκδοση Πρότυπο Bound EPS

Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ειδική για ελαφρό, θερμομονωτικό κι ηχομονωτικό σκυρόδεμα, το γνωστό ελαφρομετόν. Το ελαφρομετόν αποτελείται από τσιμέντο, κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης (παρθένο υλικό ή ανακυκλωμένο) και ειδικά πρόσμικτα. Προσφέρει οικονομία, εγγυημένη ποιότητα και ταχύτητα κατασκευής. Χρησιμοποιείται για διαμόρφωση κλίσεων – μόνωση – στεγανοποίηση δώματος, γεμίσματα δαπέδων, εξομάλυνση σκεπής καθώς και για γεμίσματα μεταλλικού φέροντος οργανισμού.

#### 4.9 Αρχιτεκτονική διακόσμηση, Αναπαλαιώσεις κτιρίων

Οι σύγχρονοι αρχιτέκτονες, διακοσμητές και βιομηχανικοί σχεδιαστές έχουν βρει στη διογκωμένη πολυστερίνη ένα νέο, οικονομικό και εύχρηστο υλικό, με απεριόριστες δυνατότητες στη διαμόρφωση οποιουδήποτε σχήματος και σε οποιοδήποτε μέγεθος.

Ενδεικτικά, οι κατηγορίες υλικών και εφαρμογών διακόσμησης που χρησιμοποιούνται σήμερα ευρέως είναι: κορνίζες, αετώματα, ανάγλυφες παραστάσεις, φουρούσια μπαλκονιών, μετώπες, κίονες, βάσεις, κιονόκρανα, τόξα, τρούλοι, σκηνικά, βιτρίνες κ.τ.λ.. Οποιοδήποτε άλλο σχήμα ή μέγεθος επιθυμεί να χρησιμοποιήσει ο αρχιτέκτονας και διακοσμητής, είναι εφικτό, είτε με τα ειδικά μηχανήματα τρισδιάστατης κοπής και τριών βαθμών ελευθερίας (παντογράφους) είτε με τη χρήση ειδικών καλουπιών, που διαθέτουν οι παραγωγοί.

Η διογκωμένη πολυστερίνη έχει τη δυνατότητα να συνεργάζεται με ένα μεγάλο πλήθος υλικών επικάλυψης, όπως σοβάδες, πλαστικά υλικά και χρώματα, τα οποία σε απόλυτη συνεργασία μεταξύ τους, δίνουν ένα σταθερό, υψηλής αντοχής και ελάχιστου βάρους προϊόν.

#### 4.10 Συσκευασίες, προστασία πολύτιμων αγαθών, συσκευασία τροφίμων

Οι πραγματικά μοναδικές θερμομονωτικές ιδιότητές του ακόμη και σε ακραίες θερμοκρασίες, σε συνδυασμό με την πολύ υψηλή απορροφητικότητα σε κραδασμούς που έχει, το καθιστούν ένα από τα πλέον δημοφιλή υλικά παγκοσμίως για την μεταφορά πολύτιμων και ευαίσθητων αγαθών, νωπών, θερμών και καταψυγμένων τροφίμων .

## 5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΓΙΑ ΤΟ ΧΡΗΣΤΗ

Άριστη Θερμομόνωση: Το EPS αποτελείται από 98 τοις εκατό αέρα, κάτι που το κάνει ένα άριστο θερμομονωτικό υλικό.

Αποδεδειγμένη Ακουστική Μόνωση: Το EPS απορροφά τον ήχο, τόσο τον ήχο προσκρούσεως στα πλωτά δάπεδα όσο και τον ήχο των τοίχων που μεταφέρεται δι' αέρος.

Ανθεκτικό στην υγρασία: Το EPS αντιστέκεται στην φθορά που μπορεί να προκαλέσει το νερό.

Διάρκεια εφ' όρου ζωής: Το EPS δεν αποσυντίθεται, και κατά συνέπεια μπορεί να χρησιμοποιείται για πάντα.

Ευέλικτες μηχανικές ιδιότητες: Η ευέλικτη διαδικασία παραγωγής κάνει τις μηχανικές ιδιότητες του EPS εύκολα προσαρμόσιμες σε οποιαδήποτε ιδιάζουσα εφαρμογή.

Πολλαπλή χρησιμότητα: Μπορεί να κατασκευαστεί σε οποιοδήποτε σχήμα ή μέγεθος και είναι συμβεβλημένο με μία ευρεία ποικιλία υλικών.

Οικονομικά συμφέρον: Προσφέρει την καλύτερη αναλογία τιμής απόδοσης συγκρινόμενο με οποιοδήποτε άλλο μονωτικό υλικό.

Εύκολη μεταφορά: Είναι εξίσου ελαφρύ όσο κι ο αέρας κι άρα χρειάζεται λιγότερα καύσιμα μεταφοράς.

Εύκολη εγκατάσταση: Είναι ελαφρύ, πρακτικό κι εύκολο στον χειρισμό και στην εγκατάσταση.

Επιβράδυνση σε περίπτωση πυρκαγιάς: Υπάρχουν δύο ειδών: το «κλασικό» και το «αυτοσβεννύμενο», το οποίο και περιέχει επιβραδυντικά στοιχεία σε περίπτωση πυρκαγιάς.

## 6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ένα από τα καλύτερα μονωτικά υλικά σε ότι αφορά το σεβασμό του περιβάλλοντος. Τα πλεονεκτήματά της είναι τα εξής:

Δεν είναι τοξική κι είναι εντελώς αδρανής. Δεν περιέχει χλωροφθοράνθρακες (CFCs) ή υδροφθοράνθρακες (HCFCs) καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής της. Επίσης, δεν περιέχει καμία διατροφική αξία και συνεπώς δεν υπάρχει κίνδυνος μυκητιάσεων ή μικροοργανισμών.

Μπορεί να ανακυκλωθεί με πολλούς τρόπους όταν δεν μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί. Μερικοί από αυτούς τους τρόπους είναι η απευθείας ανακύκλωσή της σε νέα κατασκευαστικά προϊόντα και η αποτέφρωσή της με σκοπό να ανακτήσει το ενεργειακό περιεχόμενό της. Η επιλογή της μεθόδου ανακύκλωσης βασίζεται σε τεχνικές, περιβαλλοντολογικές και οικονομικές μελέτες.

Δεν θέτει σε κίνδυνο την υγεία τόσο στην εγκατάσταση όσο και κατά τη διάρκεια της χρήσης. Το EPS δε γρατζουνά τα χέρια, ούτε ερεθίζει το δέρμα ή τις βλεννογόνους. Οι κανόνες των συνθηκών εργασίας δεν απαιτούν τη χρήση γαντιών ή μάσκας όταν χρησιμοποιείται ένα τόσο απαλό και συμπαγές υλικό. Το EPS είναι βιολογικά αδρανές και δεν παράγει καμία παθογενή σκόνη, ακόμα και μακροπρόθεσμα. Κατ' επέκταση, το EPS είναι εξίσου ασφαλές για αυτούς που το εγκαθιστούν και για αυτούς που το χρησιμοποιούν.

Όλες οι κατασκευαστικές εφαρμογές του EPS, όπως προωθούνται από την Ευρωπαϊκή βιομηχανία του EPS, τηρούν τους τοπικούς κατασκευαστικούς κανονισμούς σε κάθε ευρωπαϊκή χώρα.

## 7. ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΘΕΙ ΤΟ EPS

Η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) μπορεί να ανακυκλωθεί αν ανακτηθεί, χωρίς μολύνσεις, από άλλα υλικά.

Τα απορρίμματα του EPS μπορούν να αλεσθούν και να αναμειχθούν με νέα EPS και να παράγουν νέα αφρώδη προϊόντα.

Εναλλακτικά, το EPS μπορεί να λιωθεί και να συμπιεστεί με σκοπό να δημιουργηθεί συμπαγής πολυστερίνη, για είδη όπως γλάστρες για φυτά, κρεμάστρες για παλτά και υποκατάστατα του ξύλου ή μετρίας αντοχής πολυστερίνη, για προϊόντα από τα οποία μπορούν να φτιαχτούν χαρτί ή θερμόμορφα αντικείμενα, όπως οι δίσκοι.

Ως μέρος ενός μικτού πλαστικού απορρίμματος, το EPS μπορεί να ανακυκλωθεί για να φτιαχτούν, για παράδειγμα, στύλοι για φράχτες και ταμπέλες οδοποιίας, εξασφαλίζοντας μία μακρά και χρήσιμη νέα ζωή για το πλαστικό απόρριμμα.

Παγκοσμίως, η παραγωγή διογκωμένης πολυστερίνης και η ολική ανακύκλωση καταναλώνουν πολύ λίγη ενέργεια σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μονωτικά υλικά.

Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι 100% ανακυκλώσιμη και στη Μεγάλη Βρετανία ανακυκλώνεται σε υψηλότερα επίπεδα από το γυαλί ή το αλουμίνιο.

## 8. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΝΕΕΣ & ΠΑΛΑΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ, ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΣΥΓΚΛΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΗΣ Ε.Ε.

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων εξαρτάται σημαντικά από την απόδοση του κτιριακού κελύφους, άρα και των δομικών συστημάτων και υλικών που το απαρτίζουν. Η σωστή επιλογή δομικών προϊόντων για χρήση στο κτιριακό κέλυφος είναι καθοριστική για την ενεργειακή κατανάλωση για τη θέρμανση, τη ψύξη και το φωτισμό των κτιρίων.

Με την εφαρμογή της νέας Κ.Ο. 91/2002 για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων, έχουν τεθεί νέες απαιτήσεις τόσο σε τεχνικό επίπεδο για μειωμένες ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίων όσο και σε σχέση με τη βελτίωση των συνθηκών αγοράς στον κτιριακό τομέα, καθώς και την αποτελεσματική ενημέρωση του κοινού. Στο πλαίσιο δε της Κ.Ο. 89/106, τα ευρωπαϊκά δομικά προϊόντα οφείλουν να συμμορφώνονται κατά τη σήμανσή τους με CE και σε θέματα ενεργειακής απόδοσης, παράγοντας που συμβάλλει στις νέες απαιτήσεις.

Με βάση τα ανωτέρω και με την υποστήριξη του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), συντονιστή του έργου GREEN-IT «Πράσινη Πρωτοβουλία για ενεργειακά αποδοτικά οικολογικά προϊόντα στη βιομηχανία δόμησης», ο Πανελλήνιος Σύνδεσμος Παραγωγών Διογκωμένης Πολυστερίνης ενημερώνει τον Τεχνικό και Κατασκευαστικό κλάδο αλλά και το ευρύτερο κοινό, με διοργάνωση ενημερωτικών ημερίδων και σεμιναρίων, με συμμετοχή σε εκθέσεις του κλάδου των κατασκευών και με διάφορους άλλους τρόπους, ώστε να αποκτήσουμε λιγότερο ενεργοβόρα κτίρια με την επικρατέστερη διεθνώς μέθοδο εξωτερικής μόνωσης νέων και παλαιών κατασκευών.

*8.1 Πράσινο Έγγραφο 2005, 93/76/ΕΟΚ, για περιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Υπ. Αριθμ. 21475/4707 Υπ. Απόφαση και 2002/91/ΕΚ, για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης*

Η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) λόγω των εξαιρετικών θερμομονωτικών της ιδιοτήτων, οι οποίες είναι οι υψηλότερες στην κατηγορία των μονωτικών  $\lambda \leq 0.035$ , της ιδιότητας που έχει να αναπνέει και να μην επιτρέπει την δημιουργία φράγματος υδρατμών, της μοναδικής ικανότητάς της να συνεργάζεται άψογα με τα υπόλοιπα δομικά υλικά, της κλειστής δομής της στην οποία περιέρχεται αποκλειστικά και μόνο ατμοσφαιρικός αέρας και της πολύ υψηλής μηχανικής αντοχής της, προσφέρεται απόλυτα για εφαρμογές εξωτερικής θερμομόνωσης σε παλαιά και νέα κτίρια. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται με το μικρότερο δυνατόν κόστος άριστη ενεργειακή συμπεριφορά των κατασκευών, περιορισμός των ρύπων CO<sub>2</sub> από την καύση ορυκτών καυσίμων και η μεγαλύτερη δυνατή προστιθέμενη αξία στο κτίριο λόγω της πολύ μεγάλης διάρκειας ζωής της εργασιακής ζωής του υλικού, η οποία είναι μεγαλύτερη από την διάρκεια ζωής του κτιρίου.

## 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως αναλύθηκε διεξοδικά ανωτέρω, η διογκωμένη πολυστερίνη EPS δεν αξιολογείται σήμερα μόνο σαν ένα θερμομονωτικό υλικό υψηλής απόδοσης, αλλά μέσα από τις πολλαπλές δυνατότητες τυποποίησης που έχει, με βάση το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13163 και τις μελέτες των Πανεπιστημιακών Ιδρυμάτων, είναι δυνατόν να παραχθεί σε διάφορους τύπους, με διαφορετικές ιδιότητες και συνεπώς να προδιαγραφεί για πλείστες όσες εφαρμογές στον κλάδο των κατασκευών. Τέλος, χαρακτηρίζεται σαν ένα άριστο δομικό υλικό με εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες, πολύ υψηλές μηχανικές αντοχές, απεριόριστη αντοχή στο χρόνο, και εξαιρετικές αντισεισμικές ιδιότητες.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### *Άρθρα σε διεθνή επιστημονικά συνέδρια (δημοσιευμένα σε πρακτικά)*

Athanasopoulos, G., Nikolopoulou, C. & Xenaki, V., “Seismic isolation of earth retaining structures by EPS geofoam compressible inclusions – Dynamic fe analyses”, in abstracts of 4<sup>th</sup> International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (Thessaloniki Greece June 25-28, 2007), Editor Kyriazis Pitilakis, Thessaloniki, Greece, (2007).

Duřkov, M., Houben, L., J., M., and Scarpas, A., “Response Investigation and Design Guidelines for Asphalt Pavements with an EPS Geofoam Sub-base” Proceedings of the Sixth International Conference on Geosynthetics, USA, pp.993-998, (1998).

Ishihara, K., Kurihara, T., Tatsumi, O., Mae, Y., and Abe, M., “Application of EPS Construction Method to a Level Joint on Abutment”, Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo, Japan, pp. 275-285, (1996a).

Ishihara, K., Matsumoto K., and Kato, T., “A large EPS Embankment to Prevent From Lateral Flow Caused by Weak Subsoil” Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo, Japan, pp. 297-305, (1996b).

Kuroda, S., Hotta, H., and Yamazaki, F., “Simulation of Shaking Table Test for EPS Embankment Model by Distinct Element Method” Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo, Japan, pp. 83-92, (1996).

Matsuda, T., Ugai, K., and Gose, S., “Application of EPS to Backfill of Abutment for Earth Pressure Reduction and Impact Absorption” Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo, Japan, pp. 327-332, (1996).

Miki, G., “EPS Construction Method in Japan” Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo, Japan, pp. 1-7, (1996).

Miki, H., “An Overview of Lightweight Banking Technology in Japan” Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo, Japan, pp. 9-30, (1996).

Hotta, H., Nishi, T., and Kuroda, S., “Report Results of Assessments of Damage to EPS Embankments Caused by Earthquakes” Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo, Japan, pp. 307-318, (1996).

Beinbrech, G., “Current Status of Geofoam Construction Method in Ger-many” Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo, Japan, pp. 117-127, (1996).

Cho, S., D., Kim, J., M., Woo, J., Y., and Choi, J., D., “Behaviour of Vertical Wall System Using EPS Blocks” Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo, Japan, pp. 169-177, (1996).

Horvath, J., S., “The Compressible Inclusion Function of EPS Geofoam: An Overview” Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo, Japan, pp. 71-81, (1996).

### *Διδακτορικές διατριβές και διπλωματικές / μεταπτυχιακές εργασίες*

Μισυρλής, Ε., «Συμβολή στην τεκμηρίωση της μηχανικής συμπεριφοράς γεωαφρών EPS για γεωτεχνικές κατασκευές», Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εργαστήριο Γεωτεχνικής Μηχανικής, Πανεπιστήμιο Πατρών (2003)

Ξενάκη, Β., «Πειραματική Διερεύνηση της μηχανικής συμπεριφοράς γεωαφρών διογκωμένης πολυστερίνης υπό συνθήκες στατικής και δυναμικής/ κυκλικής φόρτισης», Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εργαστήριο Γεωτεχνικής Μηχανικής, Πανεπιστήμιο Πατρών (2005)

Σταθοπούλου, Β., «Σεισμική μόνωση τοίχων εδαφικής αντιστήριξης με γεωαφρό διογκωμένης πολυστερίνης», Μεταπτυχιακή Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εργαστήριο Γεωτεχνικής Μηχανικής, Πανεπιστήμιο Πατρών (2005)

### *Ξένη Βιβλιογραφία*

ANSYS Inc., “ANSYS Manual” ANSYS Inc., USA, Ver. 5.4, (1997).

Bartlett, S., Negussey, D., Kimble, M., and Sheeley M., “Use of Geofoam as Super-Lightweight Fill for I-15 Reconstruction” Transportation Research Board 79th Annual Meeting, Washington, D.C., USA, (2000).

Cole, B., “How EPS Foam Saved the City of Issaquah 1.2 Million Dollars and One Year of Construction Time” Preprint Paper, Syracuse Geofoam Seminar, Salt Lake City, Utah, USA, (2000).

Duřkov, M., “Falling Weight Deflection Measurements on Asphalt Test Pavements with EPS at the Bundesanstalt fur Straßenwesen” Study, Faculty of Civil Engineering, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, (1990).

Duřkov, M., “EPS as a Light-Weight Sub-base Material in Pavement Structures” Ph. D. Thesis, Delft University of Technology, Delft, The Nether-lands, (1997).

- Duškov, M., “Dutch Design Manual for Light-Weight Pavements with EPS Geof foam.” Oranjwoud Infragroep BV, The Netherlands, (1999).
- Eriksson, L., and Trank, R., “Properties of Expanded Polystyrene, Laboratory Experiments” Swedish Geotechnical Institute, Sweden, (1991).
- Frydenlund, T., E., “Expanded Polystyrene, A lighter Way Across Soft Ground” Norwegian Road Research Laboratory, Internal Report, No. 1502, Oslo, Norway, (1991).
- The Public Works Research Institute of Ministry of Construction, and Construction Project Consultant, Inc., “Design and Construction Manual for light Weight Fill with EPS” The Public Works Research Institute, Japan, (1992).
- Horvath, J., S., “‘Lite’ Products Come of Age; New Developments in Geosynthetics” ASTM Standardization News, American Society for Testing and Material, USA, Vol. 20, No. 9, pp. 50-53, (1992).
- Horvath, J., S., “The Compressible- Inclusion Function of EPS Geof foam: Analysis and Design Methodologies” Manhattan College Research Report No. CE/GE-98-2, Manhattan College, NY, USA, (1998a).
- Horvath, J., S., “Mathematical Modeling of the Stress- Strain- Time Behaviour of Geosynthetics Using the Findley Equation: General Theory and Application to EPS-Block Geof foam” Manhattan College Research Report No. CE/GE-98-3, Manhattan College, NY, USA, (1998b).
- Huntsman, “Huntsman Expandable Polystyrene; Recommended Safety, Health and Environmental Guidelines” Huntsman Corporation, Texas, USA, Technical Bulletin, No. 2-2.0, (1999a).
- Huntsman, “Modified Expanded Polystyrene, Standards, Specifications and Regulatory Compliance” Huntsman Corporation, Texas, USA, Technical Bulletin, No. 8-8.1, (1999h).
- Huntsman, “Huntsman Expanded Polystyrene Performance Characteristics” Huntsman Corporation, Texas, USA, Technical Bulletin, No. 7-7.7, (1999i).
- Negussey, D., and Elragi, A., “Strain Rate Effect on the Uniaxial Compression Behaviour of EPS Geof foam” Internal Report AE2-00, Geof foam Research Centre, Syracuse University, Syracuse, NY, (2000b).

### *Πρότυπα (standards)*

- ΕΛΟΤ EN 13163, Ελληνικό Πρότυπο, «Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων – Βιομηχανικά παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) - Προδιαγραφή», 2008
- EN 13499, Ευρωπαϊκό Πρότυπο, «Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων – Εξωτερικά σύνθετα θερμομονωτικά συστήματα (ETICS) από διογκωμένη πολυστερίνη – Προδιαγραφή», 2003
- ΕΛΟΤ EN 14933, Ευρωπαϊκό Πρότυπο, «Θερμομονωτικά και ελαφροβαρή προϊόντα πλήρωσης για εφαρμογές πολιτικού μηχανικού - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) - Προδιαγραφή», 2007